



หลักสูตร

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนมหากาฬกระเจาทองอุปถัมภ์

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา

สมุทรปราการ เขต ๑

E-mail : www.mahaphab.ac.th

Tel : ๐๒-๙๔๙๖๖๔๔

คำนำ

หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช ๒๕๖๑ โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรปราการ เขต ๑ ตามแนวหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) เป็นหลักสูตรที่คณะกรรมการบริหารจัดการหลักสูตรและวิชาการโรงเรียน โรงเรียนพึงเทียม(คุรุสามัคคี๒)จัดทำขึ้นตามประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ เมื่อวันที่ ๑๑ กรกฎาคม ๒๕๕๑ โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ ได้นำมาออกแบบเป็นหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ จากปี พ.ศ. ๒๕๕๑ เป็นต้นมาและใช้จนถึงปีการศึกษา ๒๕๖๐ และครั้งนี้ได้ปรับหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อีกครั้ง ซึ่งให้เป็นไปตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดเป็นนโยบายสำคัญและเร่งด่วนให้มีการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมอบหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดำเนินการปรับปรุง ยังคงหลักการและโครงสร้างเดิมของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ แต่มุ่งเน้นการปรับปรุงเนื้อหาให้มีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ คำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียน มีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑

โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ได้จัดการเรียนรู้ โดยมีหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้มุ่งหวังให้ผู้เรียนผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง

โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ จึงได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช ๒๕๖๑ ตามแนวหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ขึ้น ประกอบด้วย วิสัยทัศน์ เป้าหมาย สมรรถนะผู้เรียน โครงสร้างหลักสูตร เกณฑ์การวัดและประเมินผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้และจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นลำดับไป

ขอขอบคุณคณะศึกษานิเทศก์ จากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรปราการ เขต ๑ คณะครูที่ร่วมประชุมปฏิบัติการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกัน ขอขอบคุณคณะกรรมการบริหารจัดการหลักสูตรและวิชาการโรงเรียนมหาภาพระจาดทอง อุปถัมภ์ทุกคน ท่านผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูทุกคน ชุมชน ผู้ปกครองที่มีส่วนในการออกแบบหลักสูตร สถานศึกษา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ครั้งนี้ และผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	๔
ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง	
สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	๑๔
สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ	๓๙
สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ	๗๙
สาระที่ ๔ เทคโนโลยี	๑๐๖
วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	๑๒๘
สาระชีววิทยา	๑๓๖
สาระเคมี	๑๗๒
สาระฟิสิกส์	๑๙๔
คำอธิบายรายวิชา ป.๑ - ม.๖	๒๓๐
โครงสร้างรายวิชาประถมศึกษาปีที่ ๑	๒๖๙
โครงสร้างรายวิชาประถมศึกษาปีที่ ๔	๒๗๐
โครงสร้างรายวิชามัธยมศึกษาปีที่ ๑	๒๗๓
โครงสร้างรายวิชามัธยมศึกษาปีที่ ๔	๒๗๔
อภิธานศัพท์	๒๗๗

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

บทนำ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบัน และอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจน เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ ช่วยให้ผู้เรียนรู้ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญ ในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่ หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่ง การเรียนรู้ (K knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะ มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

โรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์ได้จัดการเรียนรู้ โดยมีหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้มุ่งหวังให้ผู้เรียนผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำ ความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่าย ของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มี ทักษะที่สำคัญทั้งทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ ๒๑ ในการค้นคว้าและสร้างองค์ ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูล หลากหลายและประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการ ค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น

เป้าหมายของการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

๑. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
๒. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
๓. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
๔. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
๕. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
๖. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
๗. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี

● **การออกแบบและเทคโนโลยี** เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

● **วิทยาการคำนวณ** เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๑ เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๑ เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๒ เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๔.๑ เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว ๔.๒ เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

คุณภาพผู้เรียน

นักเรียนที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อจบระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๓ ของโรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์จะต้องมีคุณภาพดังนี้

๑. เข้าใจลักษณะทั่วไปของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตรอบตัว
๒. เข้าใจลักษณะที่ปรากฏ ชนิดและสมบัติบางประการของวัสดุที่ใช้ทำวัตถุ และการเปลี่ยนแปลงของวัสดุรอบตัว
๓. เข้าใจการตั้ง การผลัก แรงแม่เหล็ก และผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า การเกิดเสียง แสงและการมองเห็น
๔. เข้าใจการปรากฏของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาว ปรากฏการณ์ขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ การเกิดกลางวันกลางคืน การกำหนดทิศ ลักษณะของหิน การจำแนกชนิดดินและการใช้ประโยชน์ ลักษณะและความสำคัญของอากาศ การเกิดลม ประโยชน์และโทษของลม
๕. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจสังเกต สำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย รวบรวมข้อมูล บันทึก และอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบด้วยการเขียนหรือวาดภาพ และสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ด้วยการเล่าเรื่อง หรือด้วยการแสดงท่าทางเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ

๖. แก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเบื้องต้น รักษาข้อมูลส่วนตัว
๗. แสดงความกระตือรือร้น สนใจที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
๘. แสดงความรับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่น รอบคอบ ประหยัด ซื่อสัตย์ จงงาน ล่วงหน้าเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข
๙. ตระหนักถึงประโยชน์ของการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ

นักเรียนที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อจบระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖ ของโรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์จะต้องมีคุณภาพดังนี้

๑. เข้าใจโครงสร้าง ลักษณะเฉพาะและการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่ การทำหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของพืช และการทำงานของระบบย่อยอาหารของมนุษย์
๒. เข้าใจสมบัติและการจำแนกกลุ่มของวัสดุ สถานะและการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการละลาย การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ และการแยกสารอย่างง่าย
๓. เข้าใจลักษณะของแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน แรงไฟฟ้าและผลของแรงต่างๆ ผลที่เกิดจากแรงกระทำต่อวัตถุ ความดัน หลักการที่มีต่อวัตถุ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ปรากฏการณ์เบื้องต้นของเสียง และแสง
๔. เข้าใจปรากฏการณ์การขึ้นและตก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์ องค์ประกอบของระบบสุริยะ คาบการโคจรของดาวเคราะห์ ความแตกต่างของดาวเคราะห์และดาวฤกษ์ การขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์ การใช้แผนที่ดาว การเกิดอุปราคา พัฒนาการและประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ
๕. เข้าใจลักษณะของแหล่งน้ำ วัฏจักรน้ำ กระบวนการเกิดเมฆ หมอก น้ำค้าง น้ำค้างแข็ง หยาดน้ำฟ้า กระบวนการเกิดหิน วัฏจักรหิน การใช้ประโยชน์หินและแร่ การเกิดซากดึกดำบรรพ์ การเกิดลมบก ลมทะเล มรสุม ลักษณะและผลกระทบของภัยธรรมชาติ ธรณีพิบัติภัย การเกิดและผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจก
๖. ค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและประเมินความน่าเชื่อถือ ตัดสินใจเลือกข้อมูลใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการทำงานร่วมกัน เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพสิทธิของผู้อื่น

๗. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ คาคะเน คำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ วางแผนและสำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ในการ เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ
๘. วิเคราะห์ข้อมูล ลงความเห็น และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มาจากการสำรวจตรวจสอบใน รูปแบบที่เหมาะสม เพื่อสื่อสารความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบได้อย่างมีเหตุผลและหลักฐาน อ้างอิง
๙. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความ สนใจของตนเอง แสดงความคิดเห็นของตนเอง ยอมรับในข้อมูลที่มีหลักฐานอ้างอิง และรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่น
๑๐. แสดงความรับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่น รอบคอบ ประหยัด ซื่อสัตย์ จง งานลุล่วงเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
๑๑. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการดำรงชีวิต แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้นและศึกษาหาความรู้ เพิ่มเติม ทำโครงการหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ
๑๒. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ การดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า

นักเรียนที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อจบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ของโรงเรียนมหาภาพ กระจาดทองอุปถัมภ์จะต้องมีคุณภาพดังนี้

๑. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของ ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม การถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมและตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทาง พันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ การ ถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

๒. เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยก สาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

๓. เข้าใจแรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ แรงเสียดทาน การหมุนของวัตถุ โมเมนต์ของ แรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน ความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์ พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อ วงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

๔. เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ เสียง การสะท้อน การหักเห และความเข้มของแสง

๕. เข้าใจตำแหน่งของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้า สมบัติและองค์ประกอบของดาวเคราะห์แต่ละดวงในระบบสุริยะ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก ความสำคัญและประโยชน์ในการใช้งานของเทคโนโลยีอวกาศ สมบัติและประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

๖. เข้าใจระบบโลก โครงสร้างของโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยานานโลกและได้ผิวโลก กระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์ การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ กระบวนการเกิดธรณีพิบัติภัย และปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

๗. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

๘. นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นาเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

๙. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

๑๐. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

๑๑. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีที่เชื่อถือได้ ศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

๑๒. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชมยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทาง

วิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทาโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

๑๓. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

นักเรียนที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อจบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ของโรงเรียนมหาภาพระจาดทองอุปถัมภ์จะต้องมีคุณภาพดังนี้

๑. เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ กลไกการรักษาคุณภาพของมนุษย์ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

๒. เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

๓. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมี โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนสมการเคมี

๔. เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่งผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

๕. เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สัมกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

๖. เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุและรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟ ระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

๗. เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส ที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร และผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศโลกและแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่

ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกรวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

๘. เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของ ดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

๙. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทางตัดสินใจเลือก ตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

๑๐. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสมมีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกว่าวัสดุ อุปกรณ์รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

๑๑. วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

๑๒. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะ หาคำความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

๑๓. แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

๑๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

๑๕.ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงานชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

๑๖.แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

๑๗.วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบ สร้างหรือพัฒนาผลงาน สำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

๑๘.ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้ สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. ระบุชื่อพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณต่าง ๆ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. บอกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์ในบริเวณที่อาศัยอยู่	- บริเวณต่าง ๆ ในท้องถิ่น เช่น สนามหญ้า ใต้ต้นไม้ สวนหย่อม แหล่งน้ำ อาจพบพืชและสัตว์หลายชนิดอาศัยอยู่ - บริเวณที่แตกต่างกันอาจพบพืชและสัตว์แตกต่างกัน เพราะสภาพแวดล้อมของแต่ละบริเวณจะมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ ที่อาศัยอยู่ในแต่ละบริเวณ เช่น สระน้ำ มีน้ำเป็นที่อยู่อาศัยของหอย ปลา สาหร่าย เป็นที่หลบภัย และมีแหล่งอาหารของหอยและปลา บริเวณต้นมะม่วงมีต้นมะม่วงเป็นแหล่งที่อยู่ และมีอาหารสำหรับกระรอกและมด - ถ้าสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พืชและสัตว์อาศัยอยู่มีการเปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์
	๑. ระบุชื่อพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณต่าง ๆ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. บอกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์ในบริเวณที่อาศัยอยู่	- บริเวณต่าง ๆ ในท้องถิ่น เช่น สนามหญ้า ใต้ต้นไม้ สวนหย่อม แหล่งน้ำ อาจพบพืชและสัตว์หลายชนิดอาศัยอยู่ - บริเวณที่แตกต่างกันอาจพบพืชและสัตว์แตกต่างกัน เพราะสภาพแวดล้อมของแต่ละบริเวณจะมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ ที่อาศัยอยู่ในแต่ละบริเวณ เช่น สระน้ำ มีน้ำเป็นที่อยู่อาศัยของหอย ปลา สาหร่าย เป็นที่หลบภัย และมีแหล่งอาหารของหอยและปลา บริเวณต้นมะม่วงมีต้นมะม่วงเป็นแหล่งที่อยู่ และมีอาหาร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		สำหรับกระรอกและมด - ถ้าสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พืชและสัตว์อาศัยอยู่มีการเปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์
ป.๒	-	-
ป.๓	-	-
ป.๔	-	-
ป.๕	๑. บรรยายโครงสร้างและลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตในแต่ละแหล่งที่อยู่	- สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีโครงสร้างและลักษณะที่เหมาะสมในแต่ละแหล่งที่อยู่ ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้ดำรงชีวิตและอยู่รอดได้ในแต่ละแหล่งที่อยู่ เช่น ผักตบชวาที่มีช่องอากาศในก้านใบ ช่วยให้ลอยน้ำได้ ต้นโกงกางที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนมีรากค้ำจุนทำให้ลำต้นไม่ล้ม ปลาหมึกช่วยในการเคลื่อนที่ในน้ำ
	๒. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต เพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต ๓. เขียนโซ่อาหารและระบุบทบาทหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตและผู้บริโภคในโซ่อาหาร ๔. ตระหนักในคุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โดยมีส่วนร่วมในการดูแล	- ในแหล่งที่อยู่หนึ่ง ๆ สิ่งมีชีวิตจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิต เพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต เช่น ความสัมพันธ์กันด้านการกินกันเป็นอาหาร เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย หลบภัยและเลี้ยงดูลูกอ่อน ใช้อากาศในการหายใจ - สิ่งมีชีวิตมีการกินกันเป็นอาหาร โดยกินต่อกันเป็นทอด ๆ ในรูปแบบของโซ่อาหาร ทำให้สามารถระบุบทบาทหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตเป็นผู้ผลิตและผู้บริโภค
ป.๖	-	-
ม.๑	-	-
ม.๒	-	-
ม.๓	๑. อธิบายปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศที่ได้จากการสำรวจ	- ระบบนิเวศประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีชีวิต เช่น พืช สัตว์ จุลินทรีย์ และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต เช่น แสง น้ำ อุณหภูมิ แร่ธาตุ แก๊ส องค์ประกอบเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์กัน เช่น พืชต้องการแสง น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๓		การสร้างอาหาร สัตว์ต้องการอาหาร และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต เช่น อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้จะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม ระบบนิเวศจึงจะสามารถคงอยู่ต่อไปได้ ซึ่งระบบนิเวศในแต่ละท้องถิ่นประกอบด้วย องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพเฉพาะถิ่น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน
	๒.อธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตรูปแบบต่าง ๆ ในแหล่งที่อยู่เดียวกันที่ได้จากการสำรวจ	- สิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภาวะพึ่งพากัน ภาวะอิงอาศัย ภาวะเหยือกกับผู้ล่า ภาวะปรสิต - สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่ร่วมกันในแหล่งที่อยู่เดียวกัน ในช่วงเวลาเดียวกัน เรียกว่า ประชากร - กลุ่มสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยประชากรของสิ่งมีชีวิตหลาย ๆ ชนิด อาศัยอยู่ร่วมกันในแหล่งที่อยู่เดียวกัน
ม.๔	๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพ ทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอมและยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ	- บริเวณของโลกแต่ละบริเวณมีสภาพทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน แบ่งออกได้เป็นหลายเขตตามสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน ทำให้มีระบบนิเวศที่หลากหลายซึ่งส่งผลให้เกิดความหลากหลายของไบโอม
	๒. สืบค้นข้อมูล อภิปรายสาเหตุและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	- การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ - การเปลี่ยนแปลงแทนที่เป็นการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นเวลานาน ซึ่งเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพ ส่งผลให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปสู่สมดุลจนเกิดสังคมสมบูรณ์ได้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	- การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในระบบนิเวศทั้งทางกายภาพและทางชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร
ม.๔	๔. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสีงแวดล้อม	- มนุษย์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยปราศจากความระมัดระวังและการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ แก่มนุษย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม - ปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บางปัญหาส่งผลกระทบในระดับท้องถิ่น บางปัญหาก็ส่งผลกระทบในระดับประเทศและบางปัญหาส่งผลกระทบในระดับโลก - การลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การกำจัดของเสียที่เป็นสาเหตุของปัญหาสีงแวดล้อม และการวางแผนจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่ดีเป็นตัวอย่างของแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการลดปัญหาสีงแวดล้อมที่เกิดขึ้น เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ยั่งยืน
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. ระบุชื่อ บรรยายลักษณะและบอกหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ สัตว์ และพืช รวมทั้งบรรยายการทำหน้าที่ร่วมกันของส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ในการทำกิจกรรมต่างๆ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. ตระหนักถึงการความสำคัญของส่วนต่างๆ ของร่างกายตนเอง โดยการดูแลส่วนต่างๆ อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และรักษาความสะอาดอยู่เสมอ-	- มนุษย์มีส่วนต่างๆ ที่มีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิต เช่น ตามีหน้าที่ไว้มองดู โดยมีหนังตาและขนตาเพื่อป้องกันอันตรายให้กับตา หูมีหน้าที่รับฟังเสียงโดยมีใบหูและรูหู เพื่อเป็นทางผ่านของเสียง ปากมีหน้าที่พูด กินอาหาร มีช่องปากและริมฝีปากบนล่าง แขนและมือมีหน้าที่ยก หยิบ จับ มีท่อนแขนและมือที่ขยับได้ สมองมีหน้าที่ ควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย อยู่ในกะโหลกศีรษะ โดยส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จะทำหน้าที่ร่วมกันในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน - สัตว์มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนต่าง ๆ ที่มีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิต เช่น ปลา มีครีบเป็นแผ่น ส่วนกบ เต่า แมว มีขา ๔ ขาและมีเท้าสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่ - พืชมีส่วนต่าง ๆ ที่มีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิต โดยทั่วไป รากมีลักษณะเรียวยาวและแตกแขนงเป็นรากเล็กๆ ทำหน้าที่ดูดน้ำ ลำต้นมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตั้งตรงและมีกิ่งก้าน ทำหน้าที่ชูกิ่งก้านใบ และดอก ใบมีลักษณะเป็นแผ่นแบน ทำหน้าที่สร้างอาหาร นอกจากนี้พืชหลายชนิด อาจมีดอกที่มีสี รูปร่างต่างๆ ทำหน้าที่สืบพันธุ์ รวมทั้งมีผลที่มีเปลือก มีเนื้อห่อหุ้มเมล็ด และมีเมล็ด ซึ่งสามารถงอกเป็นต้นใหม่ได้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- มนุษย์ใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิต มนุษย์จึงควรใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอย่างถูกต้อง ปลอดภัยและรักษาความสะอาดอยู่เสมอ เช่น ใช้ตามอง ตัวหนังสือในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ ดูแลตาให้ปลอดภัยจากอันตรายและรักษาความสะอาดตา อยู่เสมอ
ป.๒	๑. ระบุว่าพืชต้องการแสงและน้ำ เพื่อการเจริญเติบโต โดยใช้ข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๒. ตระหนักถึงความจำเป็นที่พืชต้องได้รับน้ำ และแสงเพื่อการเจริญเติบโต โดยดูแลพืชให้ได้รับสิ่งดังกล่าวอย่างเหมาะสม	- พืชต้องการน้ำ แสง เพื่อการเจริญเติบโต
	๓. สร้างแบบจำลองที่บรรยายวัฏจักรชีวิตของพืชดอก	- พืชดอกเมื่อเจริญเติบโตและมีดอก ดอกจะมีการสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปเป็นผล ภายในผลมีเมล็ด เมื่อเมล็ดงอก ต้นอ่อนที่อยู่ภายในเมล็ดจะเจริญเติบโตเป็นพืชต้นใหม่ พืชต้นใหม่จะเจริญเติบโต ออกดอกเพื่อสืบพันธุ์มีผลต่อไปได้อีกหมุนเวียนต่อเนื่องเป็นวัฏจักรชีวิตของพืชดอก
ป.๓	๑. บรรยายสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของมนุษย์และสัตว์ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. ตระหนักถึงประโยชน์ของอาหาร น้ำ และอากาศโดยการดูแลตนเองและสัตว์ให้ได้รับสิ่งเหล่านี้เหมาะสม	- มนุษย์และสัตว์ต้องการอาหาร น้ำ และอากาศเพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต - อาหารช่วยให้ร่างกายแข็งแรงและเจริญเติบโต น้ำช่วยให้ร่างกายทำงานได้อย่างปกติ อากาศใช้ในการหายใจ
	๓. สร้างแบบจำลองที่บรรยายวัฏจักรชีวิตของสัตว์และเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของสัตว์บางชนิด ๔. ตระหนักถึงคุณค่าของสัตว์ โดยไม่ทำให้วัฏจักรชีวิตของสัตว์เปลี่ยนแปลง	- สัตว์เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะสืบพันธุ์มีลูก เมื่อลูกเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยก็สืบพันธุ์มีลูกต่อไปได้อีก หมุนเวียนต่อเนื่องเป็นวัฏจักรชีวิตของสัตว์ซึ่งสัตว์แต่ละชนิด เช่น ผีเสื้อ กบ ไก่ มนุษย์ จะมีวัฏจักรชีวิตที่เฉพาะและแตกต่างกัน
ป.๔	๑. บรรยายหน้าที่ของราก ลำต้น ใบ และดอกของพืชดอก โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้	- ส่วนต่างๆของพืชดอกทำหน้าที่แตกต่างกัน - รากทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารขึ้นไปยังลำต้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- ลำต้นทำหน้าที่ลำเลียงน้ำต่อไปยังส่วนต่างๆของพืช- ใบทำหน้าที่สร้างอาหาร อาหารที่พืชสร้างขึ้นคือ น้ำตาลซึ่งจะเปลี่ยนเป็นแป้ง - ดอกทำหน้าที่สืบพันธุ์ ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย ซึ่งส่วนประกอบแต่ละส่วนของดอกทำหน้าที่แตกต่างกัน
ป.๕	-	-
ป.๖	๑. ระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทาน ระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารประจำท้องถิ่นจังหวัดสมุทรปราการ ที่ตนเองรับประทาน ๒.บอกแนวทางในการเลือกรับประทานอาหารให้ได้สารอาหารครบถ้วน ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพ ๓. ตระหนักถึงความสำคัญของสารอาหาร โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพ รับประทานอาหารให้หมดจานเพื่อลดขยะมูลฝอยในโรงเรียน ๔.สร้างแบบจำลองระบบย่อยอาหาร และบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร รวมทั้งอธิบายการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร ๕. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบย่อยอาหารโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบย่อยอาหารให้ทำงานเป็นปกติ	- สารอาหารที่อยู่ในอาหารมี ๖ ประเภท ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน และน้ำ - อาหารแต่ละชนิดประกอบด้วยสารอาหารที่แตกต่างกัน อาหารบางอย่างประกอบด้วยสารอาหารประเภทเดียว อาหารบางอย่างประกอบด้วยสารอาหารมากกว่าหนึ่งประเภท - สารอาหารแต่ละประเภทมีประโยชน์ต่อร่างกายแตกต่างกัน โดยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ส่วนเกลือแร่ วิตามิน และน้ำ เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่ช่วยให้ร่างกายทำงานได้ปกติ - การรับประทานอาหาร เพื่อให้ร่างกายเจริญเติบโต มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายตามเพศและวัย และมีสุขภาพที่ดี จำเป็นต้องรับประทานอาหารให้ได้พลังงานเพียงพอกับความต้องการของร่างกายและให้ได้สารอาหารครบถ้วน ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งต้องคำนึงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบในอาหารเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ - ระบบย่อยอาหารประกอบด้วยอวัยวะต่างๆได้แก่ ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก ตับ และตับอ่อน ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกันในการย่อยและดูดซึมสารอาหาร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		•ปากมีฟันช่วยบดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงและมีลิ้นช่วยคลุกเคล้าอาหารกับน้ำลายในน้ำลายมีเอนไซม์ย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาล •หลอดอาหารทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากปากไปยังกระเพาะอาหาร ภายในกระเพาะอาหารมีการย่อยโปรตีนโดยกรดและเอนไซม์ที่สร้างจากกระเพาะอาหาร •ลำไส้เล็กมีเอนไซม์ที่สร้างจากผนังลำไส้เล็กเองและจากตับอ่อนที่ช่วยย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันที่ผ่านการย่อยจนเป็นสารอาหารขนาดเล็กพอที่จะดูดซึมที่ผนังลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งโปรตีนคาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ส่วนน้ำ เกลือแร่ และวิตามิน จะช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ •ตับสร้างน้ำดีแล้วส่งมายังลำไส้เล็กช่วยให้ไขมันแตกตัว •ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ดูดน้ำและเกลือแร่ เป็นบริเวณที่มีอาหารที่ย่อยไม่ได้หรือย่อยไม่หมดเป็นกากอาหาร ซึ่งถูกกำจัดออกทางทวารหนัก - อวัยวะต่างๆ ในระบบย่อยอาหารมีความสำคัญจึงควรปฏิบัติตน ดูแลรักษาอวัยวะให้ทำงานเป็นปกติ
ม.๑	๑. เปรียบเทียบรูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์รวมทั้งบรรยายหน้าที่ของผนังเซลล์เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม นิวเคลียส แวคิวโอล ไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตสิ่งมีชีวิตบางชนิดมีเซลล์เพียงเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยีสต์บางชนิดมีหลายเซลล์เช่น พืช สัตว์ - โครงสร้างพื้นฐานที่พบทั้งในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์และสามารถสังเกตได้ด้วยกล้อง

ชั้น	ตัวชีวิต	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑	๒. ใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ศึกษาเซลล์และโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์	จุลทรรศน์ใช้แสง ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส โครงสร้างที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ได้แก่ ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ - โครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์มีหน้าที่แตกต่างกัน • ผนังเซลล์ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ • เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ห่อหุ้มเซลล์และควบคุมการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ • นิวเคลียส ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ • ไซโทพลาซึมมีออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน • แวคิวโอล ทำหน้าที่เก็บน้ำและสารต่าง ๆ • ไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงานแก่เซลล์ • คลอโรพลาสต์เป็นแหล่งที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง
	๓. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างกับการทำหน้าที่ของเซลล์	- เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีรูปร่าง ลักษณะ ที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับหน้าที่ของเซลล์นั้น เช่น เซลล์ประสาทส่วนใหญ่มีเส้นใยประสาทเป็นแขนงยาว นำกระแสประสาทไป ยังเซลล์อื่น ๆ ที่อยู่ไกลออกไป เซลล์ขนราก เป็นเซลล์ผิวของรากที่มีผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ยื่นยาวออกมาลักษณะคล้ายขนเส้นเล็ก ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและธาตุอาหาร
	๔. อธิบายการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากเซลล์เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะจนเป็นสิ่งมีชีวิต	- พืชและสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์มีการจัดระบบ โดยเริ่มจากเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะและสิ่งมีชีวิตตามลำดับ เซลล์หลายเซลล์มารวมกันเป็นเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อหลายชนิดมารวมกันและทำงานร่วมกันเป็น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑		อวัยวะ อวัยวะต่าง ๆ ทำงานร่วมกันเป็นระบบ อวัยวะ ระบบอวัยวะทุกระบบทำงานร่วมกัน เป็นสิ่งมีชีวิต
	๕. อธิบายกระบวนการแพร่และออสโมซิสจาก หลักฐานเชิงประจักษ์และยกตัวอย่างการแพร่ และออสโมซิสในชีวิตประจำวัน	- เซลล์มีการนำสารเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ใน กระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์และมีการจัด สารบางอย่างที่เซลล์ไม่ต้องการออกนอกเซลล์ การนำสารเข้าและออกจากเซลล์มีหลายวิธี เช่น การแพร่เป็นการเคลื่อนที่ของสารจาก บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปสู่บริเวณ ที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ ส่วนออสโมซิส เป็นการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากด้านที่ มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปยังด้านที่มี ความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่า
	๖. ระบุปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วย แสงและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ ด้วยแสง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่เกิดขึ้นใน คลอโรพลาสต์จำเป็นต้องใช้แสงแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์คลอโรฟิลล์และน้ำ ผลผลิตที่ได้ จากการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ น้ำตาลและแก๊ส ออกซิเจน
	๗. อธิบายความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วย แสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ๘. ตระหนักในคุณค่าของพืชที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมโดยการร่วมกันปลูกและดูแล รักษาต้นไม้ในโรงเรียนและชุมชน	- การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการ ที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นกระบวนการ เดียวที่สามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็น พลังงานในรูปสารประกอบอินทรีย์และเก็บ สะสมในรูปแบบต่าง ๆ ในโครงสร้างของพืช พืชจึงเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญ ของสิ่งมีชีวิตอื่น นอกจากนี้กระบวนการ สังเคราะห์ด้วยแสงยังเป็น กระบวนการหลัก ในการสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับบรรยากาศ เพื่อให้สิ่งมีชีวิตอื่น ใช้ในกระบวนการหายใจ
	๙. บรรยายลักษณะและหน้าที่ของไซเล็ม และโฟลเอ็ม	- พืชมีไซเล็มและโฟลเอ็ม ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อ มีลักษณะคล้ายท่อเรียงตัวกันเป็นกลุ่มเฉพาะที่ โดยไซเล็มทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑	๑๐. เขียนแผนภาพที่บรรยายทิศทางการลำเลียงสารในไซเล็มและโฟลเอ็มของพืช	มีทิศทางการลำเลียงจากรากไปสู่ลำต้น ใบ และส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงกระบวนการอื่น ๆ ส่วนโฟลเอ็มทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง มีทิศทางการลำเลียงจากบริเวณที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช
	๑๑. อธิบายการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศของพืชดอก	- พืชดอกทุกชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้และบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้
	๑๒. อธิบายลักษณะโครงสร้างของดอกที่มีส่วนทำให้เกิดการถ่ายเรณูรวมทั้งบรรยาย การปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด การกระจายเมล็ด และการงอกของเมล็ด ๑๓. ตระหนักถึงความสำคัญของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชดอก โดยการไม่ทำลายชีวิตของสัตว์ที่ช่วยในการถ่ายเรณู	- การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่มีการผสมกันของสเปิร์มกับเซลล์ไข่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกเกิดขึ้นที่ดอกโดยภายในอับเรณูของส่วนเกสรเพศผู้มีเรณูซึ่งทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม ภายในออวุลของส่วนเกสรเพศเมียมีถุงเอ็มบริโอ ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่ - การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่พืชต้นใหม่ไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับเซลล์ไข่แต่เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ มีการเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นมาเป็นต้นใหม่ได้ - การถ่ายเรณูคือ การเคลื่อนย้ายของเรณูจากอับเรณูไปยังยอดเกสรเพศเมีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะและโครงสร้างของดอก เช่น สีของกลีบดอก ตำแหน่งของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย โดยมีสิ่งที่จะช่วยในการถ่ายเรณูเช่น แมลง ลม - การถ่ายเรณูจะนำไปสู่การปฏิสนธิซึ่งจะเกิดขึ้นที่ถุงเอ็มบริโอภายในออวุล หลังการปฏิสนธิจะไดไซโกต และเอนโดสเปิร์ม ไซโกตจะพัฒนาต่อไปเป็นเอ็มบริโอ ออวุลพัฒนาไปเป็นเมล็ดและรังไข่พัฒนาไปเป็นผล

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑		- ผลและเมล็ดมีการกระจายออกจากต้นเดิม โดยวิธีการต่าง ๆ เมื่อเมล็ดไปตกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของเมล็ด โดยเอ็มบริโอภายในเมล็ดจะเจริญออกมา โดยระยะแรกจะอาศัยอาหารที่สะสมภายในเมล็ดจนกระทั่งใบแท้พัฒนา จนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่และสร้างอาหารได้เองตามปกติ
	๑๔. อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช ๑๕. เลือกใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหมาะสมกับพืชในสถานการณ์ที่กำหนด	- พืชต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นหลายชนิดในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต - พืชต้องการธาตุอาหารบางชนิดในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน ซึ่งในดินอาจมีไม่เพียงพอ สำหรับการเจริญเติบโตของพืช จึงต้องมีการให้ธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยกับพืชอย่างเหมาะสม
	๑๖. เลือกวิธีการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของพืช ๑๗. อธิบายความสำคัญของเทคโนโลยี การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ๑๘. ตระหนักถึงประโยชน์ของการขยายพันธุ์พืชโดยการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- มนุษย์สามารถนำความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ มาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนพืช เช่น การใช้เมล็ดที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาเพาะเลี้ยงวิธีการนี้จะได้พืชในปริมาณมาก แต่อาจมีลักษณะที่แตกต่างไปจากพ่อแม่ส่วนการตอนกิ่ง การปักชำ การต่อกิ่ง การติดตา การทาบกิ่ง การเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อ เป็นการนำความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชมาใช้ในการขยายพันธุ์ เพื่อให้ได้พืชที่มีลักษณะเหมือนต้นเดิมซึ่งการขยายพันธุ์ แต่ละวิธีมีขั้นตอนแตกต่างกัน จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยต้องคำนึงถึงชนิดของพืชและลักษณะการสืบพันธุ์ของพืช - เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นการนำ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในการเพิ่มจำนวนพืช และทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในหลอดทดลอง ซึ่งจะได้พืชจำนวนมากในระยะเวลาสั้น และสามารถนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาประยุกต์เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช ปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจการผลิตยาและสารสำคัญในพืช และอื่น ๆ
ม.๒	๑. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ ๒. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออกโดยใช้แบบจำลองรวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส ๓. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ	- ระบบหายใจมีอวัยวะต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จมูก ท่อลมปอด กะบังลมและกระดูกซี่โครง - มนุษย์หายใจเข้าเพื่อนำแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในเซลล์และหายใจออกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย - อากาศเคลื่อนที่เข้าและออกจากปอดได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและความดันของอากาศภายในช่องอกซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของกะบังลมและกระดูกซี่โครง - การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายเกิดขึ้นบริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยที่ถุงลมและระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ - การสูบบุหรี่หรือการสูดอากาศที่มีสารปนเปื้อนและการเป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจบางโรคอาจทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองซึ่งมีผลให้ความจุอากาศของปอดลดลงดังนั้นจึงควรดูแลรักษาระบบหายใจให้ทำหน้าที่เป็นปกติ
	๔. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต ๕. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไตโดยการบอกแนวทาง	- ระบบขับถ่ายมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องคือ ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ โดยมีไตทำหน้าที่กำจัดของเสียเช่น ยูเรีย แอมโมเนีย กรดยูริก รวมทั้งสารที่ร่างกายไม่ต้องการออกจาก

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	ในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ ๖. บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจหลอดเลือดและเลือด ๗. อธิบายการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือดโดยใช้แบบจำลอง	เลือดและควบคุมสารที่มีมากหรือน้อยเกินไปเช่น น้ำ โดยขับออกมาในรูปของปัสสาวะ - การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสม เช่น รับประทานอาหารที่ไม่มีรสเค็มจัด การดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติระบบหมุนเวียนเลือดประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือดและเลือด - หัวใจของมนุษย์แบ่งเป็น ๔ ห้องได้แก่ หัวใจห้องบน ๒ ห้องและห้องล่าง ๒ ห้อง ระหว่างหัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่างมีลิ้นหัวใจกัน - หลอดเลือด แบ่งเป็น หลอดเลือดอาร์เตอรี หลอดเลือดเวน หลอดเลือดฝอย ซึ่งมีโครงสร้างต่างกัน - เลือด ประกอบด้วย เซลล์เม็ดเลือด เพลตเลตและพลาสมา - การบีบและคลายตัวของหัวใจทำให้เลือดหมุนเวียนและลำเลียงสารอาหาร แก๊ส ของเสีย และสารอื่น ๆ ไปยังอวัยวะและเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย - เลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงจะออกจากหัวใจไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์จะแพร่เข้าสู่เลือดและลำเลียงกลับเข้าสู่หัวใจและถูกส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด
	๘. ออกแบบการทดลองและทดลองในการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะปกติและหลังทำกิจกรรม ๙. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือดโดยการบอกแนวทางในการดูแลสุขภาพ	- ชีพจรบอกถึงจังหวะการเต้นของหัวใจซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจในขณะปกติและหลังจากทำกิจกรรมต่างๆ จะแตกต่างกัน ส่วนความดันเลือดระบบหมุนเวียนเลือดเกิดจากการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด - อัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันใน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	อวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานเป็นปกติ	แต่ละบุคคลคนที่เป็โรคหัวใจและหลอดเลือดจะส่งผลทำให้หัวใจสูบฉีดเลือดไม่เป็นปกติ - การออกกำลังกายการเลือกรับประทานอาหาร การพักผ่อนและการรักษาภาวะอารมณ์ให้เป็นปกติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลรักษาระบบหมุนเวียนเลือดให้เป็นปกติ
	๑๐. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่างๆ ของร่างกาย ๑๑. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบประสาทโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษารวมถึงการป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง	- ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมองและไขสันหลังจะทำหน้าที่ร่วมกับเส้นประสาทซึ่งเป็นระบบประสาทรอบนอกในการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ รวมถึงการแสดงพฤติกรรมเพื่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้า - เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะเกิดกระแสประสาทส่งไปตามเซลล์ประสาทรับความรู้สึกไปยังระบบประสาทส่วนกลางแล้วส่งกระแสประสาทมาตามเซลล์ประสาทสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เช่น กล้ามเนื้อ - ระบบประสาทเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กับทุกระบบในร่างกายดังนั้นจึงควรป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่กระทบกระเทือนต่อสมอง หลีกเลียงการใช้สารเสพติดหลีกเลี่ยงภาวะเครียด และรับประทานอาหารที่มีประโยชน์เพื่อดูแลรักษาระบบประสาทให้ทำงานเป็นปกติ
	๑๒. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิงโดยใช้แบบจำลอง ๑๓. อธิบายผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว ๑๔. ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว โดยการดูแลรักษาร่างกายและจิตใจของตนเองในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง	- มนุษย์มีระบบสืบพันธุ์ที่ประกอบด้วยอวัยวะต่างๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะโดยรังไข่ในเพศหญิงจะทำหน้าที่ผลิตเซลล์ไข่ส่วนอัณฑะในเพศชายจะทำหน้าที่สร้างเซลล์อสุจิ - ฮอร์โมนเพศทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะทางเพศที่แตกต่างกันเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว จะมีการสร้างเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิ การตกไข่ การมีรอบเดือน และถ้ามีการปฏิสนธิของเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิจะทำให้เกิดการตั้งครรภ์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๑๖. อธิบายการตกไข่การมีประจำเดือนการปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกตจนคลอดเป็นทารก ๑๗. เลือกรูปวิธีการคุมกำเนิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด ๑๘. ตระหนักถึงผลกระทบของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควรโดยการประพาดิตินให้เหมาะสม	- การมีประจำเดือนมีความสัมพันธ์กับการตกไข่โดยเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเพศหญิง - เมื่อเพศหญิงมีการตกไข่และเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิกับเซลล์สุจิจะทำให้ได้ไซโกตไซโกตจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและฟัฒนจนกระทั่งคลอดเป็นทารกแต่ถ้าไม่มีการปฏิสนธิเซลล์ไข่จะสลายตัว ผนังด้านในมดลูกรวมทั้งหลอดเลือดจะสลายตัวและหลุดลอกออกเรียกว่าประจำเดือน - การคุมกำเนิดเป็นวิธีป้องกันไม่ให้เกิดการตั้งครรภ์โดยป้องกันไม่ให้เกิดการปฏิสนธิหรือไม่ให้มีการฝังตัวของเอ็มบริโอซึ่งมีหลายวิธี เช่น การใช้ถุงยางอนามัย การกินยาคุมกำเนิด
ม.๓	-	-
ม.๔	๑. อธิบายโครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับการลำเลียงสาร และเปรียบเทียบการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบต่าง ๆ	- เยื่อหุ้มเซลล์มีโครงสร้างเป็นเยื่อหุ้มสองชั้นที่มีลิพิดเป็นองค์ประกอบและมีโปรตีนแทรกอยู่ - สารที่ละลายได้ในลิพิดและสารที่มีขนาดเล็กสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง ส่วนสารขนาดเล็กที่มีประจุต้องลำเลียงผ่านโปรตีนที่แทรกอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมี ๒ แบบ คือการแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต ในกรณีสารขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน จะลำเลียงเข้าโดย กระบวนการเอนโดไซโทซิสหรือลำเลียงออกโดย กระบวนการเอกโซไซโทซิส
	๒. อธิบายการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารในเลือดโดยการทำงานของไต	- การรักษาคุณภาพของน้ำและสารในเลือด เกิดจากการทำงานของไต ซึ่งเป็นอวัยวะในระบบขับถ่ายที่มีความสำคัญในการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ รวมทั้งน้ำและสารที่มีปริมาณเกินความต้องการของร่างกาย
	๓. อธิบายการควบคุมคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไตและปอด	- การรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือดเกิดจากการทำงานของไตที่ทำหน้าที่ขับหรือดูดกลับ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ไฮโดรเจนไอออน ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนและแอมโมเนียมไอออน และการทำงานของปอดที่ทำหน้าที่กำจัดคาร์บอนไดออกไซด์
	๔. อธิบายการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิภายใน ร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด ผิวหนังและกล้ามเนื้อโครงร่าง	- การรักษาคุณภาพของอุณหภูมิภายในร่างกายเกิดจากการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือดที่ ควบคุมปริมาณเลือดไปที่ผิวหนัง การทำงานของต่อมเหงื่อและกล้ามเนื้อโครงร่าง ซึ่งส่งผลถึง ปริมาณความร้อนที่ถูกเก็บหรือระบายออกจาก ร่างกาย
	๕. อธิบายและเขียนแผนผังเกี่ยวกับการตอบสนองของร่างกายแบบไม่จำเพาะ และแบบจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย	- เมื่อเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมอื่นเข้าสู่เนื้อเยื่อในร่างกาย ร่างกายจะมีกลไกในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมทั้งแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ - เซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์จะมีกลไกในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ - กลไกในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะเป็นการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดบีและชนิดที ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งสองชนิดจะมีตัวรับแอนติเจนทำให้เซลล์ทั้งสองสามารถตอบสนองแบบจำเพาะต่อแอนติเจนนั้น ๆ ได้ - เซลล์บีทำหน้าที่สร้างแอนติบอดี ซึ่งช่วยในการจับกับสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เพื่อทำลายต่อไปโดยระบบภูมิคุ้มกัน เซลล์ที่ทำหน้าที่หลากหลายเช่น กระตุ้นการทำงานของเซลล์บีและเซลล์ที ชนิดอื่นทำลายเซลล์ที่ติดไวรัสและเซลล์ที่ผิดปกติอื่น ๆ
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างโรคหรือ อาการที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	- บางกรณีร่างกายอาจเกิดความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ภูมิคุ้มกันตอบสนองต่อแอนติเจนบางชนิดอย่างรุนแรงมากเกินไปหรือร่างกาย มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อแอนติเจนของตนเองอาจทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติได้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๗. อธิบายภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อ HIV	- บุคคลที่ได้รับเลือดหรือสารคัดหลั่งที่มีเชื้อ HIV ซึ่งสามารถทำลายเซลล์ที่ทำใหภูมิคุ้มกันบกพร่องและติดเชื้อต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น
	๘. ทดสอบและบอกชนิดของสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้ ๙. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับ การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น	- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างน้ำตาลในพืช พืชเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นสารอาหารและสารอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ -มนุษย์สามารถนำสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้นไปใช้ประโยชน์ เช่น ใช้เป็นยาหรือสมุนไพรในการรักษาโรคบางชนิด ใช้ในการไล่แมลงกำจัด ศัตรูพืช และสัตว์ใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม
	๑๐. ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ๑๑. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และยกตัวอย่างการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรของพืช	- ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เช่น แสง น้ำ ธาตุอาหาร คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ปัจจัยภายใน เช่น ฮอรโมนพืช ซึ่งพืชมีการสังเคราะห์ขึ้น เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตในช่วงชีวิตต่าง ๆ - มนุษย์มีการสังเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชโดยเลียนแบบฮอรโมนพืชเพื่อนำมาใช้ควบคุมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช
	๑๒. สังเกตและอธิบายการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต	- การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชแบ่งตามความสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้าได้ ได้แก่ แบบที่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น ดอกทานตะวันหันเข้าหาแสง ปลายรากเจริญเข้าหาแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบที่ไม่มีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น การหุบ และบานของดอก หรือการหุบและกางของใบพืช บางชนิด

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชบางอย่างส่งผลต่อการเจริญเติบโต เช่น การเจริญในทิศทางเข้าหาหรือตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก การเจริญในทิศทางเข้าหาหรือตรงข้ามกับแสง และการตอบสนองต่อการสัมผัสสิ่งเร้า
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	-	-
ป.๒	๑. เปรียบเทียบลักษณะของสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- สิ่งที่อยู่รอบตัวเรามีทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต สิ่งมีชีวิตต้องการอาหาร มีการหายใจ เจริญเติบโต ขับถ่าย เคลื่อนไหว ตอบสนองต่อสิ่งเร้าและสืบพันธุ์ได้ลูกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่ ส่วนสิ่งไม่มีชีวิตจะไม่มีลักษณะดังกล่าว
ป.๓	-	-
ป.๔	๑. จำแนกสิ่งมีชีวิตโดยใช้ความเหมือน และความแตกต่างของลักษณะของสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มพืช กลุ่มสัตว์ และกลุ่มที่ไม่ใช่พืชและสัตว์	- สิ่งมีชีวิตมีหลายชนิด สามารถจัดกลุ่มได้ โดยใช้ความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะต่างๆ เช่น กลุ่มพืชสร้างอาหารเองได้ และเคลื่อนที่ด้วยตนเองได้ กลุ่มที่ไม่ใช่พืชและสัตว์ เช่น เห็ด รา จุลินทรีย์
	๒. จำแนกพืชออกเป็นพืชดอกและพืชไม่มีดอก โดยใช้การมีดอกเป็นเกณฑ์โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้	- การจำแนกพืช สามารถใช้การมีดอกเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ได้เป็นพืชดอกและพืชไม่มีดอก
	๓. จำแนกสัตว์ออกเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้	- การจำแนกสัตว์ สามารถใช้การมีกระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ได้เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
	๔. บรรยายลักษณะเฉพาะที่สังเกตได้ของสัตว์มีกระดูกสันหลังในกลุ่มปลา กลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก กลุ่มสัตว์เลื้อยคลาน กลุ่มนก และกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม	- สัตว์มีกระดูกสันหลังมีหลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปลา กลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก กลุ่มสัตว์เลื้อยคลาน กลุ่มนก และกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะที่สังเกตได้
ป.๕	๑. อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกของพืช สัตว์ และมนุษย์	- สิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ และมนุษย์ เมื่อโตเต็มที่จะมีการสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนและดำรงพันธุ์ โดยลูกที่เกิดมาจะมีการรับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ทำให้มีลักษณะทางพันธุกรรม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๒.แสดงความอยากรู้อยากเห็น โดยการถามคำถามเกี่ยวกับลักษณะที่คล้ายคลึงกันของตนเองกับพ่อแม่	ที่เฉพาะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น - พืชมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เช่น ลักษณะของใบ สีดอก
ป.๖	-	-
ม.๑	-	-
ม.๒	-	-
ม.๓	๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม โดยใช้แบบจำลอง	- ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ โดยมียีนเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม - โครโมโซมประกอบด้วย ดีเอ็นเอ และโปรตีนชุดอยู่ในนิวเคลียส ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซมมีความสัมพันธ์กัน โดยบางส่วนของดีเอ็นเอทำหน้าที่เป็นยีนที่กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิต - สิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซม ๒ ชุด โครโมโซมที่เป็นคู่กันมีการเรียงลำดับของยีนบนโครโมโซมเหมือนกัน เรียกว่า โฮโมโลกัส โครโมโซม ยีนหนึ่งที่อยู่บนคู่โฮโมโลกัสโครโมโซม อาจมีรูปแบบแตกต่างกัน เรียกแต่ละรูปแบบของยีนที่ต่างกันนี้ว่าแอลลีล ซึ่งการเข้าคู่กันของแอลลีลต่าง ๆ อาจส่งผลทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะที่แตกต่างกันได้ - สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมคงที่มนุษย์มีจำนวนโครโมโซม ๒๓ คู่ เป็นออโตโซม ๒๒ คู่ และโครโมโซมเพศ ๑ คู่ เพศหญิงมีโครโมโซมเพศเป็น XX เพศชายมีโครโมโซมเพศเป็น XY
	๒. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียวที่แอลลีลเด่นข่มแอลลีลด้อยอย่างสมบูรณ์ ๓. อธิบายการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูก และคำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์	- เมนเดลได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของต้นถั่วชนิดหนึ่ง และนำมาสู่หลักการพื้นฐานของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต - สิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซมเป็น ๒ ชุด ยีนแต่ละตำแหน่งบนโฮโมโลกัสโครโมโซมมี ๒ แอลลีล
ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง

ม.๓		โดยแอลลีลหนึ่งมาจากพ่อ และอีกแอลลีลมาจากแม่ ซึ่งอาจมีรูปแบบเดียวกัน หรือแตกต่างกัน แอลลีลที่แตกต่างกันนี้ แอลลีลหนึ่งอาจมีการแสดงออก ช่มอีกแอลลีลหนึ่งได้เรียกแอลลีลนั้นว่า เป็นแอลลีลเด่น ส่วนแอลลีลที่ถูกช่มอย่างสมบูรณ์เรียกว่า เป็นแอลลีลด้อย - เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แอลลีลที่เป็นคู่กันในแต่ละซอมอโลกส์โครโมโซมจะแยกจากกันไปสู่วเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ โดยแต่ละเซลล์สืบพันธุ์จะได้รับเพียง ๑ แอลลีล และจะมาเข้าคู่กับแอลลีลที่ตำแหน่งเดียวกันของอีกเซลล์สืบพันธุ์หนึ่งเมื่อเกิดการปฏิสนธิ จนเกิดเป็นจีโนไทป์และแสดงฟีโนไทป์ในรุ่นลูก
	๔. อธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสของรุ่นลูก	- กระบวนการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมี ๒ แบบ คือ ไมโทซิส และไมโอซิส - ไมโทซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย ผลจากการแบ่งจะได้เซลล์ใหม่ ๒ เซลล์ ที่มีลักษณะและจำนวนโครโมโซมเหมือนเซลล์ตั้งต้น - ไมโอซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ผลจากการแบ่งจะได้เซลล์ใหม่ ๔ เซลล์ ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ตั้งต้นเมื่อเกิดการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์ ลูกจะได้รับการถ่ายทอดโครโมโซมชุดหนึ่งจากพ่อและอีกชุดหนึ่งจากแม่ จึงเป็นผลให้รุ่นลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับรุ่นพ่อแม่ และจะคงที่ในทุก ๆ รุ่น
	๕. บอกได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมอาจทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรม พร้อมทั้งยกตัวอย่างโรคทางพันธุกรรม ๖. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรม โดยรู้ว่าก่อนแต่งงานควรปรึกษาแพทย์ เพื่อตรวจและวินิจฉัยภาวะเสี่ยงของลูกที่อาจเกิดโรคทางพันธุกรรม	- การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น โรคธาลัสซีเมียเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของยีน กลุ่มอาการดาวน์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม - โรคทางพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้ ดังนั้นก่อนแต่งงานและมีบุตรจึงควร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๓	๗. อธิบายการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และผลกระทบที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ ๘. ตระหนักถึงประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุน ๙. เปรียบเทียบความหลากหลายทางชีวภาพในระดับชนิดสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศต่าง ๆ ๑๐. อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ และต่อมนุษย์ ๑๑. แสดงความตระหนักในคุณค่าและความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ	ป้องกันโดยการตรวจและวินิจฉัยภาวะเสี่ยงจากการถ่ายทอดโรคทางพันธุกรรม - มนุษย์เปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติ เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตนี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม - ในปัจจุบันมนุษย์มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นจำนวนมาก เช่น การผลิตอาหาร การผลิตยารักษาโรคการเกษตร อย่างไรก็ตาม สังคมยังมีความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งยังทำการติดตามศึกษาผลกระทบดังกล่าว - ความหลากหลายทางชีวภาพ มี ๓ ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายของระบบนิเวศ ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต และความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพนี้มีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ ระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง จะรักษาสมดุลได้ดีกว่าระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพต่ำกว่า นอกจากนี้ ความหลากหลายทางชีวภาพยังมีความสำคัญต่อมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นอาหารยารักษาโรค วัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของทุกคนในการดูแลรักษาความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่
ม.๔	๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีนการสังเคราะห์ โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม	- ดีเอ็นเอ มีโครงสร้างประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์มาเรียงต่อกัน โดยยีนเป็นช่วงของสายดีเอ็นเอที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่กำหนดลักษณะของโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๔	๒. อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุม ด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล	- ลักษณะบางลักษณะมีโอกาสดพบในเพศชายและเพศหญิงไม่เท่ากัน เช่น ตาบอดสีและฮีโมฟีเลีย ซึ่งควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศ บางลักษณะมีการควบคุมโดยยีนแบบมัลติเปิลแอลลีล เช่น หมู่เลือดระบบ ABO ซึ่งการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าวจัดเป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล
	๓. อธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ๔. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำมิวเทชันไปใช้ประโยชน์	- มิวเทชันที่เปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือจำนวนโครโมโซมอาจส่งผลทำให้ลักษณะของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งอาจมีผลดีหรือผลเสีย - มนุษย์ใช้หลักการของการเกิดมิวเทชันในการชักนำให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่แตกต่างจากเดิม โดยการใช้รังสีและสารเคมีต่าง ๆ
	๕. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	- มนุษย์นำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ และเกษตรกรรมเช่น การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เพื่อผลิตยาและวัคซีน ด้านการเกษตร เช่น พืชดัดแปรพันธุกรรมที่ต้านทานโรคหรือแมลง สัตว์ดัดแปรพันธุกรรมที่มีลักษณะตามที่ต้องการ และด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เพื่อหาความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือเพื่อหาผู้กระทำผิด - การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบทางด้านสังคม
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ	- สิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปัจจุบันมีลักษณะที่ปรากฏให้เห็นแตกต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งเกิดจากมิวเทชัน ร่วมกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- ผลจากระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมในการดำรงชีวิตสามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ - กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นหลักการที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๑ เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. อธิบายสมบัติที่สังเกตได้ของวัสดุที่ใช้ทำวัตถุซึ่งทำจากวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดประกอบกันโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ๒.ระบุชนิดของวัสดุและจัดกลุ่มวัสดุตามสมบัติที่สังเกตได้	- วัสดุที่ใช้ทำวัตถุเป็นของเล่น ของใช้ มีหลายชนิด เช่น ผ้า แก้ว พลาสติก ยาง ไม้ อิฐ หิน กระจก โลหะ วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติที่สังเกตได้ต่างๆ เช่น สี น้ำหนัก แข็ง ขรุขระ เรียบ ไส ขุ่น ยืดหดได้ บิดงอได้ - สมบัติที่สังเกตได้ของวัสดุแต่ละชนิดอาจเหมือนกัน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มวัสดุได้ - วัสดุบางอย่างสามารถนำมาประกอบกัน เพื่อทำเป็นวัตถุต่างๆ เช่น ผ้าและกระดุม ใช้ทำเสื้อไม้และโลหะ ใช้ทำกระทะ
ป.๒	๑. เปรียบเทียบสมบัติการดูดซับน้ำของวัสดุ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และระบุการนำสมบัติ การดูดซับน้ำของวัสดุไปประยุกต์ใช้ในการทำวัตถุในชีวิตประจำวัน	- วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติการดูดซับน้ำแตกต่างกัน จึงนำไปทำวัตถุเพื่อใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน เช่น ใช้ผ้าที่ดูดซับน้ำได้มากทำผ้าเช็ดตัว ใช้พลาสติก ซึ่งไม่ดูดซับน้ำทำร่ม
	๒. อธิบายสมบัติที่สังเกตได้ของวัสดุที่เกิดจากการนำวัสดุมาผสมกันโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- วัสดุบางอย่างสามารถนำมาผสมกันซึ่งทำให้ได้สมบัติที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามต้องการ เช่น แป้งผสมน้ำตาลและกะทิ ใช้ทำขนมไทย ปูนปลาสเตอร์ผสมเยื่อกระดาษใช้ทำ กระปุกออมสิน ปูนผสมหินทรายและน้ำใช้ทำคอนกรีต
	๓. เปรียบเทียบสมบัติที่สังเกตได้ของวัสดุเพื่อนำ มาทำเป็นวัตถุในการใช้งานตามวัตถุประสงค์และอธิบายการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ๔. ตระหนักถึงประโยชน์ของการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่	- การนำวัสดุมาทำเป็นวัตถุในการใช้งานตามวัตถุประสงค์ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุ วัสดุที่ใช้แล้ว อาจนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น กระจกใช้แล้ว อาจนำมาทำเป็นจรวดกระจก ดอกไม้ประดิษฐ์ วัสดุของ
ป.๓	๑. อธิบายว่าวัตถุประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนย่อยๆ ซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้และ	- วัตถุอาจทำจากชิ้นส่วนย่อยๆ ซึ่งแต่ละชิ้นมีลักษณะเหมือนกันมาประกอบเข้าด้วยกัน เมื่อแยกชิ้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๓	ประกอบกันเป็นวัตถุขึ้นใหม่ได้ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ส่วนย่อยๆ แต่ละชิ้นของวัตถุออกจากกัน สามารถนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นวัตถุขึ้นใหม่ได้ เช่น กำแพงบ้านมีก้อนอิฐหลายๆก้อนมาประกอบเข้าด้วยกัน และสามารถนำก้อนอิฐจากกำแพงบ้านมาประกอบเป็นพื้นทางเดินได้
	๒.อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อให้ความร้อนหรือทำให้วัสดุร้อนขึ้น และเมื่อลดความร้อนหรือทำให้วัสดุเย็นลง วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สีเปลี่ยน รูปร่างเปลี่ยน
ป.๔	๑.เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพด้านความแข็งแรงยืดหยุ่น การนำความร้อน และการนำไฟฟ้าของวัสดุโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองและระบุการนำสมบัติเรื่องความแข็งแรงยืดหยุ่น การนำความร้อน และการนำไฟฟ้าของวัสดุไปใช้ในชีวิตประจำวันผ่านกระบวนการออกแบบชิ้นงาน ๒.แลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่นโดยการอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัสดุอย่างมีเหตุผลจากการทดลอง	วัสดุแต่ละชนิดที่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันวัสดุที่มีความแข็งแรงทนต่อแรงขูดขีด วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อแรงมากระทำและกลับสภาพเดิมได้ วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำและกลับสภาพเดิมได้ วัสดุที่นำความร้อนจะร้อนได้เร็วเมื่อได้รับความร้อนและวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ จะให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดังนั้นจึงอาจนำสมบัติต่างๆ มาพิจารณาเพื่อใช้ในการกระบวนการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
	๓.เปรียบเทียบสมบัติของสสารทั้ง 3 สถานะจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมวล การต้องการที่อยู่รูปร่างและปริมาตรของสสาร ๔.ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวล และปริมาตรของสสารทั้ง 3 สถานะ	- วัสดุเป็นสสารเพราะมีมวลและต้องการที่อยู่สสารมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สของแข็ง มีปริมาตรและรูปร่างคงที่ ของเหลวมีปริมาตรคงที่ แต่มีรูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะเฉพาะส่วนที่บรรจุของเหลว ส่วนแก๊สมีปริมาตรและรูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ
ป.๕	๑.อธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารเมื่อทำให้สสารร้อนขึ้นหรือเย็นลง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- วัสดุแต่ละชนิดที่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน วัสดุที่มีความแข็งแรงทนต่อแรงขูดขีด วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อแรงมากระทำและกลับสภาพเดิมได้ วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำและกลับสภาพเดิมได้ วัสดุที่นำความร้อนจะร้อนได้เร็วเมื่อได้รับความ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๕		ร้อนและวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ จะให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ ดังนั้นจึงอาจนำสมบัติต่างๆ มาพิจารณาเพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน - วัสดุเป็นสสารเพราะมีมวลและต้องการที่อยู่สสารมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สของแข็ง มีปริมาตรและรูปร่างคงที่ ของเหลวมีปริมาตรคงที่ แต่มีรูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะเฉพาะส่วนที่บรรจุของเหลว ส่วนแก๊สมีปริมาตรและรูปร่างเปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ - การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เมื่อเพิ่มความร้อนให้กับสสารถึงระดับหนึ่งจะทำให้สสารที่เป็นของแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า การหลอมเหลว และเมื่อเพิ่มความร้อนต่อไปจนถึงอีกระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนเป็นแก๊ส เรียกว่า การกลายเป็นไอ แต่เมื่อลดความร้อนลงถึงระดับหนึ่งแก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า การควบแน่น และถ้าลดความร้อนต่อไปอีกจนถึงระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกว่า การแข็งตัว สสารบางชนิดสามารถเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สโดยไม่ผ่านการเป็นของเหลว เรียกว่า การระเหิด ส่วนแก๊สบางชนิดสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งโดยไม่ผ่านการเป็นของเหลว เรียกว่า การระเหิดกลับ
	๒.อธิบายการละลายของสารในน้ำ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อใส่สารลงในน้ำแล้วสารนั้นรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำทั่วทุกส่วน แสดงว่าสารเกิดการละลาย เรียกสารผสมที่ได้ว่าสารละลาย
	๓.วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อผสมสาร 2 ชนิดเกิดขึ้นไปแล้วมีสารใหม่เกิดขึ้นซึ่งสมบัติต่างจากสารเดิมหรือเมื่อสารชนิดเดียวเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งสังเกตได้จากมีสีหรือกลิ่นต่างจากสารเดิม หรือมี

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๕	๔.วิเคราะห์และระบุการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้	ฟองแก๊ส หรือมีตะกอนเกิดขึ้นหรือมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ - เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว สาร สามารถเปลี่ยนกลับเป็นสารเดิมได้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ เช่น การหลอมเหลว การกลายเป็นไอ การละลาย และสารบางอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วไม่สามารถเปลี่ยนกลับเป็นสารเดิมได้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ เช่น การเผาไหม้
ป.๖	๑. อธิบายและเปรียบเทียบการแยกสารผสมโดยการหีบออก การร่อน การใช้แม่เหล็ก ดึงดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งระบุวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร	- สารผสมประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน เช่น น้ำมันผสมน้ำ ข้าวสารปนกรวดทราย วิธีการที่เหมาะสมในการแยกสารผสมขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของสารที่ผสมกัน ถ้าองค์ประกอบของสารผสมเป็นของแข็งกับของแข็งที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจใช้วิธีการหีบออกหรือการร่อนผ่านวัสดุที่มีรู ถ้ามีสารใดสารหนึ่งเป็นของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลว อาจใช้วิธีการรินออก การกรอง หรือการตกตะกอน ซึ่งวิธีการแยกสารสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
ม.๑	๑. อธิบายสมบัติทางกายภาพ บางประการของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต และการทดสอบและใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ	- ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวและมีสมบัติทางกายภาพบางประการเหมือนกันและบางประการต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะอโลหะ และกึ่งโลหะธาตุโลหะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง มีผิวมันวาว นำความร้อน นำไฟฟ้า ดึงเป็นเส้นหรือตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้และมีความหนาแน่นทั้งสูงและต่ำ ธาตุอโลหะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ มีผิวไม่มันวาว ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า เปราะ แตกหักง่ายและมีความหนาแน่นต่ำ ธาตุกึ่งโลหะมีสมบัติบางประการเหมือนโลหะ และสมบัติบางประการเหมือนอโลหะ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑	๒. วิเคราะห์ผลจากการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะและธาตุกัมมันตรังสีที่มีต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๓. ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีโดยเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัยคุ้มค่า	- ธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ที่สามารถแผ่รังสีได้ จัดเป็นธาตุกัมมันตรังสี ธาตุมีทั้งประโยชน์และโทษ การใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีควรคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม
	๔. เปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของ สารบริสุทธิ์และสารผสม โดยการวัดอุณหภูมิ เขียนกราฟ แปลความหมายข้อมูลจากกราฟ หรือสารสนเทศ	- สารบริสุทธิ์ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว ส่วน สารผสมประกอบด้วยสารตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่เป็นค่าเฉพาะตัว เช่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวคงที่แต่สารผสมมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของสารที่ผสมอยู่ด้วยกัน
	๕. อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม ๖. ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของ สารบริสุทธิ์และสารผสม	- สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่น หรือมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรคงที่ เป็นค่าเฉพาะของสารนั้น ณ สถานะและอุณหภูมิหนึ่งแต่สารผสมมีความหนาแน่นไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของสารที่ผสมอยู่ด้วยกัน
	๗. อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง อะตอม ธาตุและสารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ	- สารบริสุทธิ์แบ่งออกเป็นธาตุและสารประกอบ ธาตุประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ยังแสดงสมบัติของธาตุนั้นเรียกว่าอะตอม ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวและไม่สามารถแยกสลายเป็นสารอื่นได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ธาตุสารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป รวมตัวกันทางเคมีในอัตราส่วนคงที่มีสมบัติแตกต่างจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบ สามารถแยกเป็นธาตุได้ด้วยวิธีทางเคมีธาตุและสารประกอบสามารถเขียนแทนได้ด้วยสูตรเคมี
	๘. อธิบายโครงสร้างอะตอมที่ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โดยใช้แบบจำลอง	- อะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวก ธาตุชนิดเดียวกันมีจำนวนโปรตอนเท่ากันและเป็นค่าเฉพาะของ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑	๙. อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สโดยใช้แบบจำลอง	ธาตุนั้น นิวตรอนเป็นกลางทางไฟฟ้า ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบเมื่ออะตอมมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนจะเป็นกลางทางไฟฟ้า โปรตอนและนิวตรอนรวมกันตรงกลางอะตอมเรียกว่านิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่ในที่ว่างรอบนิวเคลียส - สารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาค โดยสารชนิดเดียวกันที่มีสถานะของแข็ง ของเหลวแก๊สจะมีการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเคลื่อนที่ของอนุภาคแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อรูปร่างและปริมาตรของสาร - อนุภาคของของแข็งเรียงชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่ให้มีรูปร่างและปริมาตรคงที่ - อนุภาคของของเหลวอยู่ใกล้กัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส อนุภาคเคลื่อนที่ได้แต่ไม่เป็นอิสระเท่าแก๊ส ทำให้มีรูปร่างไม่คงที่แต่ปริมาตรคงที่ - อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรไม่คงที่
	๑๐. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง	- ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสาร เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลว - เมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวอนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งซึ่ง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอและอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเดือด - เมื่อทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่ง แก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดควบแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดเดือดของของเหลวนั้น - เมื่อทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น
ม.๒	๑. อธิบายการแยกสารผสมโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ๒. แยกสารโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย	- การแยกสารผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสมบัติของสารนั้นๆ การระเหยแห้งใช้แยกสารละลายซึ่งประกอบด้วยตัวละลายที่เป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว โดยใช้ความร้อนระเหยตัวทำละลายออกไปจนหมดเหลือแต่ตัวละลาย การตกผลึกใช้แยกสารละลายที่ประกอบด้วยตัวละลายที่เป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว โดยทำให้สารละลายอิ่มตัวแล้วปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยออกไปบางส่วน ตัวละลายจะตกผลึกแยกออกมาการกลั่นอย่างง่ายใช้แยกสารละลายที่ประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลายที่เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดต่างกันมาก วิธีนี้จะแยกของเหลวบริสุทธิ์ออกจากสารละลายโดยให้ความร้อนกับสารละลายของเหลวจะเดือดและกลายเป็นไอแยกจากสารละลายแล้วควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้งขณะที่ของเหลวเดือด อุณหภูมิของไอจะคงที่โครมาโทกราฟีแบบกระดาษเป็นวิธีการแยกสารผสมที่มีปริมาณน้อยโดยใช้แยกสารที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายและการ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๒		ถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับแตกต่างกัน ทำให้สารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้ต่างกัน สารจึงแยกออกจากกันได้ อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่สารองค์ประกอบแต่ละชนิดเคลื่อนที่ได้บนตัวดูดซับกับระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ได้เป็น ค่าเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดในตัวทำละลายและตัวดูดซับหนึ่งๆ การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการแยกสารผสมที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายที่ต่างกันโดยชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อชนิดและปริมาณของสารที่สกัดได้ การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำใช้แยกสารที่ระเหยง่ายไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำออกจากสารที่ระเหยยากโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวพา
	๓. นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์	- ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแยกสารบูรณาการกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือปัญหาที่พบในชุมชนหรือสร้างนวัตกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้ - ระบุปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร โดยใช้สมบัติทางกายภาพหรือนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนาโดยใช้หลักการดังกล่าว - รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับการแยกสาร โดยใช้สมบัติทางกายภาพที่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุหรือนำไปสู่การพัฒนาวัตกรรมการนั้น - ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนาวัตกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการแยกสารในสารผสมโดยใช้สมบัติทางกายภาพโดยเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมรวมทั้งกำหนดและควบคุมตัวแปรอย่างเหมาะสมครอบคลุม - วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาหรือพัฒนาวัตการรวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลและเลือก

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		วิธีการสื่อความหมายที่เหมาะสมในการนำเสนอผล - ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ - นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นและผลที่ได้โดยใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสมและน่าสนใจ
	๔. ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลายชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ	- สารละลายอาจมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส สารละลายประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวละลาย กรณีสารละลายเกิดจากสารที่มีสถานะเดียวกัน สารที่มีปริมาณมากที่สุดจัดเป็นตัวทำละลาย กรณีสารละลายเกิดจากสารที่มีสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย - สารละลายที่ตัวละลายไม่สามารถละลายในตัวทำละลายได้อีกที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เรียกว่าสารละลายอิ่มตัว - สภาพละลายได้ของสารในตัวทำละลายเป็นค่าที่บอกปริมาณของสารที่ละลายได้ในตัวทำละลาย ๑๐๐ กรัม จนได้สารละลายอิ่มตัว ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่งๆ สภาพละลายได้ของสารบ่งบอกความสามารถในการละลายได้ของตัวละลายในตัวทำละลาย ซึ่งความสามารถในการละลายของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและตัวละลายอุณหภูมิและความดัน - สารชนิดหนึ่งๆ มีสภาพละลายได้แตกต่างกันในตัวทำละลายที่แตกต่างกันและสารต่างชนิดกันมีสภาพละลายได้ในตัวทำละลายหนึ่งๆ ไม่เท่ากัน - เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารส่วนมาก สภาพการละลายได้ของสารจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สภาพการละลายได้จะลดลง ส่วนความดันมีผลต่อแก๊ส โดยเมื่อความดันเพิ่มขึ้นสภาพละลายได้จะสูงขึ้น - ความรู้เกี่ยวกับสภาพละลายได้ของสารเมื่อ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		เปลี่ยนแปลงชนิดตัวละลายตัวทำละลาย และ อุณหภูมิสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การทำน้ำเชื่อมเข้มข้น การสกัดสารออกจาก สมุนไพรให้ได้ปริมาณมากที่สุด
	๕. ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละปริมาตรต่อปริมาตรมวลต่อมวลและมวลต่อปริมาตร ๖. ตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารไปใช้โดยยกตัวอย่างการใช้สารละลายในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย	- ความเข้มข้นของสารละลายเป็นการระบุปริมาณตัวละลายในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นมีหลายหน่วยที่นิยมระบุเป็นหน่วยเป็นร้อยละปริมาตรต่อปริมาตรมวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร - ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นการระบุปริมาตรตัวละลายในสารละลาย ๑๐๐ หน่วยปริมาตรเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส - ร้อยละโดยมวลต่อมวล เป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย ๑๐๐หน่วย มวลเดียวกันนิยมใช้กับสารละลายที่มีสถานะเป็นของแข็ง - ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรเป็นการระบุมวลตัวละลายในสารละลาย ๑๐๐ หน่วยปริมาตรนิยมใช้กับสารละลายที่มีตัวละลายเป็นของแข็งในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว - การใช้สารละลายในชีวิตประจำวันควรพิจารณาจากความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งานและผลกระทบต่อสิ่งชีวิตและสิ่งแวดล้อม
ม.๓	๑. ระบุสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และสารสนเทศ ๒. ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม โดยเสนอแนะแนวทางการใช้วัสดุอย่างประหยัดและคุ้มค่า	- พอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม เป็นวัสดุที่ใช้มากในชีวิตประจำวัน - พอลิเมอร์เป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่เกิดจากโมเลกุลจำนวนมากรวมตัวกันทางเคมี เช่น พลาสติก ยาง เส้นใย ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติแตกต่างกัน โดยพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่ขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้ ยืดหยุ่นได้ ส่วนเส้นใยเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถดึงเป็นเส้นยาวได้ พอลิเมอร์จึงใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- เซรามิกส์เป็นวัสดุที่ผลิตจาก ดิน หิน ทราย และแร่ธาตุต่าง ๆ จากธรรมชาติ และส่วนมากจะผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้ได้เนื้อสารที่แข็งแรงเซรามิกส์สามารถทำเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้ สมบัติทั่วไปของเซรามิกส์จะแข็ง ทนต่อการสึกกร่อน และเปราะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ภาชนะที่เป็นเครื่องปั้นดินเผา ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ - วัสดุผสมเป็นวัสดุที่เกิดจากวัสดุตั้งแต่ ๒ ประเภท ที่มีสมบัติแตกต่างกันมารวมตัวกัน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น เสื่อกันฝนบางชนิดเป็นวัสดุผสมระหว่างผ้ากับยาง คอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นวัสดุผสมระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก
ม.๓		- วัสดุบางชนิดสลายตัวยาก เช่น พลาสติก การใช้วัสดุอย่างฟุ่มเฟือยและไม่ระมัดระวังอาจก่อ ปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม
	๓. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมถึงการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบจำลองและสมการข้อความ	- การเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสารใหม่ โดยสารที่เข้าทำปฏิกิริยา เรียกว่า สารตั้งต้น สารใหม่ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ การเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ - การเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างจากสารตั้งต้น โดยอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน
	๔. อธิบายกฎทรงมวล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ๕. วิเคราะห์ปฏิกิริยาคูดความร้อน และปฏิกิริยาคายความร้อน จากการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยา	- เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี มวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล - เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี มีการถ่ายโอนความร้อนควบคู่ไปกับการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมของสาร ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ความร้อนจากระบบออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดอุณหภูมิ เช่นเทอร์มอมิเตอร์ หัววัดที่สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่อง
ม.๓	๖. อธิบายปฏิกิริยาการเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบส และปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และอธิบายปฏิกิริยาการเผาไหม้การเกิดฝนกรด การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้สารสนเทศ รวมทั้งเขียนสมการข้อความแสดงปฏิกิริยาดังกล่าว	• ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันมีหลายชนิด เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ การเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบส ปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ การเกิดฝนกรด การสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิกิริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ ซึ่งแสดงชื่อของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เช่น เชื้อเพลิง + ออกซิเจน → คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ - ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารกับออกซิเจนสารที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งถ้าเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ - การเกิดสนิมของเหล็ก เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างเหล็ก น้ำ และออกซิเจน ได้ผลิตภัณฑ์ เป็นสนิมของเหล็ก - ปฏิกิริยาการเผาไหม้และการเกิดสนิมของเหล็ก เป็นปฏิกิริยาระหว่างสารต่าง ๆ กับออกซิเจน - ปฏิกิริยาของกรดกับโลหะ กรดทำปฏิกิริยากับโลหะได้หลายชนิด ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและแก๊สไฮโดรเจน - ปฏิกิริยาของกรดกับสารประกอบคาร์บอนेट ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เกลือของโลหะ และน้ำ - ปฏิกิริยาของกรดกับเบส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและน้ำ หรืออาจได้เพียงเกลือของโลหะ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- ปฏิกริยาของเบสกับโลหะบางชนิด ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของเบสและแก๊สไฮโดรเจน - การเกิดฝนกรด เป็นผลจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำฝนกับออกไซด์ของไนโตรเจน หรือออกไซด์ของซัลเฟอร์ ทำให้น้ำฝนมีสมบัติเป็นกรด - การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เป็นปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ โดยมีแสงช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคสและออกซิเจน
	๗. ระบุประโยชน์และโทษของปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และยกตัวอย่างวิธีการป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน จากการสืบค้นข้อมูล ๘. ออกแบบวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	- ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันมีทั้งประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงต้องระมัดระวังผลจากปฏิกิริยาเคมี ตลอดจนรู้จักวิธีป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่พบ ในชีวิตประจำวัน •ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และสามารถบูรณาการกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อใช้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพตามต้องการหรืออาจสร้างนวัตกรรมเพื่อป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมี การเพิ่มปริมาณผลผลิต
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. ระบุว่าสารเป็นธาตุหรือสารประกอบ และอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออนจากสูตรเคมี	- สารเคมีทุกชนิดสามารถระบุได้ว่าเป็นธาตุหรือสารประกอบและอยู่ในรูปของอะตอม โมเลกุลหรือไอออนได้ โดยพิจารณาจากสูตรเคมี
	๒. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก	- แบบจำลองอะตอมใช้อธิบายตำแหน่งของโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนในอะตอม โดยโปรตอน และนิวตรอนอยู่รวมกันในนิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียส ซึ่งในแบบจำลองอะตอมของโบร์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวง โดยแต่ละวงมี

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ระยะห่างจากนิวเคลียสและมีพลังงานต่างกันและอิเล็กตรอนวงนอกสุด เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน - แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกแสดงโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสในลักษณะกลุ่มหมอก เนื่องจากอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตลอดเวลา จึงไม่สามารถ ระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้
	๓. ระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอม และไอออนที่เกิดจากอะตอมเดียว	- อะตอมของธาตุเป็นกลางทางไฟฟ้า มีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน การระบุชนิดของธาตุพิจารณาจากจำนวนโปรตอน - เมื่ออะตอมของธาตุมีการให้หรือรับอิเล็กตรอนทำให้จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนไม่เท่ากันเกิดเป็นไอออน โดยไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโปรตอน เรียกว่าไอออนบวก ส่วนไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน เรียกว่าไอออนลบ
ม.๕	๔. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป	- สัญลักษณ์นิวเคลียร์ ประกอบด้วยสัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมและเลขมวล โดยเลขอะตอมเป็นตัวเลขที่แสดงจำนวนโปรตอนในอะตอม เลขมวลเป็นตัวเลขที่แสดงผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอนในอะตอม ธาตุชนิดเดียวกันแต่มีเลขมวลต่างกัน เรียกว่าไอโซโทป
	๕. ระบุหมู่และคาบของธาตุ และระบุว่าธาตุเป็นโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ กลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ หรือกลุ่มธาตุแทรนซิชันจากตารางธาตุ	- ธาตุจัดเป็นหมวดหมู่ได้อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยตารางธาตุ ซึ่งในปัจจุบันจัดเรียงตามเลขอะตอมและความคล้ายคลึงของสมบัติ แบ่งออกเป็นหมู่ ซึ่งเป็นแถวในแนวตั้ง และคาบซึ่งเป็นแถวในแนวนอน ทำให้ธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ อโลหะและกึ่งโลหะอยู่เป็นกลุ่มบริเวณใกล้เคียงกัน และแบ่งธาตุออก เป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุแทรนซิชันในหมู่ IA – IIA และธาตุแทรนซิชันทุกธาตุ จัดเป็นธาตุในกลุ่มโลหะ ส่วนธาตุเรฟรีเซนเททีฟ ในหมู่ IIIA

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- VIIA มีทั้งธาตุในกลุ่มโลหะและอโลหะ ส่วนธาตุเรพรีเซนเททีฟในหมู่ VIIIA จัดเป็นธาตุ อโลหะทั้งหมด
	๗. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์และอันตรายที่เกิดจากธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชัน	- ธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย ซึ่งธาตุบางชนิดมีสมบัติที่เป็นอันตราย จึงต้องคำนึงถึงการป้องกันอันตรายเพื่อความปลอดภัย ในการใช้ประโยชน์
	๘. ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่หรือพันธะสาม และระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอน ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะจากสูตรโครงสร้าง	- พันธะโคเวเลนต์ เป็นการยึดเหนี่ยวระหว่าง อะตอมด้วยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นโมเลกุล โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ๑ คู่เรียกว่า พันธะเดี่ยว เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ ๑ เส้น ในโครงสร้างโมเลกุล ส่วนการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ๒ คู่ และ ๓ คู่ เรียกว่า พันธะคู่และพันธะสาม เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ ๒ เส้น
ม.๕	๙. ระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วย ๒ อะตอม ๑๐. ระบุสารที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง ๑๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสาร โคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตาม สภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน	- สารที่มีพันธะภายในโมเลกุลเป็นพันธะโคเวเลนต์ทั้งหมดเรียกว่า สารโคเวเลนต์ โดยสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วย ๒ อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันเป็นสารไม่มีขั้ว ส่วนสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วย ๒ อะตอมของธาตุต่างชนิดกันเป็นสารมีขั้ว สำหรับสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอม มากกว่า ๒ อะตอม อาจเป็นสารมีขั้วหรือไม่มีขั้ว ขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุล ซึ่งสภาพขั้วของสารโคเวเลนต์ส่งผลต่อแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ที่ทำให้จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์แตกต่างกัน นอกจากนี้สารบางชนิด มีจุดเดือดสูงกว่าปกติเนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูงที่เรียกว่า พันธะไฮโดรเจน ซึ่งสารเหล่านี้มีพันธะ N-H O-H หรือ F-H ภายในโครงสร้างโมเลกุล

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๑๒. เขียนสูตรเคมีของไอออนและสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่เกิดจากการรวมตัวกันของไอออนบวกของธาตุโลหะและไอออนลบของ ธาตุอโลหะ ในบางกรณีไอออนอาจประกอบด้วย กลุ่มของอะตอมโดยเมื่อไอออนรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกจะมีสัดส่วนการรวมตัวเพื่อทำให้ประจุของสารประกอบเป็นกลางทางไฟฟ้า โดยไอออนบวกและไอออนลบจะจัดเรียงตัวสลับต่อเนื่องกันไปใน ๓ มิติ เกิดเป็นผลึกของสาร ซึ่งสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกประกอบด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขที่ แสดงจำนวนไอออนแต่ละชนิดเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ
	๑๓. ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว พร้อมให้เหตุผลและระบุว่าสารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือนอนอิเล็กโทรไลต์	- สารจะละลายน้ำได้เมื่อองค์ประกอบของสาร สามารถเกิดแรงดึงดูดกับโมเลกุลของน้ำได้ โดยการละลายของสารในน้ำเกิดได้ ๒ ลักษณะ คือการละลายแบบแตกตัวและการละลายแบบไม่แตกตัว การละลายแบบแตกตัวเกิดขึ้นกับสาร ประกอบไอออนิกและสารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีสมบัติเป็นกรดหรือเบส โดยเมื่อสารเกิดการละลายแบบแตกตัวจะได้ไอออนที่สามารถ เคลื่อนที่ได้ ทำให้ได้สารละลายที่นำไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ การละลายแบบไม่แตกตัวเกิดขึ้นกับสารโคเวเลนต์ที่มีขั้วสูง สามารถดึงดูดกับโมเลกุลของน้ำได้ดี โดยเมื่อเกิด การละลายโมเลกุลของสารจะไม่แตกตัวเป็นไอออน และสารละลายที่ได้จะไม่นำไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๑๔. ระบุสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอนว่าอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวจากสูตรโครงสร้าง	- สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของ คาร์บอน ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้าง หลากหลายและแบ่งได้หลายประเภทเนื่องจาก ธาตุคาร์บอน สามารถเกิดพันธะกับคาร์บอนด้วยตัวเองและธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้พันธะระหว่างคาร์บอนยังมีหลายรูปแบบ ได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม - สารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวมีพันธะระหว่างคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทุกพันธะในโครงสร้าง ส่วนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวมีพันธะระหว่างคาร์บอนเป็นพันธะคู่หรือพันธะสามอย่างน้อย ๑ พันธะในโครงสร้าง
	๑๕. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดนั้น	- สารที่พบในชีวิตประจำวันมีทั้งโมเลกุลขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุล ขนาดใหญ่ที่เกิดจากมอนอเมอร์หลายโมเลกุล เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี ทำให้สมบัติทาง กายภาพของพอลิเมอร์แตกต่างจากมอนอเมอร์ที่เป็นสารตั้งต้น เช่น สถานะ จุดหลอมเหลวการละลาย
	๑๖. ระบุสมบัติความเป็นกรด-เบส จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	- สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ $-COOH$ สามารถแสดงสมบัติความเป็นกรด ส่วนสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ NH_2 สามารถแสดงสมบัติความเป็นเบส
	๑๗. อธิบายสมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของสาร	- การละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลายและตัวทำละลาย โดยสารสามารถ ละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกันโดยสารมีขั้วละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว ส่วนสารไม่มีขั้วละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วและสารมีขั้วไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว
	๑๘. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติเทอร์มอพลาสติกและเทอร์	- โครงสร้างของพอลิเมอร์อาจเป็นแบบเส้นแบบกิ่ง หรือแบบร่างแห โดยพอลิเมอร์แบบเส้นและแบบกิ่ง มีสมบัติเทอร์มอพลาสติก ส่วนพอลิเมอร์แบบ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	มอเซตของพอลิเมอร์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์	ร่างแห มีสมบัติเทอร์มอเซต จึงมีการใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน
	๑๙. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม พร้อมแนวทางป้องกันหรือแก้ไข	- การใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ในปริมาณมากก่อให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรตระหนักถึงการลดปริมาณการใช้ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่
	๒๐. ระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี	- ปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารโดยปฏิกิริยาเคมี อาจให้พลังงานความร้อนพลังงานแสงหรือพลังงานไฟฟ้า ที่สามารถนำไป ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ - ปฏิกิริยาเคมีแสดงได้ด้วยสมการเคมี ซึ่งมีสูตรเคมีของสารตั้งต้นอยู่ทางด้านซ้ายของลูกศร และสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์อยู่ทางด้านขวา โดยจำนวนอะตอมรวมของแต่ละธาตุทางด้านซ้ายและขวาเท่ากัน นอกจากนี้สมการเคมียังอาจแสดงปัจจัยอื่น เช่น สถานะ พลังงานที่เกี่ยวข้องตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีที่ใช้
	๒๑. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้นพื้นที่ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ๒๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรม ๒๓. อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์	- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับความเข้มข้น อุณหภูมิ พื้นที่ผิว หรือตัวเร่งปฏิกิริยา - ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิต ประจำวันและในอุตสาหกรรม - ปฏิกิริยาเคมีบางประเภทเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของสารในปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์
	๒๔. อธิบายสมบัติของสารกัมมันตรังสีและคำนวณ ครึ่งชีวิตและปริมาณของสารกัมมันตรังสี	- สารที่สามารถแผ่รังสีได้เรียกว่า สารกัมมันตรังสี ซึ่งมีนิวเคลียสที่สลายตัวอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิมเรียกว่า ครึ่งชีวิต โดยสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมีค่าครึ่งชีวิตแตกต่างกัน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๒๕. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์ ของสารกัมมันตรังสีและการป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี	- รังสีที่แผ่จากสารกัมมันตรังสีมีหลายชนิด เช่น แอลฟา บีตา แกมมา ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน การนำสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมาใช้ ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีการจัดการอย่างเหมาะสม
	-	-
ม.๖		

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	-	-
ป.๒	-	-
ป.๓	๑.ระบุผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- การดึงหรือการผลักเป็นการออกแรงกระทำต่อวัตถุ แรงมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงอาจทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนตำแหน่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง - การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ ได้แก่ วัตถุที่อยู่นิ่งเปลี่ยนเป็นเคลื่อนที่ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เปลี่ยนเป็นเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือช้าลงหรือหยุดนิ่ง หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่
	๒.เปรียบเทียบและยกตัวอย่างแรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- การดึงหรือการผลักเป็นการออกแรงที่เกิดจากวัตถุหนึ่งกระทำกับอีกวัตถุหนึ่ง โดยวัตถุทั้งสองอาจสัมผัสหรือไม่ต้องสัมผัสกัน เช่น การออกแรงโดยการใช้อมุดดึงหรือการผลักโต๊ะให้เคลื่อนที่เป็นการออกแรงที่วัตถุต้องสัมผัสกัน แรงนี้จึงเป็นแรงสัมผัส ส่วนการที่แม่เหล็กดึงดูดหรือผลักระหว่างแม่เหล็กเป็นแรงที่เกิดขึ้นโดยแม่เหล็กไม่จำเป็นต้องสัมผัสกัน แรงแม่เหล็กนี้จึงเป็นแรงไม่สัมผัส
	๓.จำแนกวัตถุโดยใช้การดึงกับแม่เหล็กเป็นเกณฑ์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๔.ระบุข้อแม่เหล็กและพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กเมื่อนำมาเข้าใกล้กันจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- แม่เหล็กสามารถดึงดูดสารแม่เหล็กได้ - แรงแม่เหล็กเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างแม่เหล็กกับสารแม่เหล็ก หรือแม่เหล็กกับแม่เหล็ก มี ๒ ขั้ว คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ ขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันจะผลักกัน ต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน
ป.๔	๑.ระบุผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๒.ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดน้ำหนักของวัตถุ	- เครื่องชั่งสปริง น้ำหนักของวัตถุขึ้นกับมวลของวัตถุ โดยวัตถุที่มีมวลมากจะมีน้ำหนักมาก วัตถุที่มีมวลน้อยจะมีน้ำหนักน้อย

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓.บรรยายมวลของวัตถุที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- มวล คือ ปริมาณเนื้อของสสารทั้งหมดที่ประกอบกันเป็นวัตถุ ซึ่งมีผลต่อความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ วัตถุที่มีมวลมากจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ได้ยากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย ดังนั้นมวลของวัตถุนอกจากจะหมายถึงเนื้อทั้งหมดของวัตถุนั้นแล้วยังหมายถึงการต้านทานการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นด้วย
ป.๕	๑.อธิบายวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๒.เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแนวเดียวกันและแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ ๓.ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงลัพธ์เป็นผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยแรงลัพธ์ของแรง ๒ แรงที่กระทำต่อวัตถุเดียวกันจะมีขนาดเท่ากับผลรวมของแรงทั้งสองเมื่อแรงทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกันแต่จะมีขนาดเท่ากับผลต่างของแรงทั้งสอง เมื่อแรงทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน สำหรับวัตถุที่อยู่นิ่งแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ - การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนได้โดยใช้ลูกศร โดยหัวลูกศรแสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
	๔. ระบุมวลของแรงเสียดทานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๕. เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงที่อยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ เพื่อด้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น โดยถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่งบนพื้นผิวหนึ่งให้เคลื่อนที่ แรงเสียดทานจากพื้นผิวนั้นก็จะต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่ถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่แรงเสียดทานก็จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่ง
ป.๖	๑. อธิบายการเกิดและผลของแรงไฟฟ้าซึ่งเกิดจากวัตถุที่ผ่านการขั้ด โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- วัตถุ ๒ ชนิดที่ผ่านการขั้ดแล้ว เมื่อนำเข้าใกล้กันอาจดึงดูดหรือผลักกัน แรงที่เกิดขึ้นนี้เป็นแรงไฟฟ้าซึ่งเป็นแรงไม่สัมผัส เกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน ชนิดตรงข้ามกันดึงดูดกัน - พลังงานถูกถ่ายทอดจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ รวมทั้งผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปแบบสายใยอาหาร ที่ประกอบด้วย โซ่อาหารหลายโซ่ที่

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		สัมพันธ์กัน ในการถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหาร พลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปจะลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับของการบริโภค - การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ อาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตได้ จนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และทำลายสมดุลในระบบนิเวศ ดังนั้นการดูแลรักษาระบบนิเวศให้เกิดความสมดุล และคงอยู่ตลอดไปจึงเป็นสิ่งสำคัญ
ม.๑	๑. สร้างแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากพื้นโลก	- เมื่อวัตถุอยู่ในอากาศจะมีแรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุในทุกทิศทาง แรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของวัตถุนั้น แรงที่อากาศกระทำต้งฉากกับผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เรียกว่า ความดันอากาศ - ความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับความสูงจากพื้นโลก โดยบริเวณที่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปอากาศเบาบางลง มวลอากาศน้อยลงความดันอากาศก็จะลดลง
ม.๒	๑. พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๒. เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน	- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์เมื่อมีแรงหลายๆ แรงกระทำต่อวัตถุแล้วแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แต่ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์วัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ - เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลวจะมีแรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุในทุกทิศทางโดยแรงที่ของเหลวกระทำต้งฉากกับผิววัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เรียกว่าความดันของของเหลว
	๓. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว	- ความดันของของเหลวมีความสัมพันธ์กับความลึกจากระดับผิวหน้าของของเหลวโดยบริเวณที่ลึกลงไปจากระดับผิวหน้าของของเหลวมากขึ้นความดันของของเหลวจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากของเหลวที่อยู่ลึกกว่าจะมีน้ำหนักของของเหลวด้านบนกระทำมากกว่า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๒	๔. วิเคราะห์แรงพยุ่งและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์๕. เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว	- เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลวจะมีแรงพยุ่งเนื่องจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ โดยมีทิศขึ้นในแนวตั้งการจมหรือการลอยของวัตถุขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุ่ง ถ้าน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุ่งของของเหลวมีค่าเท่ากันวัตถุจะลอยนิ่งอยู่ในของเหลว แต่ถ้าน้ำหนักของวัตถุมีค่ามากกว่าแรงพยุ่งของของเหลววัตถุจะจม
	๖. อธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์	- แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นโดยถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่งบนพื้นผิวให้เคลื่อนที่แรงเสียดทานก็จะต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่เรียกว่า แรงเสียดทานสถิต แต่ถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่แรงเสียดทานก็จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่งเรียกว่า แรงเสียดทานจลน์
	๗. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน ๘. เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่นๆ ที่กระทำต่อวัตถุ ๙. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทานโดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน	- ขนาดของแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุขึ้นกับลักษณะผิวสัมผัสและขนาดของแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส - กิจกรรมในชีวิตประจำวันบางกิจกรรมต้องการแรงเสียดทานเช่น การเปิดฝากลัวยวชวดน้ำ การใช้แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ บางกิจกรรมไม่ต้องการแรงเสียดทานเช่น การลากวัตถุบนพื้นการใช้น้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ - ความรู้เรื่องแรงเสียดทานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
	๑๐. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายโมเมนต์ของแรงเมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน และคำนวณโดยใช้สมการ $M=Fl$	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยไม่ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุจะเกิดโมเมนต์ของแรง ทำให้วัตถุหมุนรอบศูนย์กลางมวลของวัตถุนั้น - โมเมนต์ของแรงเป็นผลคูณของแรงที่กระทำต่อวัตถุกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		เมื่อผลรวมของโมเมนต์ของแรงมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน โดยโมเมนต์ของแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกาจะมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ของแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา - ของเล่นหลายชนิดประกอบด้วยอุปกรณ์หลายส่วนที่ใช้หลักการโมเมนต์ของแรงความรู้เรื่องโมเมนต์ของแรงสามารถนำไปใช้ออกแบบและประดิษฐ์ของเล่นได้
	๑๑. เปรียบเทียบแหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้าและสนามโน้มถ่วงและทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนาม จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๑๒. เขียนแผนภาพแสดงแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ	- วัตถุที่มีมวลจะมีสนามโน้มถ่วงอยู่โดยรอบแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงจะมีทิศพุ่งเข้าหาวัตถุที่เป็นแหล่งของสนามโน้มถ่วง - วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะมีสนามไฟฟ้าอยู่โดยรอบแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อวัตถุที่มีประจุจะมีทิศพุ่งเข้าหาหรือออกจากวัตถุที่มีประจุที่เป็นแหล่งของสนามไฟฟ้า - วัตถุที่เป็นแม่เหล็กจะมีสนามแม่เหล็กอยู่โดยรอบแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขั้วแม่เหล็กจะมีทิศพุ่งเข้าหาหรือออกจากขั้วแม่เหล็กที่เป็นแหล่งของสนามแม่เหล็ก
	๑๓. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้นๆ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ขนาดของแรงโน้มถ่วงแรงไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้นๆ จะมีค่าลดลง เมื่อวัตถุอยู่ห่างจากแหล่งของสนามนั้นๆ มากขึ้น
	๑๔. อธิบายและคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้สมการ $v = \frac{s}{t} \quad \text{และ} \quad \vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๑๕. เขียนแผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว	- การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงโดยมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ซึ่งมีทั้งปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ เช่น ระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัด ความเร็ว ปริมาณสเกลาร์ เป็นปริมาณที่มีขนาดเช่น ระยะทาง อัตราเร็ว ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น การกระจัด ความเร็ว

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- เขียนแผนภาพแทนปริมาณเวกเตอร์ได้ด้วยลูกศร โดยความยาวของลูกศรแสดงขนาดและหัวลูกศรแสดงทิศทางของเวกเตอร์นั้นๆ - ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ โดยระยะทางเป็นความยาวของเส้นทางที่เคลื่อนที่ได้ - การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยการกระจัดมีทิศชี้จากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายและมีขนาดเท่ากับระยะที่สั้นที่สุดระหว่างสองตำแหน่งนั้น - อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ โดยอัตราเร็วเป็นอัตราส่วนของระยะทางต่อเวลา - ความเร็วปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับทิศของการกระจัดโดยความเร็วเป็นอัตราส่วนของ การกระจัดต่อเวลา
ม.๓	-	-
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็ว กับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่ออธิบาย ความเร่งของวัตถุ	- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเปลี่ยนความเร็วเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ความเร่งเป็น อัตราส่วนของความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อเวลาและ เป็นปริมาณเวกเตอร์ ในกรณีที่วัตถุที่อยู่นิ่งหรือ เคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัววัตถุนั้นมี ความเร่งเป็นศูนย์ - วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วและความเร่ง มีทิศเดียวกัน และมีความเร็วลดลง ถ้าความเร็ว และความเร่งมีทิศตรงกันข้าม
	๒. สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์	- เมื่อมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่ง โดยแรงทุกแรงอยู่ในระนาบเดียวกันสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้นได้โดยรวมแบบเวกเตอร์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ	- เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์โดยขนาดของความเร่งขึ้นกับขนาดของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ
	๔. สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ	- แรงกระทำระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ เป็นแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา แรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันเกิดขึ้น
ม.๕		พร้อมกัน กระทำกับวัตถุคนละก้อนแต่มีทิศทางตรงข้าม
	๕. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น	- วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวหรือความเร่งไม่คงตัว อาจเป็นการเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แนวโค้งหรือการเคลื่อนที่แบบสั่น การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัวนำไปใช้ อธิบายการตกแบบเสรี การเคลื่อนที่แนวโค้งด้วย ความเร่งคงตัวนำไปใช้อธิบายการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แนวโค้งด้วยความเร่งมี ทิศทางตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลานำไปใช้ อธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาด้วยความเร่งมีทิศทางเข้าสู่จุดที่ แรงลัพธ์เป็นศูนย์ เรียกจุดนี้ว่าตำแหน่งสมดุล ซึ่งนำไปใช้อธิบายการเคลื่อนที่แบบสั่น
	๖. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก	- ในบริเวณที่มีสนามโน้มถ่วง เมื่อมีวัตถุที่มีมวลจะมีแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกกระทำ ต่อวัตถุ แรงนี้นำไปใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของ วัตถุต่าง ๆ เช่น ดาวเทียมและดวงจันทร์รอบโลก
	๗. สังเกตและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า	- กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในบริเวณรอบแนวการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าหาทิศทาง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ของสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้าได้จาก กฎมือขวา
	๘. สังเกตและอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ ๙. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟ รวมทั้งยกตัวอย่างการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก เมื่อมีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่โดยไม่อยู่ในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็กหรือมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำโดยกระแสไฟฟ้าไม่อยู่ในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างมอเตอร์ - เมื่อมีสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำทำให้เกิดอีเอ็มเอฟ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
	๑๐. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเข้มและแรงอ่อน	- ภายในนิวเคลียสมีแรงเข้มที่เป็นแรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคในนิวเคลียส และเป็นแรงหลักที่ใช้อธิบายเสถียรภาพของนิวเคลียส นอกจากนี้ยังมีแรงอ่อนซึ่งเป็นแรงที่ใช้อธิบายการสลายให้อนุภาคบีตาของธาตุกัมมันตรังสี
ม.๖	-	-

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติ ของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. บรรยายการเกิดเสียงและทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ วัตถุที่ทำให้เกิดเสียงเป็นแหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งมีทั้งแหล่งกำเนิดเสียงตามธรรมชาติและแหล่งกำเนิดเสียงที่มนุษย์สร้างขึ้น เสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงทุกทิศทาง
ป.๒	๑. บรรยายแนวการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง และอธิบายการมองเห็นวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๒. ตระหนักในคุณค่าของความรู้ของการมองเห็น โดยเสนอแนะแนวทางการป้องกันอันตรายจากการมองวัตถุที่อยู่ในบริเวณที่มีแสงสว่างไม่เหมาะสม	- แสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทางเป็นแนวตรง เมื่อมีแสงจากวัตถุมาเข้าตาจะทำให้ มองเห็นวัตถุนั้น การมองเห็นวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง แสงจากวัตถุนั้นจะเข้าสู่ตาโดยตรง ส่วนการมองเห็นวัตถุที่ไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสง ต้องมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตา ถ้ามีแสงที่สว่างมากๆ เข้าสู่ตา อาจเกิดอันตรายต่อตาได้ จึงต้องหลีกเลี่ยงการมองหรือใช้แผ่นกรองแสงที่มีคุณภาพ เมื่อจำเป็นและต้องจัดความสว่างให้เหมาะสม กับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การอ่านหนังสือ การดูจอโทรทัศน์ การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่และแท็บเล็ต
ป.๓	๑. ยกตัวอย่างการเปลี่ยนพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- พลังงานเป็นปริมาณที่แสดงถึงความสามารถในการทำงาน พลังงานมีหลายแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานเสียงและพลังงานความร้อน โดยพลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้ เช่น การถูมือจนรู้สึกร้อนเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานความร้อนแผงเซลล์สุริยะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น
	๒. บรรยายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบุแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้า จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ไฟฟ้าผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานธรรมชาติหลายแหล่ง เช่น พลังงานจากลม พลังงานจากน้ำ พลังงานจากแก๊สธรรมชาติ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓.ตระหนักในประโยชน์และโทษของไฟฟ้า โดยนำเสนอวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	- พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันการใช้ไฟฟ้านอกจากต้องใช้อย่างถูกวิธี ประหยัดและคุ้มค่าแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย
ป.๔	๑. จำแนกวัตถุเป็นวัตถุกลางโปร่งใส วัตถุกลางโปร่งแสงและวัตถุทึบแสง จากลักษณะการมองเห็นสิ่งต่างๆ ผ่านวัตถุนั้นเป็นเกณฑ์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อมองเห็นสิ่งต่างๆ โดยมีวัตถุต่างชนิดกันมาบังแสงจะทำให้ลักษณะการมองเห็นสิ่งนั้นๆ ชัดเจนต่างกัน จึงจำแนกวัตถุที่มากันออกเป็นวัตถุกลางโปร่งใส ซึ่งทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ชัดเจน วัตถุกลางโปร่งแสงทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ไม่ชัดเจน และวัตถุทึบแสงทำให้มองไม่เห็นสิ่งต่างๆ นั้น
ป.๕	๑. อธิบายการได้ยินเสียงผ่านหลักฐานจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- การได้ยินเสียงต้องอาศัยตัวกลาง โดยอาจเป็นของแข็งของเหลว หรืออากาศ เสียงจะผ่านตัวกลางมายังหู
	๒. ระบุตัวแปร ทดลอง และอธิบายลักษณะและการเกิดเสียงสูง เสียงต่ำ ๓. ออกแบบการทดลองและอธิบายลักษณะและการเกิดเสียงดัง เสียงค่อย ๔. วัดระดับเสียงโดยใช้เครื่องมือวัดระดับเสียง ๕. ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่องระดับเสียงโดยเสนอแนะแนวทางในการหลีกเลี่ยงและลดมลพิษทางเสียง	- เสียงที่ได้ยินมีระดับสูงต่ำของเสียงต่างกันขึ้นกับความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง โดยเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความถี่สูงจะเกิดเสียงสูง ส่วนเสียงดัง ค่อยที่ได้ยินขึ้นกับพลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง โดยเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยพลังงานมากจะเกิดเสียงดัง แต่ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยพลังงานน้อยจะเกิดเสียงค่อย - เสียงดังมากๆ เป็นอันตรายต่อการได้ยินและเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญเป็นมลพิษทางเสียงเป็นเดซิเบลเป็นหน่วยที่บอกถึงความดังของเสียง
ป.๖	๑. ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย ๒. เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ๓. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายวิธีการและผลการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม	- วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย หรือ แบตเตอรี่ ทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้า สายไฟฟ้าเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน เครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น
ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง

ป.๖	๔. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	• เมื่อนำเซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์มาต่อเรียงกันโดยให้ขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรมทำให้มีพลังงานไฟฟ้าเหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย
	๕. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน ๖. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานโดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	• การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมเมื่อถอดหลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออกทำให้หลอดไฟฟ้าที่เหลือดับหมด ส่วนการต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน เมื่อถอดหลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งออกหลอดไฟฟ้าที่เหลือยังสว่างได้ เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าหลายดวงในบ้านจึงต้องต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อเลือกใช้หลอดไฟฟ้าดวงใดดวงหนึ่งได้ตามต้องการ
	๗. อธิบายการเกิดเงามืดเงามัวจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ๘. เขียนแผนภาพรังสีของแสงแสดงการเกิดเงามืดเงามัว	- เมื่อนำวัตถุทึบแสงมาบังแสงจะเกิดเงาบนฉากรับแสงที่อยู่ด้านหลังวัตถุ เงามัวเป็นบริเวณที่มีแสงบางส่วนตกลงบนฉาก ส่วนเงามืดเป็นบริเวณที่ไม่มีแสงตกลงบนฉากเลย
ม.๑	๑. วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลและคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$ ๒. ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร	- เมื่อสสารได้รับหรือสูญเสียความร้อนอาจทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะ หรือเปลี่ยนรูปร่าง - ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิขึ้นกับมวล ความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป - ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะขึ้นกับมวลและความร้อนแฝงจำเพาะ โดยขณะที่สสารเปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง
	๓. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน	- ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลงทำให้เกิดการหดตัว

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๑	๔. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	- ความรู้เรื่องการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนนำไปใช้ประโยชน์ได้ด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างถนน การสร้างรางรถไฟ การทำเทอร์มอมิเตอร์
	๕. วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนโดยใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$	- ความร้อนถ่ายโอนจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจนกระทั่งอุณหภูมิของสสารทั้งสองเท่ากัน สภาพที่สสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันเรียกว่า สมดุลความร้อน - เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนจากสสารที่มีอุณหภูมิต่างกันจนเกิดสมดุลความร้อน ความร้อนที่เพิ่มขึ้นของสสารหนึ่งจะเท่ากับความร้อนที่ลดลงของอีกสสารหนึ่งซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
	๖. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ๗. ออกแบบ เลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน	- การถ่ายโอนความร้อนมี ๓ แบบ คือการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่ตัวกลางเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง - ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนสามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลือกใช้อัสนุเพื่อนำมาทำภาชนะบรรจุอาหารเพื่อเก็บความร้อน หรือการออกแบบระบบระบายความร้อนในอาคาร
ม.๒	๑. วิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณเกี่ยวกับงานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้สมการ $W=Fs$ และ $P = \frac{W}{t}$ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่โดยแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่จะเกิดงานงานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงและระยะทางในแนวเดียวกับแรง - งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๒	๓. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	ได้แก่ คาน พื่นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลานำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวัน
	๔. ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง	- พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่เคลื่อนที่ พลังงานจลน์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและอัตราเร็ว ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของวัตถุ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลและตำแหน่งของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วงวัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงพลังงานกล
	๕. แปลความหมายข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัวจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุหนึ่ง ๆ สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้โดยผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานจลน์มีค่าคงตัว นั่นคือพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัว
	๖. วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน	- พลังงานรวมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งอาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งเป็นอีกพลังงานหนึ่งเช่น พลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานแสงเนื่องจากแรงเสียดทาน พลังงานเคมีในอาหารเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ใช้ในการทำงานของสิ่งมีชีวิต - นอกจากนี้พลังงานยังสามารถถ่ายโอนไปยังอีกระบบหนึ่งหรือได้รับพลังงานจากระบบอื่นได้เช่นการถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสาร การถ่ายโอน พลังงานของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ฟัง ทั้งการเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงานพลังงานรวมทั้งหมดมีค่าเท่าเดิม ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
ม.๓	๑. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้สมการ $V = IR$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้า ออกจากขั้วบวกผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวัดค่าได้จากแอมมิเตอร์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๒. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า ๓. ใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ในการวัด ปริมาณทางไฟฟ้า	- ค่าที่บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ประจุระหว่างจุด ๒ จุด เรียกว่า ความต่างศักย์ ซึ่งวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ - ขนาดของกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับ ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ โดย อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า มี ค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า ความต้านทาน
	๔. วิเคราะห์ความต่างศักย์ไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อต่อตัวต้านทาน หลายตัว แบบอนุกรมและแบบขนานจากหลักฐาน เชิงประจักษ์ ๕. เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการต่อตัว ต้านทานแบบอนุกรมและขนาน	- ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่ละ ชั้นมีความต้านทาน ในการต่อตัวต้านทาน หลายตัว มี ทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน - การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบอนุกรมใน วงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมี ค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว โดยกระแสไฟฟ้า ที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน - การต่อตัวต้านทานหลายตัวแบบขนานใน วงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรมีค่าเท่ากับผลรวม ของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว โดยความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว มีค่าเท่ากัน
	๖. บรรยายการทำงานของชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรจากข้อมูลที่ รวบรวมได้ ๗. เขียนแผนภาพและต่อชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในวงจรไฟฟ้า	- ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด เช่น ตัวต้านทาน ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ โดยชิ้นส่วนแต่ละ ชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันเพื่อให้วงจรทำงานได้ตาม ต้องการ • ตัวต้านทานทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าใน วงจรไฟฟ้า ไดโอดทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดหรือเปิดวงจรไฟฟ้า และควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า ตัวเก็บประจุทำหน้าที่ เก็บและ คายประจุไฟฟ้า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		• เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมตามหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้นๆ จะสามารถทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานได้ตามต้องการ
	๘. อธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการ $W = Pt$ รวมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ๙. ตระหนักในคุณค่าของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยนำเสนอวิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	- เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์กำกับไว้ กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ ค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่คิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้า ในหน่วยกิโลวัตต์ กับเวลาในหน่วยชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือหน่วย - วงจรไฟฟ้าในบ้านมีการต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อให้ความต่างศักย์เท่ากัน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันต้องเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย ประหยัด และหาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในบ้าน
	๑๐. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น ๑๑. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๑๒. ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	- คลื่นเกิดจากการส่งผ่านพลังงานโดยอาศัยตัวกลางและไม้อาศัยตัวกลาง ในคลื่นกล พลังงานจะถูกถ่ายโอนผ่านตัวกลางโดยอนุภาคของตัวกลาง ไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่น คลื่นที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกัน บรรยายได้ด้วย ความยาวคลื่น ความถี่ แอมพลิจูดการเคลื่อนที่ มีความถี่ต่อเนื่องเป็นช่วงกว้างมาก เคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยอัตราเร็วเท่ากัน แต่จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกันในตัวกลางอื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ เรียกว่าสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ละช่วงความถี่มีชื่อเรียกต่างกัน ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสงที่มองเห็น อัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา ซึ่ง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ - เลเซอร์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเดียว เป็นลำแสงขนานและมีความเข้มสูง นำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการสื่อสาร มีการใช้เลเซอร์สำหรับส่งสารสนเทศผ่านเส้นใยนำแสง โดยอาศัยหลักการการสะท้อนกลับหมดของแสง ด้านการแพทย์ใช้ในการผ่าตัด - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านอกจากจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์แล้ว ยังมีโทษต่อมนุษย์ด้วย เช่น ถ้ามนุษย์ได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง หรือถ้าได้รับรังสีแกมมาซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงและสามารถทะลุผ่านเซลล์และอวัยวะได้ อาจทำลายเนื้อเยื่อหรืออาจทำให้เสียชีวิตได้ เมื่อได้รับรังสีแกมมาในปริมาณสูง
	๑๓. ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง ๑๔. เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	- เมื่อแสงตกกระทบบัวตจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง โดยรังสีตกกระทบบ เส้นแนวฉาก รังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบบเท่ากับมุมสะท้อน ภาพจากกระจกเงาเกิดจากรังสีสะท้อนตัดกันหรือต่อแนวรังสีสะท้อนให้ตัดกัน โดยถ้ารังสีสะท้อนตัดกันจริง จะเกิดภาพจริง แต่ถ้าต่อแนวรังสีสะท้อนให้ไปตัดกัน จะเกิดภาพเสมือน
	๑๕. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐาน เชิงประจักษ์ ๑๖. เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง	- เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน เช่น อากาศและน้ำ อากาศและแก้ว จะเกิดการหักเห หรืออาจเกิดการสะท้อนกลับหมดในตัวกลางที่แสงตกกระทบบ การหักเหของแสงผ่านเลนส์ทำให้เกิดภาพที่มีชนิดและขนาดต่าง ๆ - แสงขาวประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ เมื่อแสงขาวผ่านปริซึมจะเกิดการกระจายแสงเป็นแสงสีต่าง ๆ เรียกว่าสเปกตรัมของแสงขาว เมื่อเคลื่อนที่ในตัวกลางใด ๆ ที่ไม่ใช่ในอากาศ จะมีอัตราเร็วต่างกัน จึงมีการหักเหต่างกัน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๑๗. อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๑๘.เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	- การสะท้อนและการหักเหของแสงนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง มirage และอธิบายการทำงานของทัศนอุปกรณ์ เช่น แว่นขยาย กระจกโค้ง จราจร กล้องโทรทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์ และแว่นสายตา - ในการมองวัตถุ เลนส์ตาจะถูกปรับโฟกัส เพื่อให้เกิดภาพชัดที่จอตา ความบกพร่องทางสายตา เช่น สายตาสั้น และสายตายาว เป็นเพราะตำแหน่งที่เกิดภาพไม่ได้อยู่ที่จอตาพอดี จึงต้องใช้เลนส์ในการแก้ไข เพื่อช่วยให้มองเห็นเหมือนคนสายตาปกติ โดยคนสายตาสั้นใช้เลนส์เว้า ส่วนคนสายตายาวใช้เลนส์นูน
	๑๙. อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น ๒๐. วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง ๒๑. ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่องความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	- ความสว่างของแสงมีผลต่อดวงตามนุษย์ การใช้สายตาในสภาพแวดล้อมที่มีความสว่างไม่เหมาะสมจะเป็นอันตรายต่อดวงตา เช่น การดูวัตถุในที่มืด ความสว่างมาก หรือน้อยเกินไป การจ้องดูหน้าจอภาพเป็นเวลานาน ความสว่างบนพื้นที่รับแสงมีหน่วยเป็นลักซ์ ความรู้เกี่ยวกับความสว่างสามารถนำมาใช้จัดความสว่างให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการอ่านหนังสือ
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายพลังงานนิวเคลียร์ ฟิชชันและฟิวชันและความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันและฟิวชัน	- พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันหรือฟิวชัน เรียกว่า พลังงานนิวเคลียร์ โดยฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลมากแตกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า ส่วนฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลน้อยรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสที่มีมวลมากขึ้น พลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันและฟิวชัน มีค่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน
	๒. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมา	- การนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	แก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย	นิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงาน แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ - เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานเป็นการนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
	๓. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น	- เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางจะเกิดการสะท้อน เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่าง ตัวกลางที่ต่างกันจะเกิดการหักเห เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบขอบสิ่งกีดขวางจะเกิดการเลี้ยวเบน เมื่อคลื่นสองขบวนมาพบกันจะเกิดการรวมคลื่น เกิดรูปร่างของคลื่นรวมหลังจากคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพ้นกันแล้วจะแยกกัน โดยแต่ละคลื่นยังคงมีรูปร่างและทิศทางเดิม
	๔. สังเกตและอธิบายความถี่ธรรมชาติ การสั่นพ้องและผลที่เกิดขึ้นจากการสั่นพ้อง	- เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นแล้วหยุดกระตุ้น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่ที่เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ ถ้ามีแรงกระตุ้นวัตถุที่กำลังสั่นด้วยความถี่ของการ ออกแรงตรงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้นจะทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดมากขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง เช่น การสั่นพ้องของอาคารสูง การสั่นพ้องของสะพาน การสั่นพ้องของเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเป่า
	๕. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่นของคลื่นเสียง	- เสียงมีการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่นเช่นเดียวกับคลื่นอื่น ๆ
	๖. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับเสียงและผลของความถี่กับระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง	- ความถี่ของคลื่นเสียงเป็นปริมาณที่ใช้บอกเสียงสูงเสียงต่ำ โดยความถี่ที่คนได้ยินมีค่าอยู่ระหว่าง ๒๐-๒๐,๐๐๐ เฮิรตซ์ ระดับเสียงเป็นปริมาณที่ใช้บอกความดังของเสียงซึ่งขึ้นกับความเข้มเสียง โดยความเข้มเสียงเป็นพลังงานเสียงที่ตกตังฉาก บนพื้นที่หนึ่งหน่วยในหนึ่งหน่วยเวลาเสียงที่มี ความดังมากเกินไปเป็นอันตรายต่อหู

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๗. สังเกต และอธิบายการเกิดเสียงสะท้อนกลับ ปัด ดอปเพลอร์และการสั่นพ้องของเสียง	- เมื่อเสียงจากแหล่งกำเนิดเดินทางไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังผู้ฟัง ถ้าผู้ฟังได้ยินเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดและเสียงที่สะท้อนกลับมาแยกจากกัน เสียงที่ได้ยินนี้เป็นเสียงสะท้อนกลับ - เมื่อคลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่ใกล้เคียงกันมารวมกันจะเกิดปัด - เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ผู้ฟังเคลื่อนที่หรือทั้งแหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่ ผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไป เรียกว่าปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ - ถ้าอากาศในท่อถูกกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของอากาศในท่อนั้นจะเกิดการสั่นพ้องของเสียง
	๘. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับเสียงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	- ความรู้เกี่ยวกับเสียงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น คลื่นเหนือเสียงหรืออัลตราซาวด์ใช้ในการแพทย์ ปัดของเสียงในการปรับเทียบ เสียงของเครื่องดนตรี การสั่นพ้องของเสียงใช้ในการออกแบบเครื่องดนตรีและอธิบายการแปลงเสียงของมนุษย์
	๙. สังเกต และอธิบายการมองเห็นสีของวัตถุ และความผิดปกติในการมองเห็นสี	- เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงสีบางสี โดยขึ้นกับสารสีบนผิววัตถุและสะท้อนแสงสีที่เหลือออกมา ทำให้มองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ ขึ้นกับแสงสีที่สะท้อนออกมา ความผิดปกติในการมองเห็นสีหรือการบอดสีเกิดจากความบกพร่องของเซลล์รูปกรวยบนจอตา
	๑๐. สังเกตและอธิบายการทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมแสงสี การผสมสารสีและการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	- แผ่นกรองแสงสียอมให้แสงสีบางสีผ่านออกไปได้และกั้นบางแสงสี - การผสมแสงสีทำให้ได้แสงสีที่หลากหลายเปลี่ยนไปจากเดิม ถ้านำแสงสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมกันจะได้แสงขาว

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การผสมสารสีให้ได้สารสีที่หลากหลายเปลี่ยนไปจากเดิม ถ้านำสารสีปฐมภูมิในปริมาณที่เท่ากันมาผสมกันจะได้สารสีผสมเป็นสีดำ - การผสมแสงสีและการผสมสารสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านศิลปะด้านการแสดง
	๑๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และหลักการทำงานของอุปกรณ์บางชนิดที่อาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยสนามทั้งสองมีทิศทางตั้งฉากกัน และตั้งฉาก กับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น - อุปกรณ์บางชนิดทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องถ่ายภาพ เอกซเรย์ คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพ การสั่นพ้องแม่เหล็ก
	๑๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล	- ในการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งสารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลง สัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม - สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารมีสองชนิด คือ แอนะล็อกและดิจิทัล การส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลสามารถส่งผ่านได้โดยมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก
ม.๖	-	-

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๑ เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. ระบุดาวที่ปรากฏบนท้องฟ้าในเวลากลางวันและกลางคืนจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- บนท้องฟ้ามีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวซึ่งในเวลากลางวันจะมองเห็นดวงอาทิตย์และอาจมองเห็นดวงจันทร์บางเวลาในบางวันแต่ไม่สามารถมองเห็นดวง
ป.๒	-	-
ป.๓	๑. อธิบายแบบรูปเส้นทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ๒. อธิบายสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ การเกิดกลางวันกลางคืนและการกำเนิดทิศ โดยใช้แบบจำลอง ๓. ตระหนักถึงความสำคัญของดวงอาทิตย์ โดยบรรยายประโยชน์ของดวงอาทิตย์ต่อสิ่งมีชีวิต	- คนบนโลกมองเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏขึ้นทางด้านหนึ่งและตกทางอีกด้านหนึ่งทุกวันหมุนเวียนเป็นแบบรูปซ้ำ - โลกกลมและหมุนรอบตัวเองขณะโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้บริเวณของโลกได้รับแสงอาทิตย์ไม่พร้อมกัน โลกด้านที่ได้รับแสงอาทิตย์ไม่พร้อมกัน โลกด้านที่ได้รับแสงอาทิตย์จะเป็นกลางวันส่วนด้านตรงข้ามที่ไม่ได้รับแสงจะเป็นกลางคืน นอกจากนี้คนบนโลกจะมองเห็นดวงอาทิตย์ตกทางอีกด้านหนึ่ง ซึ่งกำหนดให้เป็นทิศตะวันตกและเมื่อให้ด้านขวามืออยู่ทางทิศตะวันออกด้านซ้ายมืออยู่ทิศตะวันตก ก้านหน้าจะเป็นทิศเหนือ และด้านหลังจะเป็นทิศใต้ - ในเวลากลางวันโลกจะได้รับพลังงานและพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้
ป.๔	๑. อธิบายแบบรูปเส้นทางการขึ้นและตกของดวงจันทร์ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	- ดวงจันทร์เป็นบริวารของโลก โดยดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองขณะโคจรรอบโลก ขณะที่โลกก็หมุนรอบตัวเองด้วยเช่นกัน การหมุนรอบตัวเองของโลกจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกในทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากขั้วโลกเหนือทำให้มองเห็นดวงจันทร์ปรากฏขึ้นทางด้านทิศตะวันออกและทางด้านทิศตะวันตกหมุนเวียนเป็นแบบซ้ำๆ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๔	๒. สร้างแบบจำลองที่อธิบายแบบรูปการเปลี่ยนแปลงรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์และพยากรณ์รูปร่างปรากฏของดวงจันทร์	- ดวงจันทร์เป็นวัตถุที่เป็นทรงกลม แต่รูปร่างของดวงจันทร์ที่มองเห็นหรือรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์บนท้องฟ้าแตกต่างกันไปในแต่ละวันโดยแต่ละวันดวงจันทร์มีรูปร่างปรากฏเป็นเสี้ยวที่มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเต็มดวงจากนั้นรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์จะแห้วและมีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่องจนมองไม่เห็นดวงจันทร์ จากนั้นรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์จะเป็นเสี้ยวใหญ่ขึ้นจนเต็มดวงอีกครั้ง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เป็นรูปแบบซ้ำกันทุกเดือน
	๓. สร้างแบบจำลองแสดงองค์ประกอบของระบบสุริยะ และอธิบายเปรียบเทียบคาบการโคจรของดาวเคราะห์ต่างๆ จากแบบจำลอง	- ระบบสุริยะเป็นระบบที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางและมีบริวารประกอบด้วย ดาวเคราะห์แปดดวงและบริวาร ซึ่งดาวเคราะห์แต่ละดวงมีขนาดและระยะห่างจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน และยังประกอบด้วย ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหางและวัตถุเล็กอื่นๆ เมื่อเข้ามารอบดวงอาทิตย์ในชั้นบรรยากาศเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เกิดเป็นดาวตกเหนือผีพุ่งไต้และอุกกาบาต
ป.๕	๑. เปรียบเทียบความแตกต่างของดาวเคราะห์และดาวฤกษ์จากแบบจำลอง	- ดาวที่มองเห็นบนท้องฟ้าอยู่ในอวกาศซึ่งเป็นบริเวณอยู่รอบนอกบรรยากาศโลก มีทั้งดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์เป็นแหล่งกำเนิดแสงจึงสามารถมองเห็นได้ ส่วนดาวเคราะห์ไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสง แต่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากแสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบดาวเคราะห์แล้วสะท้อนเข้าสู่ตา
	๒. ใช้แผนที่ดาวระบุตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้า และอธิบายแบบรูปเส้นทางการขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้าในรอบปี	- การมองเห็นกลุ่มดาวฤกษ์มีรูปร่างต่างๆ เกิดจากจินตนาการของผู้สังเกต กลุ่มดาวฤกษ์ต่างๆ ที่ปรากฏในท้องฟ้าแต่ละกลุ่มมีดาวฤกษ์แต่ละดวงเรียงกันที่ตำแหน่งคงที่ และมีเส้นทางการขึ้นและตกตามเส้นทางเดิมทุกคืน
ป.๖	๑. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิด และเปรียบเทียบปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา	- เมื่อโลกและดวงจันทร์ โคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสมทำให้ดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์ ผู้สังเกตที่อยู่บริเวณเงาจะ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		มองเห็นดวงอาทิตย์มีดไป เกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาซึ่งมีทั้งสุริยุปราคาเต็มดวง สุริยุปราคาบางส่วนและสุริยุปราคาวงแหวน - หากดวงจันทร์และโลกโคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับดวงอาทิตย์ แล้วดวงจันทร์เคลื่อนที่ผ่านเงาโลก จะมองเห็นดวงจันทร์มีดไปเกิดปรากฏการณ์จันทรุปราคา ซึ่งมีทั้งจันทรุปราคาเต็มดวง และจันทรุปราคาบางส่วน
	๒. อธิบายพัฒนาการของเทคโนโลยีอวกาศ และยกตัวอย่างการนำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- เทคโนโลยีอวกาศเริ่มจากความต้องการของมนุษย์ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าโดยใช้ตาเปล่ากล้องโทรทรรศน์ และได้พัฒนาไปสู่การขนส่งเพื่อสำรวจอวกาศด้วยจรวดและยานขนส่งอวกาศและยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีอวกาศบางประเภทมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร การพยากรณ์อากาศ หรือการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การใช้อุปกรณ์วัดชีพจรและการเต้นของหัวใจ หมวกนิรภัย ชุดกีฬา
ม.๑	-	-
ม.๒	-	-
ม.๓	๑. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการ $F = (Gm_1m_2)/r_2$	- ในระบบสุริยะมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางโดยมีดาวเคราะห์และบริวาร ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง และอื่น ๆ เช่น วัตถุคอยเปอร์ โคจรอยู่โดยรอบ ซึ่งดาวเคราะห์ และวัตถุเหล่านี้โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูดระหว่างวัตถุสองวัตถุ โดยเป็นสัดส่วนกับผลคูณของมวลทั้งสอง และเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง แสดงได้โดยสมการ $F = (Gm_1m_2)/r_2$ เมื่อ F แทนความโน้มถ่วงระหว่างมวลทั้งสอง G แทนค่าจีโนมถ่วงสากล m_1 แทนมวลของวัตถุ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		แรก m_2 แทนมวลของวัตถุที่สอง และ r แทนระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง
	๒. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดฤดู และการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์	- การที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในลักษณะที่แกนโลกเอียงกับแนวตั้งฉากของระนาบทางโคจร ทำให้ส่วนต่าง ๆ บนโลกได้รับปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันในรอบปี เกิดเป็นฤดู กลางวันกลางคืนยาวไม่เท่ากัน และตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่ขอบฟ้าและเส้นทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์เปลี่ยนไปในรอบปี ซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีวิต
	๓. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเปลี่ยนแปลงเวลาการขึ้นและตกของดวงจันทร์ และการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง	- ดวงจันทร์โคจรรอบโลก โลกและดวงจันทร์โคจรรอบดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์รับแสงจากดวงอาทิตย์ครึ่งดวงตลอดเวลา เมื่อดวงจันทร์โคจรรอบโลกได้หันส่วนสว่างมายังโลกแตกต่างกัน จึงทำให้คนบนโลกสังเกตเห็นส่วนสว่างของดวงจันทร์แตกต่างไปในแต่ละวันเกิดเป็นข้างขึ้นข้างแรม - ดวงจันทร์โคจรรอบโลกในทิศทางเดียวกันกับที่โลกหมุนรอบตัวเอง จึงทำให้เห็นดวงจันทร์ขึ้นเข้าไปประมาณวันละ ๕๐ นาที - แรงโน้มถ่วงที่ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก วันที่น้ำมีระดับการขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดเรียก วันน้ำเกิด ส่วนวันที่ระดับน้ำมีการขึ้นและลงน้อยเรียกวันน้ำตาย โดยวันน้ำเกิดน้ำตาย มีความสัมพันธ์กับข้างขึ้นข้างแรม
	๔. อธิบายการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และยกตัวอย่างความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ จากข้อมูลที่รวบรวมได้	เทคโนโลยีอวกาศได้มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันมากมาย มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศ เช่น ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GNSS) การติดตามพายุ สถานการณ์ไฟป่า ดาวเทียมช่วยภัยแล้งการตรวจคราบน้ำมันในทะเล • โครงการสำรวจอวกาศต่าง ๆ ได้พัฒนาเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจต่อโลก ระบบสุริยะและเอกภพมาก

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ชั้นเป็นลำดับ ตัวอย่างโครงการสำรวจอวกาศ เช่น การสำรวจสิ่งมีชีวิตนอกโลก การสำรวจดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ การสำรวจดาวอังคาร และบริวารอื่นของดวงอาทิตย์
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ	- ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีบิกแบง ระบุว่าเอกภพเริ่มต้นจากบิกแบงที่เอกภพมีขนาดเล็กมากและมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของเวลาและวิวัฒนาการของ เอกภพ โดยหลังเกิดบิกแบง เอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีอุณหภูมิลดลง มีสสารคงอยู่ในรูปอนุภาคและปฏิกิริยานุภาคหลายชนิด และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีเนบิวลา กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะเป็นสมาชิกบางส่วนของเอกภพ
	๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ	- หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือการขยายตัวของเอกภพ ซึ่งอธิบายด้วยกฎฮับเบิล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทางของกาแล็กซีที่เคลื่อนที่ห่างออกจากโลก และหลักฐานอีกประการ คือ การค้นพบไมโครเวฟ พื้นหลังที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทุกทิศทางและสอดคล้องกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอวกาศมีค่าประมาณ ๒.๗๓ เคลวิน
	๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก	- กาแล็กซี ประกอบด้วย ดาวฤกษ์จำนวนมากหลายแสนล้านดวง ซึ่งอยู่กันเป็นระบบของดาวฤกษ์นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเทพีฟ้าอื่น เช่นเนบิวลา และสสารระหว่างดาว โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในของกาแล็กซีอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง - กาแล็กซีมีรูปร่างแตกต่างกัน โดยระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งเป็นกาแล็กซีกังหัน แบบมีแกน มีโครงสร้าง คือ นิวเคลียสแกน และฮาโล ดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ในบริเวณ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		นิวเคลียส และจาน โดยมีระบบสุริยะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก ประมาณ ๓๐,๐๐๐ ปีแสง ซึ่งทางช้างเผือกที่สังเกตเห็นในท้องฟ้าเป็นบริเวณหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือกในมุมมอง ของคนบนโลกแถบฟ้าสีขาวยาง ๆ ของทางช้างเผือกคือดาวฤกษ์ ที่อยู่อย่างหนาแน่นในกาแล็กซีทางช้างเผือก
	๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์	- ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นระบบดาวฤกษ์ คือ ดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันตั้งแต่ ๒ ดวงขึ้นไป ดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ เกิดจากการยุบตัวของกลุ่มสสารในเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง ทำให้บางส่วนของเนบิวลามีขนาดเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เกิดเป็นดาวฤกษ์ ก่อนเกิดเมื่ออุณหภูมิที่แก่นสูงขึ้นจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ดาวฤกษ์ก่อนเกิดจะกลายเป็นดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์อยู่ในสภาพสมดุลระหว่างแรงดันกับแรงโน้มถ่วงซึ่งเรียกว่าสมดุลอุทกสถิต จึงทำให้ดาวฤกษ์มีเสถียรภาพและปลดปล่อย พลังงานเป็นเวลานานตลอดช่วงชีวิตของ ดาวฤกษ์ - ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ เป็นปฏิกิริยาหลักของกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ที่แก่นของดาวฤกษ์ ทำให้เกิดการหลอมนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสฮีเลียมแล้วก่อให้เกิด พลังงานอย่างต่อเนื่อง
	๕. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์	- ความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นพลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา ๑ วินาทีต่อ หน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต แต่เนื่องจากตาของมนุษย์ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างที่มีค่าน้อย ๆ จึงกำหนดค่าการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์ด้วยค่าโชติมาตร ซึ่งเป็นการแสดงระดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๖. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ ๗. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวล ตั้่งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์	- สีของดาวฤกษ์สัมพันธ์กับอุณหภูมิผิว และ สเปกตรัมของดาวฤกษ์ ซึ่งนักดาราศาสตร์ใช้ สเปกตรัมในการจำแนกชนิดของดาวฤกษ์ - มวลของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ก่อนเกิด ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะผลิตและใช้พลังงานมาก จึงมีอายุน้อยกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย - ดาวฤกษ์มีการวิวัฒนาการที่แตกต่างกัน การวิวัฒนาการและจุดจบของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับ มวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ ส่วนใหญ่เทียบกับจำนวนเท่าของมวลดวงอาทิตย์
	๘. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต	- ระบบสุริยะเกิดจากการรวมตัวกันของกลุ่มฝุ่น และแก๊สที่เรียกว่า เนบิวลาสุริยะ โดยฝุ่นและแก๊สประมาณร้อยละ ๙๙.๘ ของมวลได้รวมตัวเป็นดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นก้อนแก๊สร้อน หรือพลาสมา สสารส่วนที่เหลือรวมตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ ของดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ตามลักษณะการเกิดและองค์ประกอบ ได้แก่ ดาวเคราะห์ชั้นในดาวเคราะห์น้อย ดาวเคราะห์ชั้นนอก และดวงดาวหาง - โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่มีสิ่งมีชีวิตเพราะโคจรรอบดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสมอยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต มีอุณหภูมิ เหมาะสม และสามารถเกิดน้ำที่ยังคงสถานะเป็นของเหลวได้ ปัจจุบันมีการค้นพบดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะจำนวนมากและมีดาวเคราะห์ บางดวงที่อยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตคล้ายโลก
	๙. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะพายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูลวิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือ	- ดวงอาทิตย์มีโครงสร้างภายในแบ่งเป็นแก่น เขตการแผ่รังสีและเขตการพาความร้อน และมีชั้นบรรยากาศอยู่เหนือเขตพาความร้อน ซึ่งแบ่ง เป็น ๓ ชั้น คือ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง กับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลก รวมทั้งประเทศไทย	ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์และโคโรนา ในชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ มีปรากฏการณ์สำคัญ เช่น จุดมืดดวงอาทิตย์การลุกจ้าที่ทำให้เกิดลมสุริยะและพายุสุริยะ ซึ่งส่งผลต่อโลก - ลมสุริยะ เกิดจากการแพร่กระจายของอนุภาค จากชั้นโคโรนาออกสู่อวกาศตลอดเวลาอนุภาคที่หลุดออกสู่อวกาศเป็นอนุภาคที่มีประจุ ลมสุริยะส่งผลทำให้เกิดหางของดาวหางที่เรืองแสง และชี้ไปทางทิศตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ และเกิดปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้ - พายุสุริยะ เกิดจากการปลดปล่อยอนุภาคมีประจุพลังงานสูงจำนวนมาก มักเกิดบ่อยครั้ง ในช่วงที่มีการลุกจ้า และในช่วงที่มีจุดมืด ดวงอาทิตย์จำนวนมาก และในบางครั้งมีการพ่นก้อนมวลโคโรนา พายุสุริยะอาจส่งผลต่อ สนามแม่เหล็กโลก จึงอาจรบกวนระบบการส่งกระแสไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งอาจส่งผล ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของดาวเทียม นอกจากนั้น มักทำให้เกิดปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้ที่สังเกตได้ชัดเจน
	๑๐. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอ แนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยี อวกาศมาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันหรือในอนาคต	- มนุษย์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการศึกษา เพื่อขยายขอบเขตความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และในขณะเดียวกันมนุษย์ได้นำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหารการแพทย์ - นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดของรังสีหรืออนุภาคในอวกาศในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสงอัลตราไวโอเล็ตและรังสีเอกซ์ - ยานอวกาศ คือ ยานพาหนะที่นำมนุษย์หรือ อุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ขึ้นไปสู่อวกาศ เพื่อสำรวจหรือเดินทางไปยังดาวดวงอื่น ส่วนสถานี อวกาศ คือ ห้องปฏิบัติการลอยฟ้า ที่โคจรรอบโลกใช้ในการศึกษา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		วิจัยทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ ในสภาพไร้ น้ำหนัก - ดาวเทียม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้า และนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่นการสื่อสาร โทรคมนาคม การระบุตำแหน่งบนโลก การสำรวจ ทรัพยากรธรรมชาติอุตุนิยมวิทยา โดยดาวเทียม มี หลายประเภทสามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์วงโคจร และ การใช้งาน

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๒ เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. อธิบายลักษณะภายนอกของหินจากลักษณะ เฉพาะตัวที่สังเกตได้	- หินที่อยู่ในธรรมชาติมีลักษณะภายนอกเฉพาะตัวที่สังเกตได้ เช่น สี ลวดลาย น้ำหนัก ความแข็งและเนื้อหิน
ป.๒	๑. ระบุส่วนประกอบของดินและจำแนกชนิดของดิน โดยใช้ลักษณะเนื้อดินและการจับตัวเป็นเกณฑ์ ๒. อธิบายการใช้ประโยชน์จากดิน จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ดินประกอบด้วยเศษหิน ซากพืช ซากสัตว์ผสมอยู่ในเนื้อดิน มีอากาศและน้ำแทรกอยู่ตามช่องว่างในเนื้อดินดินจำแนกเป็นดินร่วน ดินเหนียว และดินทราย ตามลักษณะเนื้อดินและการจับตัวของดินซึ่งมีผลต่อการอุ้มน้ำที่ต่างกัน - ดินแต่ละชนิดนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกันตามลักษณะและสมบัติของดิน
ป.๓	๑. ระบุส่วนประกอบของอากาศ บรรยายความสำคัญของอากาศ และผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสิ่งมีชีวิต จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ๒. ตระหนักถึงความสำคัญของอากาศ โดยนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนในการลดมลพิษทางอากาศ	- อากาศโดยทั่วไปไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน และฝุ่นละออง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สอื่นๆ รวมทั้งไอน้ำ หากส่วนประกอบของอากาศไม่เหมาะสมเนื่องจากมีแก๊สบางชนิดหรือฝุ่นละอองในปริมาณมาก อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ จัดเป็นมลพิษทางอากาศ - แนวทางการปฏิบัติตนเพื่อลดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ เช่น ใช้พาหนะร่วมกัน หรือเลือกใช้เทคโนโลยีที่ลดมลพิษทางอากาศ
	๓. อธิบายการเกิดลมจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ เกิดจากความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศบริเวณที่อยู่ใกล้กัน โดยอากาศบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้าไปแทนที่

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๔. บรรยายประโยชน์และโทษของลม จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ลมสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า และนำไปใช้ประโยชน์ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ หากลมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงอาจทำให้เกิดอันตรายและความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้
ป.๔	-	-
ป.๕	๑. เปรียบเทียบปริมาณน้ำในแต่ละแหล่ง และระบุปริมาณน้ำที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- โลกมีทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มซึ่งอยู่ในแหล่งน้ำต่างๆ ที่มีแหล่งน้ำผิวดิน เช่น ทะเล มหาสมุทร บึง แม่น้ำ และแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น น้ำในดิน และน้ำบาดาล น้ำทั้งหมดของโลกแบ่งเป็นน้ำเค็มประมาณร้อยละ ๙๗.๕ ซึ่งอยู่ในมหาสมุทรและแหล่งน้ำอื่นๆ และที่เหลืออีกประมาณร้อยละ ๒.๕ เป็นน้ำจืด ถ้าเรียงลำดับปริมาณน้ำจืดจากมากไปน้อยจะอยู่ที่ ธารน้ำแข็ง และพืดน้ำแข็ง น้ำใต้ดิน ชั้นดินเยือกแข็งคงตัวและน้ำแข็งใต้ดิน ทะเลสาบ ความชื้นในดิน ความชื้นในบรรยากาศ บึง แม่น้ำ และน้ำในสิ่งมีชีวิต
	๒. ตระหนักถึงคุณค่าของน้ำโดยนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างประหยัดและการอนุรักษ์น้ำ	- น้ำจืดที่มนุษย์นำมาใช้ในปริมาณน้อยมาก จึงควรใช้น้ำอย่างประหยัดและร่วมกันอนุรักษ์น้ำ
	๓. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรน้ำ	- วัฏจักรน้ำ เป็นการหมุนเวียนของน้ำที่มีรูปแบบซ้ำเดิม และต่อเนื่องระหว่างน้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน โดยพฤติกรรมการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ส่งผลต่อวัฏจักรของน้ำ
	๔. เปรียบเทียบกระบวนการเกิดเมฆ หมอก น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง จากแบบจำลอง	- ไอน้ำในอากาศจะควบแน่นเป็นละอองน้ำเล็กๆ โดยมีละอองลอย เช่น เกล็ด ผุ่นละออง ผุ่นละอองเรณูของดอกไม้ เป็นอนุภาคแกน กลางเมื่อละอองน้ำจำนวนมากเกาะกลุ่มรวมกันลอยอยู่ที่สูงจากพื้นดินมาก เรียกว่า เมฆ แต่ละอองน้ำที่เกาะกลุ่มรวมกันอยู่ใกล้พื้นดิน เรียกว่า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		หมอก ส่วนไปน้ำที่ควบแน่นเป็นละอองน้ำเกาะอยู่บนพื้นวัตถุใกล้พื้นดิน เรียกว่า น้ำค้าง ถ้าอุณหภูมิลดลงพื้นดินต่ำกว่าจุดเยือกแข็งน้ำค้างก็จะกลายเป็นน้ำค้างแข็ง
ป.๖	๑. เปรียบเทียบกระบวนการเกิดหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร และอธิบายลักษณะวัฏจักรของหินจากแบบจำลอง	- หินเป็นวัสดุแข็งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ประกอบด้วยแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป สามารถจำแนกหินตามกระบวนการเกิดได้ ๓ ประเภท ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร - หินอัคนีเกิดจากการเย็นตัวของแมกมา เนื้อหินมีลักษณะเป็นผลึก ทั้งผลึกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก บางชนิดอาจเป็นเนื้อแก้วหรือมีรูพรุน - หินตะกอน เกิดจากการทับถมของตะกอนเมื่อถูกแรงกดทับและสารเชื่อมประสานจึงเกิดเป็นหิน เนื้อหินกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดตะกอน มีทั้งเนื้อหยาบและเนื้อละเอียด บางชนิดเป็นผลึกแข็งที่ยึดเกาะกันจนเกิดการตกผลึกหรือตกตะกอนจากน้ำโดยเฉพาะน้ำ ทะเล บางชนิดมีลักษณะเป็นชั้นๆ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหินชั้น - หินแปรเกิดจากการแปรสภาพของหินเดิม ซึ่งอาจเป็นหินอัคนี หินตะกอน หรือหินแปร โดยการกระทำของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาเคมี เนื้อหินของหินแปรบางชนิดผลึกของแร่เรียงตัวขนานกันเป็นแถบ บางชนิดจะออกเป็นแผ่นได้ บางชนิดเป็นเนื้อผลึกที่มีความแข็งมาก - หินในธรรมชาติทั้ง ๓ ประเภท มีการเปลี่ยนแปลงจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง หรือประเภทเดิมได้ โดยมีแบบรูปการเปลี่ยนแปลงคงที่และต่อเนื่องเป็นวัฏจักร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	บรรยายและยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากหินและแร่ในชีวิตประจำวันจากข้อมูลที่รวบรวมได้	หินและแร่แต่ละชนิดมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน มนุษย์ใช้ประโยชน์จากแร่ในชีวิตประจำวันในลักษณะต่างๆ เช่น นำแร่มาทำเครื่องสำอาง ยาสีฟัน เครื่องประดับ อุปกรณ์ทางการแพทย์ และนำหินมาใช้ในการก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น
	๓. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดซากดึกดำบรรพ์และคาดคะเนสภาพแวดล้อมในอดีตของซากดึกดำบรรพ์	- ซากดึกดำบรรพ์เกิดจากการทับถมหรือการประทุบรอยของสิ่งมีชีวิตในอดีต จึงเกิดเป็นโครงสร้างของซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในหิน ในประเทศไทยพบซากดึกดำบรรพ์ที่หลากหลาย เช่น ฟอสซิล หอย ปลา เต่า ไดโนเสาร์ และรอยตีนสัตว์ - ซากดึกดำบรรพ์สามารถใช้เป็นหลักฐานหนึ่งที่จะช่วยอธิบายสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในอดีตขณะเกิดสิ่งมีชีวิตนั้น เช่น หากพบซากดึกดำบรรพ์ของหอยน้ำจืด สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นอาจเคยเป็นป่ามาก่อน นอกจากนี้ซากดึกดำบรรพ์ยังสามารถใช้ระบุอายุของหิน และเป็นข้อมูลในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
	๔. เปรียบเทียบการเกิดลมบก ลมทะเล และมรสุมรวมทั้งอธิบายผลที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมแบบจำลองรวมทั้งอธิบายผลที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีบางส่วนเป็นป่าชายเลน	- ลมบก ลมทะเล และมรสุม เกิดจากพื้นดินและพื้นน้ำ ร้อนและเย็นไม่เท่ากันทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำแตกต่างกัน จึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง - ลมบกและลมทะเลเป็นลมประจำถิ่นที่พบบริเวณชายฝั่ง โดยลมบกเกิดในเวลากลางคืน ทำให้มีลมพัดจากชายฝั่งไปสู่ทะเล ส่วนลมทะเลเกิดในเวลากลางวัน ทำให้มีลมพัดจากทะเลเข้าสู่ชายฝั่ง
	๕. อธิบายผลของลมมรสุมต่อการเกิดฤดูของประเทศไทยจากข้อมูลที่รวบรวมได้	มรสุมเป็นลมประจำฤดูเกิดบริเวณเขตร้อนของโลก ซึ่งเป็นบริเวณกว้างระดับภูมิภาค ประเทศ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ไทยได้ผลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงประมาณกลางเดือนตุลาคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ทำให้เกิดฤดูหนาว และได้รับผลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงประมาณกลางเดือนตุลาคมทำให้เกิดฤดูฝน ส่วนช่วงประมาณเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเปลี่ยนมรสุมประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร แสงอาทิตย์เกือบตั้งตรง ประเทศไทยในเวลาเที่ยงวัน ทำให้เกิดความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ อากาศจึงร้อนอบอ้าวทำให้เกิดฤดูร้อน
	๖. บรรยายลักษณะและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ ๗. ตระหนักถึงผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย โดยนำเสนอแนวทางในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นในท้องถิ่น	- น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหวและสึนามิ มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน - มนุษย์ควรเรียนรู้วิธีปฏิบัติตนให้ปลอดภัย เช่น ติดตามข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ เตรียม ภัยยังชีพให้พร้อมใช้ตลอดเวลา และปฏิบัติตามคำสั่งของผู้ปกครองและเจ้าหน้าที่อย่างเคร่งครัดเมื่อเกิดภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย
	๘. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และผลของปรากฏการณ์เรือนกระจกต่อสิ่งมีชีวิต ๙. ตระหนักถึงผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยนำเสนอแนวทางปฏิบัติตนเพื่อลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก	- ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกกักเก็บความร้อนแล้วคายความร้อนบางส่วนกลับสู่ผิวโลก ทำให้อากาศบนโลกมีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต - หากปรากฏการณ์เรือนกระจกรุนแรงมากขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกมนุษย์จึงควรร่วมกันลดกิจกรรมก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก
ม.๑	๑. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศและเปรียบเทียบประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น	- โลกมีบรรยากาศห่อหุ้ม นักวิทยาศาสตร์ใช้สมบัติและองค์ประกอบของบรรยากาศในการแบ่งบรรยากาศของโลกออกเป็นชั้น ซึ่งแบ่งได้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		หลายรูปแบบตามเกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปนักวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงแบ่งบรรยากาศได้เป็น ๕ ชั้น ได้แก่ ชั้นโทรโพเฟียร์ ชั้นสตราโตสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ - บรรยากาศแต่ละชั้นมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต บรรยากาศแต่ละชั้นมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน โดยชั้นโทรโพสเฟียร์มีปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชั้นสตราโตสเฟียร์ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ไม่ให้มายังโลกมากเกินไป ชั้นมีโซสเฟียร์ช่วยชะลอวัตถุนอกโลกที่ผ่านเข้ามาให้เกิดการเผาไหม้กลายเป็นวัตถุนาขนาดเล็กลดโอกาสที่จะทำความเสียหายแก่สิ่งมีชีวิตบนโลกชั้นเทอร์โมสเฟียร์สามารถสะท้อนคลื่นวิทยุและชั้นเอกโซสเฟียร์เหมาะสำหรับการโคจรของดาวเทียมรอบโลกในระดับต่ำ
	๒. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ลมฟ้าอากาศเป็นสภาวะของอากาศในเวลาหนึ่งของพื้นที่หนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบลมฟ้าอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความกดอากาศ ลม ความชื้นเมฆ และหยาดน้ำฟ้า โดยหยาดน้ำฟ้าที่พบบ่อยในประเทศไทยได้แก่ฝน องค์ประกอบลมฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ และลักษณะพื้นผิวโลกส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิอากาศและปริมาณไอน้ำส่งผลต่อความชื้น ความกดอากาศส่งผลต่อลม ความชื้นและลมส่งผลต่อเมฆ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓. เปรียบเทียบกระบวนการเกิดพายุฝนฟ้าคะนองและพายุหมุนเขตร้อน และผลที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนให้เหมาะสมและปลอดภัย	- พายุฝนฟ้าคะนอง เกิดจากการที่อากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ระดับความสูง ที่มีอุณหภูมิต่ำลง จนกระทั่งไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นเป็นละอองน้ำ และเกิดต่อเนื่องเป็นเมฆขนาดใหญ่ พายุฝนฟ้าคะนองทำให้เกิดฝนตกหนัก ลมกรรโชกแรง ฟ้าแลบฟ้าผ่า ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน - - พายุหมุนเขตร้อนเกิดเหนือนมหาสมุทรหรือทะเลที่น้ำมีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ ๒๖-๒๗ องศาเซลเซียสขึ้นไป ทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงบริเวณนั้นเคลื่อนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นบริเวณกว้าง อากาศจากบริเวณอื่นเคลื่อนเข้ามาแทนที่และพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางของพายุยิ่งใกล้ศูนย์กลาง อากาศจะเคลื่อนที่พัดเวียนเกือบเป็นวงกลมและมีอัตราเร็วสูงที่สุด พายุหมุนเขตร้อนทำให้เกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง ฝนตกหนักซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินจึงควรปฏิบัติตนให้ปลอดภัยโดยติดตามข่าวสารการพยากรณ์อากาศ และไม่เข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงภัย
	๔. อธิบายการพยากรณ์อากาศ และพยากรณ์อากาศอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- การพยากรณ์อากาศเป็นการคาดการณ์ลมฟ้าอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีการตรวจวัดองค์ประกอบลมฟ้าอากาศการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลองค์ประกอบลมฟ้าอากาศระหว่างพื้นที่การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างคำพยากรณ์อากาศ
	๕. ตระหนักถึงคุณค่าของการพยากรณ์อากาศโดยนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนและการใช้ประโยชน์จากคำพยากรณ์อากาศ	- การพยากรณ์อากาศสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ชีวิตประจำวัน การคมนาคม การเกษตร การป้องกัน และเฝ้าระวังภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๖. อธิบายสถานการณ์และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- ภูมิอากาศโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยปัจจัยทางธรรมชาติแต่ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ในการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่บรรยากาศ - แก๊สเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยมากที่สุด ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งหมุนเวียนอยู่ในวัฏจักรคาร์บอน
	๗. ตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น การหลอมเหลวของน้ำแข็งขั้วโลก การเพิ่มขึ้นของระดับทะเล การเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำการเกิดโรคอุบัติใหม่และอุบัติซ้ำ และการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น - มนุษย์จึงควรเรียนรู้แนวทางการปฏิบัติตนภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทั้งแนวทางการปฏิบัติตนให้เหมาะสมและแนวทางการลดกิจกรรมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก
ม.๒	๑. เปรียบเทียบกระบวนการเกิดสมบัติและการใช้ประโยชน์ รวมทั้งอธิบายผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ จากข้อมูลที่รวบรวมได้	- เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของซากสิ่งมีชีวิตในอดีต โดยกระบวนการทางเคมีและธรณีวิทยา เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ได้แก่ถ่านหิน หินน้ำมัน และปิโตรเลียม ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดและสภาพแวดล้อม การเกิดที่แตกต่างกันทำให้ได้ชนิดของเชื้อเพลิง ซากดึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน - สำหรับปิโตรเลียมจะต้องมีการผ่านการกลั่นลำดับส่วนก่อนการใช้งาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		เนื่องจากต้องใช้เวลานานหลายล้านปีจึงจะเกิดขึ้นใหม่ได้
	๒. แสดงความตระหนักถึงผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ โดยนำเสนอแนวทางการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์	- การเผาไหม้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์จะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้แก๊สบางชนิดที่เกิดจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ ยังเป็นแก๊สเรือนกระจก ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของโลกรุนแรงขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ โดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น เลือกใช้พลังงานทดแทน หรือเลือกใช้เทคโนโลยีที่ลดการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์
	๓. เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทนแต่ละประเภทจากการรวบรวมข้อมูล และนำเสนอแนวทางการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น	- เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เนื่องจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์มีปริมาณจำกัด และมักเพิ่มมลภาวะในบรรยากาศมากขึ้น จึงมีการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้นเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวลพลังงานคลื่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานไฮโดรเจนซึ่งพลังงานทดแทนแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน
	๕. สร้างแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมีจากข้อมูลที่รวบรวมได้	- โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็นชั้นตามองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ เปลือกโลก ซึ่งอยู่นอกสุด ประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียมเป็นหลัก เนื้อโลกคือส่วนที่อยู่ใต้เปลือกโลกลงไปจนถึงแก่นโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนแมกนีเซียม และเหล็กและแก่นโลกคือส่วนที่อยู่

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ใจกลางของโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็กและนิเกิล ซึ่งแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกัน
	๕. อธิบายกระบวนการผุพังอยู่กับที่ การกร่อนและการสะสมตัวของตะกอนจากแบบจำลองรวมทั้งยกตัวอย่างผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง	- การผุพังอยู่กับที่ การกร่อน และการสะสมตัวของตะกอนเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นภูมิลักษณะแบบต่างๆ โดยมีปัจจัยสำคัญคือน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง แรงโน้มถ่วงของโลก สิ่งมีชีวิตสภาพอากาศ และปฏิกิริยาเคมี- การผุพังอยู่กับที่คือ การที่หินผุพังทำลายลงด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ ลมฟ้าอากาศกับน้ำฝน และรวมทั้งการกระทำของต้นไม้กับแบคทีเรีย ตลอดจนการแตกตัวทางกลศาสตร์ ซึ่งมีการเพิ่มและลดอุณหภูมิสลับกัน เป็นต้น - การกร่อน คือกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่ทำให้สารเปลือกโลกหลุดไปละลายไปหรือกร่อนไป โดยมีตัวนำพาธรรมชาติคือ ลม น้ำและธารน้ำแข็ง ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ลมฟ้าอากาศสารละลาย การครูดถู การนำพา ทั้งนี้ไม่รวมถึงการพังทลายเป็นกลุ่มก้อน เช่น แผ่นดินถล่ม ภูเขาไฟระเบิด - การสะสมตัวของตะกอนคือ การสะสมตัวของวัตถุจากการนำพาของน้ำ ลม หรือธารน้ำแข็ง
	๖. อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดินจากแบบจำลอง รวมทั้งระบุปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน	- ดินเกิดจากหินที่ผุพังตามธรรมชาติผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุที่ได้จากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ทับถมเป็นชั้นๆ บนผิวโลก ชั้นดินแบ่งออกเป็นหลายชั้นขนานหรือเกือบขนานไปกับผิวหน้าดินแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และลักษณะอื่นๆ เช่น สีโครงสร้าง เนื้อดิน การยึดตัว ความเป็นกรด-เบสสามารถสังเกตได้จากการสำรวจภาคสนาม การเรียกชื่อ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๗. ตรวจวัดสมบัติบางประการของดินโดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสม และนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ดินจากข้อมูลสมบัติของดิน	ชั้นดินหลัก จะใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ ได้แก่ O , A , E , B , C , R - ชั้นหน้าตัดดิน เป็นชั้นดินที่มีลักษณะปรากฏให้เห็นเรียงลำดับเป็นชั้นจากชั้นบนสุดถึงชั้นล่างสุด - ปัจจัยที่ทำให้ดินแต่ละท้องถื่นมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกันได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ภูมิอากาศสิ่งมีชีวิตในดิน สภาพภูมิประเทศและระยะเวลาในการเกิดดิน- สมบัติบางประการของดินเช่น เนื้อดิน ความชื้นดิน ค่าความเป็นกรด-เบส ธาตุอาหารในดินสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจถึงแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาจนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรืออื่นๆ ซึ่งดินที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรเช่น ดินจืด ดินเปรี้ยวดินเค็ม และดินดาน อาจเกิดจากสภาพดินตามธรรมชาติหรือการใช้ประโยชน์จะต้องปรับปรุง ให้มีสภาพเหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์
	๘. อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง	- แหล่งน้ำผิวดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นโลก ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำด้วยแรงโน้มถ่วงการไหลของน้ำ ทำให้พื้นโลกเกิดการกัดเซาะเป็นร่องน้ำ เช่นลำธาร คลอง และแม่น้ำ ซึ่งร่องน้ำจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ระยะเวลาในการกัดเซาะ ชนิดดินและหิน และลักษณะภูมิประเทศเช่น ความลาดชัน ความสูง ต่ำของพื้นที่เมื่อน้ำไหลไปยังบริเวณที่เป็นแอ่ง จะเกิดการสะสมตัวเป็นแหล่งน้ำ เช่น บึง ทะเลสาบ ทะเลและมหาสมุทร - แหล่งน้ำใต้ดินเกิดจากการซึมของน้ำผิวดินลง ไปสะสมตัวใต้พื้นโลก ซึ่งแบ่งเป็นน้ำในดินและ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		น้ำบาดาล น้ำในดินเป็นน้ำที่อยู่ร่วมกับอากาศตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ส่วนน้ำบาดาลเป็นน้ำที่ไหลซึมลึกลงไปและถูกกักเก็บไว้ในชั้นหินหรือชั้นดินจนอึดตัวไปด้วยน้ำ
	๙. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการใช้น้ำและนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง	- แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ส่งผลต่อการจัดการการใช้ประโยชน์น้ำและคุณภาพของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรการใช้ประโยชน์พื้นที่ในด้านต่างๆ เช่น ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรมและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำผิวดินไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมของมนุษย์น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินจึงถูกนำมาใช้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำใต้ดินลดลงมาก จึงต้องมีการจัดการใช้น้ำอย่างเหมาะสมและยั่งยืน ซึ่งอาจทำได้โดยการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อให้มีแหล่งน้ำเพียงพอสำหรับการดำรงชีวิต การจัดสรรและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ การป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ
	๑๐. สร้างแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด	- น้ำท่วมการกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด มีกระบวนการเกิดและผลกระทบที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจสร้างความเสียหายร้ายแรงแก่ชีวิตและทรัพย์สิน - น้ำท่วม เกิดจากพื้นที่หนึ่งได้รับปริมาณน้ำเกินกว่าที่จะกักเก็บได้ ทำให้แผ่นดินจมอยู่ใต้น้ำโดยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ - การกัดเซาะชายฝั่ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลที่เกิดขึ้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ตลอดเวลาจากการกัดเซาะของคลื่นหรือลม ทำให้ตะกอนจากที่หนึ่งไปตกทับถมในอีกบริเวณหนึ่ง แนวของชายฝั่งเดิมจึงเปลี่ยนแปลงไป บริเวณที่มีตะกอนเคลื่อนเข้ามาน้อยกว่าปริมาณที่ตะกอนเคลื่อนออกไป ถือว่าเป็นบริเวณที่มีการกัดเซาะชายฝั่ง - ดินถล่ม เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินจำนวนมากลงตามลาดเขาเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลัก ซึ่งเกิดจากปัจจัยสำคัญได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ สภาพธรณีวิทยา ปริมาณน้ำฝนพืชปกคลุมดิน และการใช้ประโยชน์พื้นที่ - หลุมยุบ คือ แอ่งหรือหลุมบนแผ่นดินขนาดต่างๆ ที่อาจเกิดจากการถล่มของโพรงถ้ำหินปูน เคลื่อนหินใต้ดิน หรือเกิดจากน้ำพัดพาตะกอนลงไปในโพรงถ้ำหรือธารน้ำใต้ดิน - แผ่นดินทรุด เกิดจากการยุบตัวของชั้นดินหรือหินร่วน เมื่อมวลของแข็งหรือของเหลวปริมาณมาก ที่รองรับอยู่ใต้ชั้นดินบริเวณนั้นถูกเคลื่อนย้ายออกไปโดยธรรมชาติหรือโดยการกระทำของมนุษย์
ม.๓	-	-
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน	- การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลหลายด้าน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ องค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาตข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก จึงสามารถแบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ ๒ แบบคือ โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งได้เป็น ๓ ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลกและแก่นโลก และโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล แบ่งได้เป็น ๕

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน
ม.๖	๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุน การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	- แผ่นธรณีต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบของธรณี ภาค การเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งตั้งแต่ อดีตจนถึงปัจจุบัน การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ดังกล่าว อธิบายได้ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งมี รากฐานมาจากทฤษฎีทวีปเลื่อนและทฤษฎี การแผ่ขยายพื้นสมุทร โดยมีหลักฐานที่สนับสนุน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีปที่สามารถเชื่อมต่อกัน ได้ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนว เทือกเขา ซากดึกดำบรรพ์ ร่องรอยการเคลื่อนที่ ของตะกอนธารน้ำแข็ง ภาวะแม่เหล็ก โลกบรรพกาล อายุหินของพื้นมหาสมุทร รวมทั้ง การค้นพบสันเขากลางสมุทร และร่องลึกกัน สมุทร
	๓. ระบุสาเหตุและอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อ ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของ แผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทาง ธรณีวิทยาที่พบ	- การพาความร้อนของแมกมาภายในโลก ทำให้ เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณี แปรสัณฐาน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจพบ หลักฐานทางธรณีวิทยา ได้แก่ ธรณีสัณฐาน และธรณีโครงสร้างที่บริเวณแนวรอยต่อของ แผ่นธรณี เช่น ร่องลึกกันสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟ รูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุด และสันเขากลางสมุทร รอยเลื่อน นอกจากนี้ยัง พบการเกิดธรณีพิบัติภัยที่บริเวณแนวรอยต่อ ของแผ่นธรณี เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ซึ่งหลักฐานดังกล่าวสัมพันธ์กับรูปแบบ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีนักวิทยาศาสตร์ จึง สรุปได้ว่าแนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี ๓ รูปแบบ ได้แก่ แนวแผ่นธรณีแยกตัว แนวแผ่นธรณี เคลื่อนที่เข้าหากัน แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่าน กันในแนวราบ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๔. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	- ภูเขาไฟระเบิดเกิดจากการแทรกดันของแมกมา ขึ้นมาตามส่วนเปราะบางหรือรอยแตกบนเปลือกโลก มักพบหนาแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นธรณี ทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย ผลจากการระเบิดของภูเขาไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
	๕. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	- แผ่นดินไหวเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ของเปลือกโลกในรูปของคลื่นไหวสะเทือน แผ่นดินไหวมีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกัน มักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีและพื้นที่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนของแผ่นธรณี ทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย แผ่นดินไหว ซึ่งส่งผลให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
	๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	- สึนามิ คือ คลื่นน้ำที่เกิดจากการแทนที่มวลน้ำในปริมาตรมหาศาล ส่วนมากจะเกิดในทะเลหรือมหาสมุทร โดยคลื่นมีลักษณะเฉพาะ คือ ความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่ออยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงคลื่นน้อย และอาจเพิ่มความสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณน้ำตื้นจึงทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งบางบริเวณเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ ก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งก่อสร้างในบริเวณชายหาดนั้น จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
	๗. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของโลก	- พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยสำคัญหลายประการ เช่น สัณฐานและการเอียง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ของแกนโลก ลักษณะของพื้นผิว ละอองลอยและเมฆ ทำให้แต่ละบริเวณบนโลกมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ส่งผลให้มีความกดอากาศ แตกต่างกัน และเกิดการถ่ายโอนพลังงานระหว่างกัน
	๘. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ	- การหมุนเวียนของอากาศเกิดขึ้นจากความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างสองบริเวณ โดยอากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในการเคลื่อนที่ของอากาศ ในแนวราบ และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวตั้งจะพบว่าอากาศเหนือบริเวณ ความกด

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๖		อากาศต่ำจะมีการยกตัวขึ้นขณะที่ อากาศเหนือบริเวณความกดอากาศสูง จะจมตัวลงโดยการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวนราบและแนวตั้งนี้ทำให้เกิดเป็นการหมุนเวียนของอากาศ
	๙. อธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นผลมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลก	- การหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงคอริออลิส ส่งผลให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไป โดยอากาศที่เคลื่อนที่ในบริเวณซีกโลกเหนือ จะเบนไปทางขวาจากทิศทางเดิม ส่วนบริเวณซีกโลกใต้จะเบนไปทางซ้ายจากทิศทางเดิม
	๑๐. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูดและผลที่มีต่อภูมิอากาศ	- โลกมีความกดอากาศแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ รวมทั้งอิทธิพลจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้อากาศในแต่ละซีกโลกเกิดการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด แบ่งออกเป็น ๓ แถบ โดยแต่ละแถบมีภูมิอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ การหมุนเวียน แถบขั้วโลก มีภูมิอากาศแบบหนาวเย็น การหมุนเวียนแถบละติจูดกลาง มีภูมิอากาศแบบอบอุ่น และการหมุนเวียนแถบเขตร้อนมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น - นอกจากนี้บริเวณรอยต่อของการหมุนเวียน อากาศแต่ละแถบละติจูด จะมีลักษณะลมฟ้า อากาศที่ต่างต่างกัน เช่น บริเวณใกล้ศูนย์สูตรมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณละติจูด ๓๐ องศา มีอากาศแห้งแล้ง ส่วนบริเวณละติจูด ๖๐ องศา อากาศมีความแปรปรวนสูง
	๑๑. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ ผิวหน้าในมหาสมุทร และรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร	ผิวหน้าในมหาสมุทรมีทั้งกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น
	๑๒. อธิบายผลของการหมุนเวียนของอากาศและน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะภูมิอากาศ ลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- การหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทร ส่งผลต่อภูมิอากาศ ลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีม ที่ทำให้บางประเทศในทวีปยุโรปไม่หนาวเย็นเกินไปและเมื่อการหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทรแปรปรวน ทำให้เกิดผลกระทบต่อ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		สภาพลมฟ้าอากาศ เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของลมค้าและส่งผลต่อประเทศที่อยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก
	๑๓. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมทั้งนำเสนอแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	- โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยปริมาณ พลังงานเฉลี่ยที่โลกได้รับเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุล พลังงานของโลกส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ในแต่ละปีค่อนข้างคงที่และมีลักษณะภูมิอากาศที่ไม่เปลี่ยนแปลงหากสมดุลพลังงานของโลกเกิด การเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากปัจจัยหลายประการทั้งปัจจัยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ เช่น แก๊สเรือนกระจก ลักษณะผิวโลก และละอองลอย - มนุษย์มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกได้โดยการลดกิจกรรมที่ทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงาน เช่น ลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกและละอองลอย
	๑๔. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และนำข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ มาวางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ	- แผนที่อากาศผิวพื้นแสดงข้อมูลการตรวจอากาศในรูปแบบสัญลักษณ์หรือตัวเลข เช่นบริเวณความกดอากาศสูงหย่อมความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน ร่องความกดอากาศต่ำ การแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ ทำให้ทราบลักษณะลมฟ้าอากาศ ณ บริเวณหนึ่ง - การแปลความหมายสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนแผนที่อากาศ ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ เช่น โปรแกรมประยุกต์เกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ เรดาร์ตรวจอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำมาวางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ เช่น การเลือกช่วงเวลาในการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับฤดูกาล การเตรียมพร้อมรับมือสภาพอากาศแปรปรวน

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๔.๑ เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	-	-
ป.๒	-	-
ป.๓	-	-
ป.๔	-	-
ป.๕	-	-
ป.๖	-	-
ม.๑	๑. อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี	- เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างหรือพัฒนาขึ้นซึ่งอาจเป็นได้ทั้งชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อใช้แก้ปัญหาสนองความต้องการ หรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ - ระบบทางเทคโนโลยีเป็นกลุ่มของส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่สองส่วนขึ้นไปประกอบเข้าด้วยกันและทำงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์โดยในการทำงานของระบบทางเทคโนโลยีจะประกอบไปด้วยตัวป้อน (input) กระบวนการ (process) และผลผลิต (output) ที่สัมพันธ์กัน นอกจากนี้ ระบบทางเทคโนโลยีอาจมีข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เพื่อใช้ปรับปรุงการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ซึ่งการวิเคราะห์ระบบทางเทคโนโลยีช่วยให้เข้าใจองค์ประกอบและการทำงานของเทคโนโลยีรวมถึงสามารถปรับปรุงให้เทคโนโลยีทำงานได้ตามต้องการ - เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีสาเหตุหรือปัจจัยมาจากหลายด้าน เช่น ปัญหาความต้องการความก้าวหน้าของศาสตร์ต่าง ๆ เศรษฐกิจ สังคม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๒. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันพบได้จกหลายบริบทขึ้นกับสถานการณ์ที่ประสบ เช่น การเกษตร การอาหาร - การแก้ปัญหาจำเป็นต้องสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา
	๓. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธีเช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพการเขียนผังงาน - การกำหนดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหาคือช่วยให้ทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมายและลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น
	๔. ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- การทดสอบ และประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุง โดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเขียนรายงาน การทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์
	๕. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย	- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ โลหะ พลาสติก จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้เรื่องกลไก ไฟฟ้า

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		อิเล็กทรอนิกส์เช่น LED บัชเซอร์มอเตอร์วงจรไฟฟ้า - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงานหรือพัฒนา วิธีการมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา
ม.๒	๑. คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผล ต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและ วิเคราะห์ เปรียบเทียบตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม	- สาเหตุหรือปัจจัยต่างๆ เช่น ความก้าวหน้าของ ศาสตร์ต่างๆ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ทำให้เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลง ตลอดเวลา - เทคโนโลยีแต่ละประเภทมีผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงต้อง วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และตัดสินใจ เลือกใช้ให้เหมาะสม
	๒. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชน หรือ ท้องถิ่น สรุปรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	- ปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่นมีหลาย อย่างขึ้นกับบริบทหรือสถานการณ์ที่ประสบเช่น ด้าน พลังงาน สิ่งแวดล้อม การเกษตร การอาหาร - การระบุปัญหาจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ สถานการณ์ของปัญหาเพื่อสรุปรอบของปัญหาแล้ว ดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูล ความรู้ จากศาสตร์ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการ แก้ปัญหา
	๓. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูล ที่เป็นไปได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทาง การแก้ปัญหาให้ผู้ เข้าใจวางแผนขั้นตอนการทำงานและ ดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	- การวิเคราะห์ เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูล ที่เป็นไปได้เงื่อนไขและทรัพยากรเช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูล และสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ ช่วยให้ได้ว่าแนวทางการแก้ปัญหา ที่เหมาะสม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลาย วิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพการเขียนผัง งาน -การกำหนดขั้นตอนระยะเวลาในการทำงานก่อน ดำเนินการแก้ปัญหาก็จะช่วยให้การทำงานสำเร็จ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๔. ทดสอบ ประเมินผลและอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา	เป้าหมายและลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น - การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงให้สามารถแก้ไขปัญหาคได้ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเขียนรายงาน การทำแผ่นนำเสนอผลงานการจัดนิทรรศการ
	๕. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย	- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกันเช่น ไม้ โลหะ พลาสติก จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติ เพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้ เรื่องกลไกไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์เช่น LED มอเตอร์ บัสเซอร์ เฟือง รอก ล้อ เพลา - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการมีหลายประเภทต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา
ม.๓	๑. วิเคราะห์สาเหตุ หรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	- เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีสาเหตุหรือปัจจัยมาจากหลายด้าน เช่น ปัญหาหรือความต้องการของมนุษย์ ความก้าวหน้าของศาสตร์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม - เทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ โดยวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานความรู้ ที่นำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยี และเทคโนโลยีที่ได้สามารถเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ค้นคว้า เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่
	๒. ระบุปัญหาหรือความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่น เพื่อพัฒนางานอาชีพ สรุปร	

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	กรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา	- ปัญหาหรือความต้องการอาจพบได้ในงานอาชีพของชุมชนหรือท้องถิ่น ซึ่งอาจมีหลายด้าน เช่น ด้านการเกษตร อาหาร พลังงาน การขนส่ง - การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาได้ชัดเจน จากนั้นดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูล ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา
	๓. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์และทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ ด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	- การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา เงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - เทคนิคหรือวิธีการในการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหามีหลากหลาย เช่น การใช้แผนภูมิ ตาราง ภาพเคลื่อนไหว - การกำหนดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหาคือช่วยให้การทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น
	๔. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้ กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่า สามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุง โดยอาจทดสอบซ้ำ เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาคือ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		การเขียนรายงานการทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์
	๕. ใช้ความรู้ และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้ถูกต้องกับลักษณะของงาน และปลอดภัย เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ โลหะ พลาสติก เซรามิก จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้ เรื่องกลไก ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เช่น LED LDR มอเตอร์ เฟือง คาน รอก ล้อ เพลา - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา
ม.๔	๑. วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะ วิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้ง ประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี	- ระบบทางเทคโนโลยี เป็นกลุ่มของส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่สองส่วนขึ้นไปประกอบเข้าด้วยกันและทำงานร่วมกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยในการทำงานของระบบทางเทคโนโลยีจะประกอบไปด้วยตัวป้อน (input) กระบวนการ (process) และผลผลิต (output) ที่สัมพันธ์กันนอกจากนี้ระบบทางเทคโนโลยีอาจมีข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เพื่อใช้ปรับปรุงการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยระบบทางเทคโนโลยีอาจมี ระบบย่อยหลายระบบ (sub-systems) ที่ทำงาน สัมพันธ์กันอยู่ และหากระบบย่อยใดทำงานผิดพลาดจะส่งผลต่อการทำงานของระบบอื่นด้วย - เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ตั้งแต่ อดีต จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีสาเหตุหรือปัจจัยมาจากหลายด้าน เช่น ปัญหา ความต้องการความก้าวหน้าของศาสตร์ต่าง ๆ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม
	๒. ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มี	- ปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม เช่น ปัญหาด้านการเกษตร อาหารพลังงาน การขนส่ง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	ความซับซ้อน เพื่อสังเคราะห์วิธีการเทคนิคในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา	สุขภาพและการแพทย์ การบริการ ซึ่งแต่ละด้านอาจมีได้หลากหลายปัญหา - การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยอาจใช้เทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย ช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาได้ชัดเจนจากนั้น ดำเนินการสืบค้นรวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา
ม.๔	๓. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอ แนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย ๔. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไขหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด	- การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น โดยคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา เงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณเวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม - การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอ มีหลากหลายชนิดจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับงาน - การกำหนดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการโดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบวางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา ปัญหาจะช่วยให้การทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมายและลดข้อผิดพลาดของ การทำงานที่อาจเกิดขึ้น - การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตาม วัตถุประสงค์ ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุง โดยอาจ ทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน และชิ้นงานหรือ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๕. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหา หรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัย	วิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้ หลายวิธี เช่น การทำแผ่น นำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ การนำเสนอผ่าน สื่อออนไลน์หรือ การนำเสนอต่อภาคธุรกิจเพื่อการ พัฒนาต่อยอดสู่งานอาชีพ- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติ แตกต่างกัน เช่น ไม้สังเคราะห์ โลหะ จึงต้องมีการ วิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของ งาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้เรื่องกลไกไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เช่น LDR sensor เพื่อ รอกคาน วงจรสำเร็จรูป - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน หรือ พัฒนา วิธีการมีหลายประเภทต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา
ม.๔	๑. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	- การทำโครงการเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะ จากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการสร้างหรือ พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อแก้ปัญหาหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน - การทำโครงการการออกแบบและเทคโนโลยี สามารถ ดำเนินการได้ โดยเริ่มจากการสำรวจ สถานการณ์ปัญหา ที่สนใจ เพื่อกำหนดหัวข้อโครงการ แล้วรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบแนวทางการ แก้ปัญหา วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหาทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา
ม.๕	-	-
ม.๖		

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๔.๒ เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็น ขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๑	๑. แก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้การลองผิดลองถูก การเปรียบเทียบ	- การแก้ปัญหาให้ประสบความสำเร็จทำได้โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา - ปัญหาอย่างง่าย เช่น เกมเขาวงกต เกมหาจุดแตกต่างของภาพ การจัดหนังสือใส่กระเป๋า
	๒. แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์หรือข้อความ	- การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา ทำได้โดยการเขียนบอกเล่า วาดภาพหรือใช้สัญลักษณ์ - ปัญหาอย่างง่าย เช่น เกมเขาวงกต เกมหาจุดแตกต่างของภาพ การจัดหนังสือใส่กระเป๋า
	๓. เขียนโปรแกรมอย่างง่ายโดยใช้ซอฟต์แวร์หรือสื่อ	- การเขียนโปรแกรมเป็นการสร้างลำดับของคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น เขียนโปรแกรมสั่งให้ตัวละครย้ายตำแหน่ง ย่อขยายขนาด เปลี่ยนรูปร่าง - ซอฟต์แวร์หรือสื่อที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น ใช้บัตรคำสั่งแสดงการเขียนโปรแกรม, Code.org
	๔. ใช้เทคโนโลยีในการสร้างจัดเก็บ เรียกใช้ข้อมูลตามวัตถุประสงค์	- การใช้งานอุปกรณ์เทคโนโลยีเบื้องต้น เช่น การใช้เมาส์ คีย์บอร์ด จอสัมผัส การเปิด-ปิด อุปกรณ์เทคโนโลยี - การใช้งานซอฟต์แวร์เบื้องต้น เช่น การเข้าและ ออกจากโปรแกรม การสร้างไฟล์ การจัดเก็บ การเรียกใช้ไฟล์ ทำได้ในโปรแกรม เช่น โปรแกรม ประมวลคำ โปรแกรมกราฟิก โปรแกรมนำเสนอ - การสร้างและจัดเก็บไฟล์อย่างเป็นระบบจะทำให้เรียกใช้ ค้นหาข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
	๕. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ปฏิบัติ ตามข้อตกลงในการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกันดูแล รักษาอุปกรณ์เบื้องต้น ใช้งานอย่างเหมาะสม	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น รู้จักข้อมูลส่วนตัว อันตรายจากการเผยแพร่ ข้อมูลส่วนตัว และไม่บอกข้อมูลส่วนตัวกับบุคคลอื่นยกเว้นผู้ปกครอง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		หรือครูแจ้งผู้เกี่ยวข้อง เมื่อต้องการความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้งาน - ข้อปฏิบัติในการใช้งานและการดูแลรักษาอุปกรณ์ เช่น ไม่ขีดเขียนบนอุปกรณ์ ทำความสะอาด ใช้อุปกรณ์อย่างถูกวิธี - การใช้งานอย่างเหมาะสม เช่น จัดทำนั่งให้ถูกต้อง การพักสายตาเมื่อใช้อุปกรณ์เป็นเวลานาน ระมัดระวังอุบัติเหตุจากการใช้งาน
ป.๒	๑. แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์หรือข้อความ	- การแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาทำได้โดยการเขียนบอกเล่า วาดภาพ หรือใช้สัญลักษณ์ - ปัญหาอย่างง่าย เช่น เกมตัวต่อ ๖-๑๒ ชิ้น การแต่งตัวมาโรงเรียน
	๒. เขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม	- ตัวอย่างโปรแกรม เช่น เขียนโปรแกรมสั่งให้ตัวละครทำงานตามที่ต้องการและตรวจสอบข้อผิดพลาดปรับแก้ไขให้ได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนด - การตรวจหาข้อผิดพลาดทำได้โดยตรวจสอบคำสั่งที่แจ้งข้อผิดพลาดหรือหากผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่ต้องการให้ตรวจสอบการทำงานทีละคำสั่ง - ซอฟต์แวร์หรือสื่อที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น ใช้บัตรคำสั่งแสดงการเขียนโปรแกรม, Code.org
	๓. ใช้เทคโนโลยีในการสร้าง จัดหมวดหมู่ ค้นหา จัดเก็บ เรียกใช้ข้อมูลตามวัตถุประสงค์	- การใช้งานซอฟต์แวร์เบื้องต้น เช่น การเข้าและออกจากโปรแกรม การสร้างไฟล์ การจัดเก็บ การเรียกใช้ไฟล์ การแก้ไขตกแต่งเอกสารทำได้ในโปรแกรม เช่น โปรแกรมประมวลคำ โปรแกรมกราฟิก โปรแกรมนำเสนอ - การสร้าง คัดลอก ย้าย ลบ เปลี่ยนชื่อ จัดหมวดหมู่ไฟล์และโฟลเดอร์อย่างเป็นระบบจะทำให้ เรียกใช้ ค้นหาข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
	๔. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้คอมพิวเตอร์	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น รู้จักข้อมูลส่วนตัว อันตรายจากการเผยแพร่ ข้อมูลส่วนตัว

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	ร่วมกัน ดูแล รักษาอุปกรณ์เบื้องต้นใช้งานอย่างเหมาะสม	และไม่บอกข้อมูลส่วนตัวกับบุคคล อื่นยกเว้นผู้ปกครองหรือครูแจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อ ต้องการความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้งาน
		ช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้งาน - ข้อปฏิบัติในการใช้งานและการดูแลรักษาอุปกรณ์ เช่น ไม่ขีดเขียนบนอุปกรณ์ ทำความสะอาด ใช้ อุปกรณ์อย่างถูกวิธี - การใช้งานอย่างเหมาะสม เช่น จัดทำนั่งให้ถูกต้อง การพักสายตาเมื่อใช้อุปกรณ์เป็นเวลานาน ระมัดระวังอุบัติเหตุจากการใช้งาน
ป.๓	๑. แสดงอัลกอริทึมในการทำงานหรือการแก้ไขปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพ สัญลักษณ์ หรือข้อความ	- อัลกอริทึมเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา - การแสดงอัลกอริทึม ทำได้โดยการเขียน บอกเล่า วาดภาพหรือใช้สัญลักษณ์ - ตัวอย่างปัญหา เช่น เกมเศรษฐี เกมบันไดงู เกม Tetris เกม OX การเดินไปโรงอาหาร การทำความสะอาดห้องเรียน
	๒. เขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์ หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม	- การเขียนโปรแกรมเป็นการสร้างลำดับของคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น เขียนโปรแกรมที่สั่งให้ตัวละครทำงานซ้ำไม่สิ้นสุด - การตรวจหาข้อผิดพลาด ทำได้โดยตรวจสอบคำสั่งที่แจ้งข้อผิดพลาด หรือหากผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่ต้องการให้ตรวจสอบการทำงานที่ละคำสั่ง - ซอฟต์แวร์หรือสื่อที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น ใช้ บัตรคำสั่งแสดงการเขียนโปรแกรม, Code.org
	๓. ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้	- อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ช่วยให้การติดต่อสื่อสารทำได้สะดวกและรวดเร็วและเป็นแหล่งข้อมูลความรู้ที่ช่วยในการเรียนและการดำรงชีวิต - เว็บเบราว์เซอร์เป็นโปรแกรมสำหรับอ่านเอกสารบนเว็บเพจ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต ทำได้โดยใช้เว็บไซต์สำหรับสืบค้น และต้องกำหนดคำค้นที่เหมาะสมจึงจะได้ข้อมูลตามต้องการ - ข้อมูลความรู้ เช่น วิธีทำอาหาร วิธีพับกระดาษ เป็นรูปต่างๆ ข้อมูลประวัติศาสตร์ชาติไทย (อาจเป็นความรู้ในวิชาอื่นๆ หรือเรื่องที่เป็นประเด็นที่สนใจในช่วงเวลานั้น) - การใช้อินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัยควรอยู่ในการดูแลของครู หรือผู้ปกครอง
	๔. รวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ตามวัตถุประสงค์	- การรวบรวมข้อมูล ทำได้โดยกำหนดหัวข้อที่ต้องการเตรียมอุปกรณ์ในการจดบันทึก - การประมวลผลอย่างง่าย เช่น เปรียบเทียบจัดกลุ่มเรียงลำดับ - การนำเสนอข้อมูลทำได้หลายลักษณะตามความเหมาะสม เช่น การบอกเล่า การทำเอกสาร รายงาน การจัดทำป้ายประกาศ - การใช้ซอฟต์แวร์ทำงานตามวัตถุประสงค์ เช่น ใช้ซอฟต์แวร์นำเสนอ หรือซอฟต์แวร์ประมวลคำทำป้ายประกาศหรือเอกสารรายงาน ใช้ซอฟต์แวร์ตารางทำงานในการประมวลผลข้อมูล
	๕. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้อินเทอร์เน็ต	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น ปกป้องข้อมูลส่วนตัว - ขอความช่วยเหลือจากครูหรือผู้ปกครอง เมื่อเกิดปัญหาจากการใช้งาน เมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ทำให้ไม่สบายใจ - การปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้อินเทอร์เน็ตทำให้ไม่เกิดความเสียหายต่อตนเองและผู้อื่นเสียหายหรือเสียใจ - ข้อดีและข้อเสียในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.๔	๑. ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การอธิบายการทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์จากปัญหาอย่างง่าย	การใช้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นการนำกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่ครอบคลุมทุกกรณีมาใช้ในการแก้ปัญหา การอธิบายการทำงาน หรือการคาดการณ์ผลลัพธ์ - สถานะเริ่มต้นของการทำงานที่แตกต่างกันจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน
		- ตัวอย่างปัญหา เช่น เกม OX โปรแกรมที่มีการคำนวณ โปรแกรมที่มีตัวละครหลายตัวและมีการสั่งงานที่แตกต่างหรือการสื่อสารระหว่างกัน การเดินทางไปโรงเรียน โดยวิธีการต่าง
	๒. ออกแบบ และเขียนโปรแกรมอย่างง่าย โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือสื่อ และตรวจหาข้อผิดพลาดและแก้ไข	- การออกแบบโปรแกรมอย่างง่าย เช่น การออกแบบโดยใช้ storyboard หรือการออกแบบอัลกอริทึม - การเขียนโปรแกรมเป็นการสร้างลำดับของคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามความต้องการ หากมีข้อผิดพลาดให้ตรวจสอบการทำงานที่ละคำสั่ง เมื่อพบจุดที่ทำให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง - ตัวอย่างโปรแกรมที่มีเรื่องราว เช่น นิทานที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้ การตุนสั้น เล่ากิจวัตรประจำวัน ภาพเคลื่อนไหว - การฝึกตรวจหาข้อผิดพลาดจากโปรแกรมของผู้อื่น จะช่วยพัฒนาทักษะการหาสาเหตุของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch, logo
	๓. ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาความรู้ และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล	- การใช้คำค้นที่ตรงประเด็น กระชับ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและตรงตามความต้องการ - การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น พิจารณาประเภทของเว็บไซต์ (หน่วยงานราชการสำนักข่าว องค์กร) ผู้เขียน วันที่เผยแพร่ข้อมูลการอ้างอิง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการจากเว็บไซต์ต่างๆ จะต้องนำเนื้อหามาพิจารณา เปรียบเทียบ แล้วเลือกข้อมูลที่มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน - การทำรายงานหรือการนำเสนอข้อมูลจะต้องนำข้อมูลมาเรียบเรียง สรุป เป็นภาษาของตนเองที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายและวิธีการนำเสนอ (บูรณาการกับวิชาภาษาไทย)
	๔. รวบรวม ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	- การรวบรวมข้อมูล ทำได้โดยกำหนดหัวข้อที่ต้องการเตรียมอุปกรณ์ในการจัดบันทึก - การประมวลผลอย่างง่าย เช่น เปรียบเทียบจัดกลุ่มเรียงลำดับ การหาผลรวม - วิเคราะห์ผลและสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ประเมินทางเลือก (เปรียบเทียบ ตัดสิน) - การนำเสนอข้อมูลทำได้หลายลักษณะตามความเหมาะสม เช่น การบอกเล่า เอกสารรายงาน โปสเตอร์ โปรแกรมนำเสนอ - การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เช่น การสำรวจเมนูอาหารกลางวันโดยใช้ซอฟต์แวร์สร้างแบบสอบถามและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและสร้างรายการอาหารสำหรับ ๕ วัน ใช้ซอฟต์แวร์นำเสนอผลการสำรวจรายการอาหารที่เป็นทางเลือกและข้อมูลด้านโภชนาการ
	๕. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แะผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น เช่น ไม่สร้างข้อความเท็จและส่งให้ผู้อื่น ไม่สร้างความเดือดร้อนต่อผู้อื่นโดยการส่งสแปมข้อความลูกโซ่ ส่งต่อโพสต์ที่มีข้อมูลส่วนตัวของผู้อื่นส่งคำเชิญเล่นเกมไม่เข้าถึงข้อมูลส่วนตัวหรือการบ้านของบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์/ชื่อบัญชีของผู้อื่น - การสื่อสารอย่างมีมารยาทและรู้กาลเทศะ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		การปกป้องข้อมูลส่วนตัว เช่น การออกจากระบบเมื่อเลิกใช้งาน ไม่บอกรหัสผ่าน ไม่บอกเลขประจำตัวประชาชน
ป.๕	๑. ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การอธิบายการทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์จากปัญหาอย่างง่าย	- การใช้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นการนำกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่ครอบคลุมทุกกรณีมาใช้พิจารณาในการแก้ปัญหา การอธิบายการทำงาน หรือการคาดการณ์ผลลัพธ์ - สถานะเริ่มต้นของการทำงานที่แตกต่างกันจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน
ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- ตัวอย่างปัญหา เช่น เกม Sudoku โปรแกรมทำนายตัวเลข โปรแกรมสร้างรูปเรขาคณิตตามค่าข้อมูลเข้า การจัดลำดับการทำงานบ้านในช่วงวันหยุด จัดวางของในครัว
	๒. ออกแบบ และเขียนโปรแกรมที่มีการใช้เหตุผลเชิงตรรกะอย่างง่าย ตรวจสอบข้อผิดพลาดและแก้ไข	- การออกแบบโปรแกรมสามารถทำได้โดยเขียนข้อความหรือผังงาน - การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีการตรวจสอบเงื่อนไขครอบคลุมทุกกรณีเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามความต้องการ - หากมีข้อมูลที่ผิดพลาดให้ตรวจสอบการทำงานทีละคำสั่ง เมื่อพบจุดที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง - การฝึกตรวจหาข้อผิดพลาดจากโปรแกรมของผู้อื่นๆ จะช่วยพัฒนาทักษะการหาสาเหตุของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น โปรแกรมตรวจสอบเลขคู่เลขี่ โปรแกรมรับข้อมูลน้ำหนักหรือส่วนสูงแล้วแสดงผลความสมส่วนของร่างกาย โปรแกรมสั่งให้ตัวละครทำตามเงื่อนไขที่กำหนด - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น scratch, logo

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๓.ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาข้อมูล ติดต่อสื่อสาร และทำงานร่วมกัน ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล	- การค้นหาข้อมูลในอินเทอร์เน็ต และพิจารณาผลการค้นหา - การติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น อีเมล บล็อก โปรแกรมสนทนา - การเขียนจดหมาย (บูรณาการกับวิชาภาษาไทย) - การใช้อินเทอร์เน็ตในการติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกัน เช่น ใช้นัดหมายในการประชุมกลุ่ม - ประชาสัมพันธ์กิจกรรมในห้องเรียน การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นในการเรียน ภายใต้การดูแลของครู - การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น เปรียบเทียบความสอดคล้อง สมบูรณ์ของข้อมูลจากหลายแหล่ง แหล่งต้นตอของข้อมูล ผู้เขียน วันที่เผยแพร่ข้อมูล - ข้อมูลที่ดีต้องมีรายละเอียดครบทุกด้าน เช่น ข้อดีและข้อเสีย ประโยชน์และโทษ
	๔. รวบรวม ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศตามวัตถุประสงค์โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	- การรวบรวมข้อมูล ประมวลผล สร้างทางเลือก ประเมินผล จะทำให้ได้สารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลายในการรวบรวม ประมวลผลสร้างทางเลือก ประเมินผลนำเสนอ จะช่วยให้การแก้ปัญหาทำได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ - ตัวอย่างปัญหา เช่น ถ่ายภาพ และสำรวจแผนที่ในท้องถิ่นเพื่อนำเสนอแนวทางในการจัดการพื้นที่ว่างให้เกิดประโยชน์ ทำแบบสำรวจความคิดเห็นออนไลน์ และวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูลโดยใช้ blog หรือ web page

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	๕.ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย มีมารยาท เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	- อันตรายจากการใช้งานและอาชญากรรมทางอินเทอร์เน็ต - มารยาทในการติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต(บุรณการกับวิชาที่เกี่ยวข้อง)
ป.๖	๑.ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน	- การแก้ไขปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การใช้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นการนำเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่ครอบคลุมทุกกรณีใช้พิจารณาในการแก้ไขปัญหา - แนวคิดของการทำงานแบบวนซ้ำ และเงื่อนไข - การพิจารณากระบวนการทำงานที่มีการทำงานแบบวนซ้ำหรือเงื่อนไขเป็นวิธีการที่ช่วยให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ - ตัวอย่างปัญหา เช่น การค้นหาเลขหน้าที่ต้องการให้เร็วที่สุด การทายเลข ๑-๑,๐๐๐,๐๐๐ โดยตอบให้ถูกภายใน ๒๐ คำถาม การคำนวณเวลาในการเดินทาง โดยคำนึงถึงระยะทางเวลาจุดหยุดพัก
	๒.ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตรวจสอบข้อผิดพลาดของคโปรแกรมและแก้ไข	- การออกแบบโปรแกรมสามารถทำได้โดยการเขียนเป็นข้อความหรือผังงาน - การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีการใช้ตัวแปรการวนซ้ำ การตรวจสอบเงื่อนไข - หากมีข้อผิดพลาดให้ตรวจสอบการทำงานที่ละคำสั่งเพื่อทำให้จุดที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง ให้ทำการแก้ไขจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง - การฝึกตรวจหาข้อผิดพลาดจากโปรแกรมของผู้อื่นจะช่วยพัฒนาทักษะการหาสาเหตุของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น โปรแกรมเกม โปรแกรมหาค่า ค.ร.น. เกมฝึกพิมพ์ - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		scratch, logo
	๓.ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ	- การค้นหาอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการค้นหาข้อมูลที่ได้ตรงตามความต้องการในเวลาที่รวดเร็วจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหลายแหล่ง และข้อมูลมีความสอดคล้องกัน - การใช้เทคนิคค้นหาขั้นสูง เช่น การใช้ตัวดำเนินการการระบุรูปแบบของข้อมูลหรือชนิดของไฟล์ - การจัดลำดับผลลัพธ์จากการค้นหาของโปรแกรมค้นหา - การเรียบเรียง สรุปสาระสำคัญ
	๔.ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัย เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตนเอง เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสม	- อันตรายจากการใช้งานและอาชญากรรมทางอินเทอร์เน็ต แนวทางในการป้องกัน - วิธีกำหนดรหัสผ่าน - การกำหนดสิทธิ์การใช้งาน (สิทธิ์ในการเข้าถึง) - แนวทางการตรวจสอบและป้องกันมัลแวร์ - อันตรายจากการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต
ม.๑	๑. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงนามธรรมเพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายการทำงานที่พบในชีวิตจริง	- แนวคิดเชิงนามธรรมเป็นการประเมินความสำคัญของรายละเอียดของปัญหา แยกแยะส่วนที่เป็นสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่ใช่สาระสำคัญ - ตัวอย่างปัญหา เช่น ต้องการปูหญ้าในสนามตามพื้นที่ที่กำหนด โดยหญ้าหนึ่งผืนมีความกว้าง ๕๐ เซนติเมตร ยาว ๕๐ เซนติเมตร จะใช้หญ้าทั้งหมดกี่ผืน
	ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์	- การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีการใช้ตัวแปรเงื่อนไข วนซ้ำ - การออกแบบอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์อย่างง่าย อาจใช้แนวคิดเชิงนามธรรมในการออกแบบ เพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch, python, java, c - ตัวอย่างโปรแกรม เช่น โปรแกรมสมการ การเคลื่อนที่ โปรแกรมคำนวณหาพื้นที่โปรแกรม คำนวณดัชนีมวลกาย
	๓. รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิประมวลผล ประเมินผลนำเสนอข้อมูล และสารสนเทศ ตามวัตถุประสงค์โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย	- การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ประมวลผล สร้างทางเลือก ประเมินผล จะทำให้ได้สารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การประมวลผลเป็นการกระทำกับข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความหมายและมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น คำนวณอัตราส่วน คำนวณค่าเฉลี่ย - การใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลายในการรวบรวม ประมวลผลสร้างทางเลือก ประเมินผล นำเสนอ จะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ - ตัวอย่างปัญหา เน้นการบูรณาการกับวิชาอื่นเช่น คณิต ให้ตรงกับพฤติกรรมผู้บริโภค ค่าดัชนี มวลกายของคนในท้องถิ่น การสร้างกราฟผล การทดลองและวิเคราะห์แนวโน้ม
	๔. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ใช้สื่อและแหล่งข้อมูลตามข้อกำหนดและข้อตกลง	- ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น การปกป้องความเป็นส่วนตัวส่วนตัวและอัตลักษณ์ - การจัดการอัตลักษณ์เช่น การตั้งรหัสผ่าน การปกป้องข้อมูลส่วนตัว - การพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา เช่น ละเมิด ความเป็นส่วนตัวผู้อื่น อนาคต วิจารณ์ผู้อื่นอย่าง ทยายบาย

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- ข้อตกลง ข้อกำหนดในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น Creative commons
ม.๒	๑. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่พบในชีวิตจริง	- แนวคิดเชิงคำนวณ - การแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ - ตัวอย่างปัญหาเช่น การเข้าแถวตามลำดับ ความสูงให้เร็วที่สุด จัดเรียงสื่อให้หาได้ง่ายที่สุด
	๒. ออกแบบและเขียนโปรแกรมที่ใช้ตรรกะและฟังก์ชันในการแก้ปัญหา	- ตัวดำเนินการบูลีน - ฟังก์ชัน - การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีการใช้ตรรกะและฟังก์ชัน - การออกแบบอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาอาจใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการออกแบบเพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ - การแก้ปัญหาย่อยเป็นขั้นตอนจะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch , python , java , c - ตัวอย่างโปรแกรมเช่น โปรแกรมตัดเกรดหาคำตอบทั้งหมดของสมการหลายตัวแปร
	๓. อภิปรายองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร เพื่อประยุกต์ใช้งานหรือแก้ปัญหาเบื้องต้น	- องค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ - เทคโนโลยีการสื่อสาร - การประยุกต์ใช้งานและการแก้ปัญหาเบื้องต้น
	๔. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัยมีความรับผิดชอบสร้างและแสดงสิทธิในการเผยแพร่ผลงาน	- ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัยโดยเลือกแนวทางปฏิบัติเมื่อพบเนื้อหาที่ไม่เหมาะสม เช่น แจ้งรายงานผู้เกี่ยวข้อง ป้องกันการเข้ามาของข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ไม่ตอบโต้ ไม่เผยแพร่ - การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ เช่น ตระหนักถึงผลกระทบในการเผยแพร่ข้อมูล - การสร้างและแสดงสิทธิความเป็นเจ้าของผลงาน - การกำหนดสิทธิการใช้ข้อมูล

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.๓	๑. พัฒนาแอปพลิเคชันที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์	- ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน - Internet of Things (IoT) - ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน เช่น Scratch, python, java, c, Applinventor - ตัวอย่างแอปพลิเคชัน เช่น โปรแกรมแปลงสกุลเงิน โปรแกรมผันเสียงวรรณยุกต์ โปรแกรมจำลองการแบ่งเซลล์ ระบบรดน้ำอัตโนมัติ
	๒. รวบรวมข้อมูล ประมวลผล ประเมินผล นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศตามวัตถุประสงค์ โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย	- การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ประมวลผล สร้างทางเลือก ประเมินผล จะทำให้ได้สารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา หรือการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การประมวลผลเป็นการกระทำกับข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความหมายและมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน - การใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลายในการรวบรวม ประมวลผล สร้างทางเลือก ประเมินผล นำเสนอ จะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ - ตัวอย่างปัญหา เช่น การเลือกโปรโมชั่นโทรศัพท์ที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน สินค้าเกษตรที่ต้องการ และสามารถปลูกได้ในสภาพดินของท้องถิ่น
	๓. ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล วิเคราะห์สื่อและผลกระทบจากการให้ข่าวสารที่ผิด เพื่อการใช้งานอย่างรู้เท่าทัน	- การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น ตรวจสอบและยืนยันข้อมูล โดยเทียบเคียงจากข้อมูลหลายแหล่ง แยกแยะข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น หรือใช้ PROMPT - การสืบค้น หาแหล่งต้นตอของข้อมูล - เหตุผลวิบัติ (logical fallacy) - ผลกระทบจากข่าวสารที่ผิดพลาด - การรู้เท่าทันสื่อ เช่น การวิเคราะห์ถึงจุดประสงค์ของข้อมูลและผู้ให้ข้อมูล ตีความ แยกแยะเนื้อหาสาระ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ของสื่อ เลือกแนวปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม เมื่อพบข้อมูลต่าง ๆ
	๔. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย และมีความรับผิดชอบต่อสังคม ปฏิบัติตามกฎหมายเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ใช้ลิขสิทธิ์ของผู้อื่นโดยชอบธรรม	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เช่น การทำธุรกรรมออนไลน์ การซื้อสินค้า ซอฟต์แวร์ ค่าบริการสมาชิก ซื่อโอเพ่น - การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบต่อสังคม ไม่สร้างข่าวลวง ไม่แชร์ข้อมูลโดยไม่ตรวจสอบข้อเท็จจริง - กฎหมายเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ - การใช้ลิขสิทธิ์ของผู้อื่นโดยชอบธรรม (fair use)
ม.๔	๑. ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการพัฒนาโครงการที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์ และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	- การพัฒนาโครงการ - การนำแนวคิดเชิงคำนวณไปพัฒนาโครงการที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน เช่น การจัดการพลังงานอาหาร การเกษตร การตลาด การค้าขาย การทำธุรกรรม สุขภาพและสิ่งแวดล้อม - ตัวอย่างโครงการ เช่น ระบบดูแลสุขภาพ ระบบอัตโนมัติควบคุมการปลูกพืช ระบบจัดเส้นทาง การขนส่งผลผลิต ระบบแนะนำการใช้งานห้องสมุดที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล
ม.๕	๑. รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยี สารสนเทศในการแก้ปัญหาหรือเพิ่มมูลค่า ให้กับบริการหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตจริง อย่างสร้างสรรค์	- การนำความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล และเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้แก้ปัญหา กับชีวิตจริง - การเพิ่มมูลค่าให้บริการหรือผลิตภัณฑ์ - การเก็บข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูลให้พร้อมกับการประมวลผล - การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ - การประมวลผลข้อมูลและเครื่องมือ - การทำข้อมูลให้เป็นภาพ (data visualization) เช่น bar chart, scatter, histogram - การเลือกใช้แหล่งข้อมูล เช่น data.go.th, wolfram alpha, OECD.org, ตลาดหลักทรัพย์, world economic forum

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- คุณค่าของข้อมูลและกรณีศึกษา - กรณีศึกษาและวิธีการแก้ปัญหา - ตัวอย่างปัญหา เช่น ● รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ดึงดูดความสนใจ และ ตรงตามความต้องการผู้ใช้ในแต่ละประเภท ● การกำหนดตำแหน่งป้ายรถเมล์เพื่อลดเวลาเดินทางและปัญหาการจราจร ● สำรวจความต้องการรับประทานอาหารในชุมชน และเลือกขายอาหารที่จะได้กำไรสูงสุด ออกแบบรายการอาหาร ๗ วันสำหรับผู้ป่วย เบาหวาน
ม.๖	๑. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอ และแบ่งปันข้อมูลอย่างปลอดภัย มีจริยธรรม และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม	- การนำเสนอและแบ่งปันข้อมูล เช่น การเขียน บล็อก อีเมล วิดีโอ ภาพอินโฟกราฟิก - การนำเสนอและแบ่งปันข้อมูลอย่างปลอดภัยเช่น ระวังผลกระทบที่ตามมา เมื่อมีการแบ่งปันข้อมูล หรือเผยแพร่ข้อมูล ไม่สร้างความเดือดร้อนต่อตนเอง และผู้อื่น - จริยธรรมในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ - เทคโนโลยีเกิดใหม่ แนวโน้มในอนาคตการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี - นวัตกรรมหรือเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับชีวิตประจำวัน - อาชีพเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ - ผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศต่อการ ดำเนินชีวิต อาชีพ สังคมและวัฒนธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นี้ ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหา ที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

๑. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐานและผลการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

๒. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง เช่น

- เรื่องสารชีวโมเลกุล เดิมเรียนทั้งในสาระชีววิทยาและเคมี ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระชีววิทยา
- เรื่องปิโตรเลียม เดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ
- เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล ไอโซโทปกัมมันตรังสี ได้พิจารณาแล้วจัดให้ เรียนในสาระเคมี และเรื่องพลังงานนิวเคลียร์ จัดให้เรียนในสาระฟิสิกส์ เนื่องจากเดิมเนื้อหาเหล่านี้ทับซ้อนกันใน สาระเคมีและฟิสิกส์
- เรื่องการทดลองของทอมสัน และการทดลองของมิลลิกาน เดิมเรียนทั้งในสาระเคมี และฟิสิกส์ได้ พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี

๓. ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น

- เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา ได้ปรับให้สาระการเรียนรู้ เนื้อหา และ กิจกรรมมีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียน
- เรื่องเทคโนโลยีอวกาศ การเกิดลม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก พายุ และมรสุม ได้มี การปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหาและกิจกรรม เรียนต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมศึกษา ตอนต้นไปสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อไม่ให้ซ้อนทับกัน

๔. ลดทอนเนื้อหาที่ยาก เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

๕. มีการเพิ่มเนื้อหาต่าง ๆ ที่มีความทันสมัยสอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคตมากขึ้น เช่น เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา เรื่องทักษะและความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมีวัฏจักรและการแก้ปัญหาที่เน้นการบูรณาการในสาระเคมี เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสมกับสังคมและเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบัน รวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค เพื่อความสอดคล้องกับความก้าวหน้าของวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ถึงแม้ว่าสถานศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความเหมาะสมและตามจุดเน้นของสถานศึกษาแต่ในแนวทางปฏิบัติสถานศึกษาควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนทุกสาระเพื่อให้มีความรอบรู้พอในการนำไปใช้เพื่อการศึกษาต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาของวิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศที่สถานศึกษามักมองข้ามความสำคัญของการเรียนสาระนี้ ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อมาช่วยในการอธิบายและเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ทั้งการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลก การเปลี่ยนแปลงภายในโลกและการเปลี่ยนแปลงทางลมฟ้าอากาศ ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดดังกล่าวล้วนส่งผลซึ่งกันและกัน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตด้วยและที่สำคัญคือความรู้ในวิชานี้ สามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อเพื่อประกอบอาชีพในหลาย ๆ ด้าน เช่น อาชีพที่เกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์ การเดินเรือ การบิน การเกษตร การศึกษาประวัติศาสตร์ วิศวกรรม อุตสาหกรรมน้ำมันเหมือง นักธรณีวิทยา นักอุตุนิยมวิทยา นักดาราศาสตร์ นักบินอวกาศ ดังนั้นพื้นฐานความรู้ทางวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ จะช่วยเปิดโอกาสทางด้านอาชีพที่หลากหลายให้กับผู้เรียน เพราะในอนาคตข้างหน้า

นอกจากมนุษย์จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่ตัวเองอาศัยอยู่แล้ว ยังต้องพัฒนาตนเองเพื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่นอกโลกเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

- ✧ ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่างๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- ✧ เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี
- ✧ ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่และพลังงาน ทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

๑. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

๒. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิด เกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

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

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียน สารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมี ไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะ ในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกลโมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

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

๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยางค์และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และ

ระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่ง ดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

คุณภาพผู้เรียน

ผู้เรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ มีคุณภาพดังนี้

- ❖ เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
- ❖ เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต กลุ่มแบคทีเรียโพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์
- ❖ เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร การลำเลียงอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด บทบาทของสาร ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้และการตอบสนองของพืช
- ❖ เข้าใจกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ได้แก่ การย่อยอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การเคลื่อนที่ การกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ระบบสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญเติบโต ฮอโมนและพฤติกรรมของสัตว์
- ❖ เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไข ปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- ❖ เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอน ในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มี ความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

- ❖ เข้าใจการเขียนและการตุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า
- ❖ เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยการคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุลและมวลสูตร ความสัมพันธ์ ของโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตร โมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และ ทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี
- ❖ เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัมและการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนและการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
- ❖ เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี
- ❖ เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้าน พลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก ไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ❖ เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพยุง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊สแนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค
- ❖ เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุและรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การ

แปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

❖ เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและผลของการหมุนเวียนของน้ำ ในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพ อากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้องปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ ลมฟ้าอากาศและการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ

❖ เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุภักัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบสุริยะสูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีอวกาศ ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบโดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือก ตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

❖ ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้ อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกว่าสฤ อุปกรณ์รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

❖ วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำ ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิค

วิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีหลักฐานรองรับ

❖ แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

❖ แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่น อย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการ ใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

❖ เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยี ประเภทต่าง ๆ และการพัฒนา เทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และ สิ่งแวดล้อม

❖ ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความ ชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

❖ แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้ คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

๑. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้	- สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหารและพลังงาน มีการเจริญเติบโต มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีการรักษาคุณภาพของร่างกาย มีการสืบพันธุ์ มีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ และมีการทำงาน ร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ สิ่งเหล่านี้จัดเป็นสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต - การจัดระบบในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ ได้แก่ เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบ อวัยวะและสิ่งมีชีวิต ตามลำดับ
	๒. อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้ง ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	- วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเริ่มจากการตั้งปัญหาหรือคำถาม ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล - การศึกษาสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยความรู้จากแขนงวิชาต่าง ๆ ของชีววิทยาและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง และควรคำนึงถึงชีวจริยธรรมและจรรยาบรรณ การใช้สัตว์ทดลอง
	๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต	- สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยธาตุและสารประกอบในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน มีสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดีเก็บความร้อนได้ดี และมีความจุความร้อนสูงซึ่งช่วยรักษาคุณภาพของเซลล์ได้ - ธาตุที่สิ่งมีชีวิตต้องการจะอยู่ในรูปของไอออนในมนุษย์และสัตว์ ธาตุจะช่วยให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ นอกจากนี้ใน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		กระดูก ฟัน และกล้ามเนื้อจะมีธาตุ เป็นองค์ประกอบด้วย
	๔. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญ ของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งตามขนาดโมเลกุลออกได้เป็น ๓ กลุ่ม คือ มอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์
	๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- โปรตีนมีกรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนและไนโตรเจน บางชนิดอาจมีธาตุฟอสฟอรัส เหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- ลิพิดประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์
	๗. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิก และความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	กรดนิวคลีอิกประกอบด้วย หน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟต น้ำตาลที่มีคาร์บอน ๕ อะตอมและเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ - กรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบของสารพันธุกรรม ทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม มี ๒ ชนิด คือ DNA และ RNA
	๘. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ๙. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยา เคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	- เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายใน เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย ปฏิกิริยาคายพลังงานและปฏิกิริยาดูดพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา - เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโปรตีน ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมี ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ ที่บริเวณจำเพาะ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ของเอนไซม์ที่เรียกว่า บริเวณเร่งถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างเข้ากับบริเวณเร่งได้ สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ - อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด-เบส และ ตัวยับยั้งเอนไซม์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
	๑๐. เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโออาศัยเลนส์ในการทำให้เกิดภาพขยาย - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้เกิดภาพขยาย โดยอาศัยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้ารวมลำอิเล็กตรอนซึ่งมีอยู่ด้วยกัน ๒ ชนิด คือชนิดส่องผ่านและชนิดส่องกราด - ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษา - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียด ซับซ้อน และราคาค่อนข้างสูง จึงควรใช้อย่างถูกวิธี มีการเก็บและดูแลรักษาที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน
	๑๑. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบายและระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ ๑๓. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส - ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือเยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในแบคทีเรีย สาหร่าย ฟังไจและพืช จะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง - โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ไซโทพลาซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยไซโทซอลและออร์แกเนลล์ - นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของ เซลล์ยูคาริโอต ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซึ่งภายในมี DNA RNA และโปรตีนบางชนิด
	๑๔. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต ๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	- สารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่การแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต กระบวนการเอกโซไซโทซิส กระบวนการเอนโดไซโทซิส - แก๊สต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ โดยออสโมซิส - ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้ จำเป็นต้องอาศัย โปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้น เข้าและออกจากเซลล์ เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต - แอกทีฟทรานสปอร์ตเป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง - สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ หรือลำเลียงผ่านโปรตีนที่เป็นตัวพาได้จะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส - สารที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส ซึ่งแบ่งเป็น ๓ แบบ ได้แก่ พิโนไซโทซิส ฟาโกไซโทซิสและการนำสาร เข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ
	๑๖. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบ	- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร โดยวัฏจักรของเซลล์ ประกอบด้วยอินเตอร์เฟส การ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	แบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและ การแบ่งไซโทพลาซึม - การแบ่งนิวเคลียสมี ๒ แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ประกอบด้วย ระยะ โพรเฟส เมทาเฟส แอานาเฟส และเทโลเฟส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสประกอบด้วย ระยะ โพรเฟส I เมทาเฟส I แอานาเฟส I เทโลเฟส I ระยะ โพรเฟส II เมทาเฟส II แอานาเฟส II และเทโลเฟส II - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสทำให้เซลล์ร่างกายเพิ่มจำนวนเพื่อการเจริญเติบโต และซ่อมแซม ส่วนที่สึกหรอหรือถูกทำลายไปได้ ส่วนการแบ่ง นิวเคลียสแบบไมโอซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ - การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืชจะมีการสร้าง แผ่นกั้นเซลล์และเซลล์สัตว์จะมีการคอดเว้าเข้าหากันของเยื่อหุ้มเซลล์
	๑๗. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ	- การหายใจระดับเซลล์เป็นการสลายสารอาหารที่มีพลังงานสูง โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับ อิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ประกอบด้วย ๓ ขั้นตอนคือ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการ ถ่ายทอดอิเล็กตรอน - การหายใจระดับเซลล์ พลังงานส่วนใหญ่ได้จาก ขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP - ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคลิซิส ผลที่ได้จากการหายใจในสภาวะนี้ในสัตว์จะได้ กรดแลกติก ในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลกติกหรือเอทิลแอลกอฮอล์

สาระชีววิทยา

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

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปผลการทดลองของเมนเดล ๒. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F1 และ F2	- เมนเดลศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยการผสมพันธุ์ถั่วลันเตา จนสรุปเป็นกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ - กฎแห่งการแยกมีใจความว่า แอลลีลที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันในช่วงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะมีเพียง แอลลีลใด แอลลีลหนึ่ง - กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระมีใจความว่า หลังจากคู่ของแอลลีลแยกออกจากกัน แต่ละ แอลลีลจะจัดกลุ่มอย่างอิสระกับแอลลีลอื่น ๆ ที่แยกออกจากคู่เช่นกันในการเข้าไปอยู่ในเซลล์ สืบพันธุ์
	๓. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบายและสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ๔. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง	- การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะให้อัตราส่วนที่แตกต่างจากผลการศึกษาของเมนเดล เรียกลักษณะเหล่านี้ว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล เช่น การขมไม่สมบูรณ์ การขมร่วมกัน มัลติเปิลแอลลีล ยีนบนโครโมโซมเพศและพอลิยีน - ลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะมีความแตกต่างกันชัดเจน เช่น การมีติ่งหูหรือไม่มีติ่งหู ซึ่งเป็น ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง - ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยและลดหลั่นกันไป เช่น ความสูงและสีผิวของมนุษย์ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่องและสิ่งแวดล้อมอาจมีผลต่อการ แสดงลักษณะนั้น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๕. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ	- โครโมโซมภายในเซลล์ร่างกายแบ่งเป็นออโตโซมและโครโมโซมเพศ ลักษณะทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม บางลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ ซึ่งส่วนมากเป็นยีนบนโครโมโซม X - เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ยีนบนโครโมโซมเดียวกันที่อยู่ใกล้กันมักจะถูกถ่ายทอดไปด้วยกันแต่การเกิดครอสซิงโอเวอร์ในการแบ่งเซลล์แบบ ไมโอซิสอาจทำให้ยีนบนโครโมโซมเดียวกันแยก จากกันได้ ส่งผลให้รูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้ แตกต่างไปจากกรณีที่ไม่เกิดครอสซิงโอเวอร์
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA ๗. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ๘. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรมและเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล	- DNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ แต่ละนิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วย น้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A T C และ G - โมเลกุลของ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ ๒ สายเรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวาโดยการเข้าคู่กันของสาย DNA เกิดจากการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G - ยีน คือสาย DNA บางช่วงที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้ โดยยีนกำหนดลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเอนไซม์และอื่น ๆ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตปรากฏลักษณะต่าง ๆ ได้ - DNA จำลองตัวเองได้โดยใช้สายหนึ่งเป็นแม่แบบและสร้างอีกสายขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะมีโครงสร้างและลำดับนิวคลีโอไทด์เหมือนเดิม - DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ โดยการสร้าง RNA ๓ ประเภท คือ mRNA tRNA และ rRNA ซึ่งร่วมกันทำหน้าที่ในกระบวนการ สังเคราะห์โปรตีน - RNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์สายเดียว แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย น้ำตาลไรโบส หมู่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A U C และ G
	๙. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชัน ระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน	- มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงของลำดับหรือจำนวนนิวคลีโอไทด์ใน DNA ซึ่งอาจนำไปสู่รุ่นต่อไปได้ และทำให้เกิดความแปรผันทาง พันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การเกิดมิวเทชันมีสาเหตุ มาจากปัจจัยต่างๆ เช่น รังสีและสารเคมี - การขาดหายไปหรือเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์และการแทนที่คู่เบส เป็นการเกิดมิวเทชันระดับยีน เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ เป็นผลมาจากการแทนที่คู่เบส - การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม เช่น หายไปหรือเพิ่มขึ้นบางส่วนและการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เช่น การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของโครโมโซมบางแท่งหรือทั้งชุด เป็นสาเหตุของการเกิดมิวเทชันระดับโครโมโซม เช่น กลุ่ม อาการครีดูชาต์ และกลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์และกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์
	๑๐. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ๑๑. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรมและข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	- การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ สามารถนำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนที่ต้องการ มาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติ ตามต้องการ - เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสามารถนำไปประยุกต์ ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรมและผลกระทบต่อสังคม
	๑๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- หลักฐานที่ทำให้เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่น ซากดึกดำบรรพ์ กายวิภาค เปรียบเทียบวิทยา เอ็มบริโอ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์ การศึกษาทางชีวภูมิศาสตร์และด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- มนุษย์มีการสืบสายวิวัฒนาการมาเป็นเวลานาน โดยมีหลักฐานที่สนับสนุนจากซากดึกดำบรรพ์ของบรรพบุรุษมนุษย์ที่ค้นพบ และจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่น ๆ
	๑๓. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน	- ฌอง ลามาร์ก ได้เสนอแนวคิดเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้เข้ากับสภาพแวดล้อม โดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช่และกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ - ชาลส์ ดาร์วิน เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะให้กำเนิดลูกที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวนมาก แต่มีเพียง จำนวนหนึ่งที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สามารถมีชีวิตรอดและถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมไปยังรุ่นต่อไปได้
	๑๔. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล ในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก	- เมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยประชากรมีขนาดใหญ่ ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างประชากร ไม่เกิดมิวเทชันสมาชิกทุกตัว มีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากันและไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ จะทำให้ความถี่ของแอลลีลของลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะผ่านไปกี่รุ่นก็ตาม เป็นผลให้ลักษณะนั้นไม่เกิดวิวัฒนาการ - การเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือแอลลีลในประชากร เกิดจากปัจจัยหลายประการนำไปสู่การเกิดวิวัฒนาการ
	๑๕. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต	- สปีชีส์ใหม่จะเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีการถ่าย เคลื่อนย่ายีนระหว่างประชากรหนึ่งกับอีกประชากรหนึ่งในรุ่นบรรพบุรุษ ทำให้ประชากร ทั้งสองมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน และวิวัฒนาการเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ปัจจัยที่ทำให้เกิดสปีชีส์ใหม่อาจเกิดได้ ๒ แนวทาง คือ การเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทาง ภูมิศาสตร์และการเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์ เดียวกัน
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพและความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์และความหลากหลายของระบบนิเวศ	- ความหลากหลายทางชีวภาพ ประกอบด้วย ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ - การแปรผันทางพันธุกรรมทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมซึ่งสิ่งมีชีวิตใดที่มี ความหลากหลายทางพันธุกรรมมากย่อมทำให้มีโอกาสอยู่รอดเพิ่มขึ้นและสืบทอดลูกหลานต่อไปได้ - สิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ผ่าน กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติหรือโดยมนุษย์มา เป็นระยะเวลายาวนานหลายชั่วรุ่นซึ่งอาจเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่ ส่งผลให้เกิดความหลากหลายของสปีชีส์ - แหล่งที่อยู่อาศัยแต่ละแหล่งที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่นั้น จะมีองค์ประกอบของปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศ
	๒. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิต และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	- จุดเริ่มต้นของวิวัฒนาการของเซลล์เกิดจากโมเลกุลของสารอินทรีย์ โดยเซลล์รูปแบบแรกที่เกิดขึ้นคือ เซลล์โพรคาริโอต และมีวิวัฒนาการ ขึ้นมาเป็นเซลล์ยูคาริโอตและจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีโครงสร้าง แบบง่าย ๆ จนกลายมา เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ
	๓. อธิบายลักษณะสำคัญ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิต กลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์สิ่งมีชีวิต กลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์	- แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอต ผนังเซลล์ มีเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบสำคัญ แบคทีเรียทั่วไปสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต แต่แบคทีเรียบาง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		กลุ่ม เช่น ไชยาโนแบคทีเรีย สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง - โพรทิสต์เป็นสิ่งมีชีวิตพวุกยูคาริโอต มีลักษณะหลากหลาย ทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่ออาจมีหรือไม่มีผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบของเซลล์ - พืชเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวุกยูคาริโอต มีผนังเซลล์ ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ และมีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พืชสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง - ฟังไจเป็นสิ่งมีชีวิตพวุกยูคาริโอต มีทั้งสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ เซลล์ของฟังไจยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบสำคัญ ฟังไจสร้างอาหารเองไม่ได้และดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต - สัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวุกยูคาริโอต ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ต้องได้รับอาหาร จากสิ่งมีชีวิตอื่น ส่วนใหญ่มีระบบย่อยอาหาร บาง
		ชนิดอาจเป็นปรสิต สัตว์มีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ - สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาลักษณะต่างๆ คือ เนื้อเยื่อสมมาตร การเปลี่ยนแปลงของבלาสโทพอร์ การเจริญในระยะตัวอ่อน ทำให้อาจแบ่งสัตว์เป็นกลุ่มย่อย เช่นกลุ่มฟองน้ำ กลุ่มไฮดรา กลุ่มหนอนตัวแบน กลุ่มหอยและหมีก กลุ่มไส้เดือนดิน กลุ่มหนอนตัวกลม กลุ่มสัตว์ที่มีขาเป็นปล้อง กลุ่มดาวทะเลและปลิงทะเล และกลุ่มสัตว์ที่มีโมโนโคอर्ड
	๔. อธิบาย และยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่	- การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่เป็นลำดับขั้นต่าง ๆ เริ่มจากหมวดหมู่ใหญ่แล้วแบ่งเป็นหมวดหมู่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ย่อยและวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ ๕. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่	ย่อย มีดังนี้ คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จินัส และสปีชีส์ - ชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้น สปีชีส์ ที่ตั้งขึ้นตามระบบทวินามเพื่อใช้ในการระบุถึงสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดให้มีความเข้าใจถูกต้องตรงกัน ประกอบด้วย ๒ ส่วน โดยส่วนแรกเป็นชื่อสกุล ส่วนหลังเป็นคำที่ระบุลักษณะพิเศษของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น หรือเป็นคำที่มีความหมายเฉพาะ โดยทั้ง ๒ ส่วนนี้ ต้องเป็นภาษาละติน - ไดโคโทมัสคีย์เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อระบุหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตลำดับชั้นต่าง ๆ โดยมีหลักเกณฑ์ในการนำลักษณะที่ต่างกันของสิ่งมีชีวิตมาพิจารณาเป็นคู่ - วิทเทเกอร์ เสนอแนวความคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอตมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตพวก โปรคาริโอต และจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๕ คิงดอม ประกอบด้วย มอนเอร่า โปรติสตา พืช ฟังไจ และสัตว์
		- ไวสซ์ และคณะ จำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๓ โดเมน ประกอบด้วย แบคทีเรีย อาร์เคีย และยูคารีอตา โดยแนวความคิดการจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละโดเมน เป็นกลุ่มย่อยจะใช้หลักที่ว่า สิ่งมีชีวิตในกลุ่มเดียวกันมีสายวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

สาระชีววิทยา

๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช 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 อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- ราก คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ยึดหรือค้ำจุนให้พืช เจริญเติบโตอยู่กับที่ได้ และยังมีหน้าที่สำคัญใน การดูดน้ำและธาตุอาหารในดิน เพื่อส่งไปยังส่วน ต่าง ๆ ของพืช - โครงสร้างภายในของปลายรากที่ตัดตามยาว ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ แบ่งเป็นบริเวณต่างๆ คือ บริเวณหมวกราก บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาวและบริเวณที่เซลล์ มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญ เติบโตเต็มที่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น ๓ ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิสชั้นคอร์เทกซ์และชั้นสตีลในชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตทุติยภูมิชั้นเอพิเดอร์มิสจะถูกแทนที่ด้วย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ชั้นเพริเดิร์ม ซึ่งมีคอร์กเป็นเนื้อเยื่อสำคัญ ชั้นคอร์เทกซ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเซลล์ที่ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือเกิดเซลล์ที่สะสมอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะมัดท่อลำเลียงจะเปลี่ยนไปเนื่องจากการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้น
	๓. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- ลำต้น คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือระดับผิวดินถัดขึ้นมาจากราก ทำหน้าที่ สร้างใบและชูใบ ลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และ อาหารที่พืชสร้างขึ้นส่งไปยังส่วนต่างๆ - โครงสร้างภายในของลำต้นระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิส ชั้นคอร์เทกซ์และชั้นสตีล ซึ่งชั้นสตีลจะพบมัด ท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - ลำต้นในระยะการเติบโตทุติยภูมิ จะมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นและมีโครงสร้างแตกต่างจากเดิม เนื่องจากการสร้างเนื้อเยื่อเพริเดิร์มและเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเพิ่มขึ้น
	๔. สังเกตและอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง	- ใบมีหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำ ใบของพืชดอกประกอบด้วย ก้านใบ แผ่นใบ เส้นกลางใบและเส้นใบ พืชบางชนิดอาจ ไม่มีก้านใบที่โคนก้านใบอาจพบหรือไม่พบหูใบ - โครงสร้างภายในของใบตัดตามขวาง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 กลุ่ม ได้แก่ เอพิเดอร์มิส มีโซฟิลล์และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง
	๕. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	- พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ปากใบพบได้ที่ใบและลำต้นอ่อน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ภายนอกต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบพืช ทำให้น้ำภายในใบพืช

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ระเหยเป็นไอออกมาทางรูปากใบเรียกว่า การคายน้ำ - ความชื้นในอากาศ ลม อุณหภูมิ สภาพน้ำในดิน ความเข้มของแสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช
	๖. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช ๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารและยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- พืชดูดน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ จากดิน โดยเซลล์ขนรากแล้วลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์เข้าสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในชั้นสตีล ซึ่งเป็นการดูดน้ำจากดินสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในแนวระนาบ และลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชในแนวตั้ง - ในสภาวะปกติการลำเลียงน้ำจากรากสู่ยอดของพืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ ร่วมกับแรงโคฮีชัน แรงแอตฮีชัน - ในภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากจนไม่สามารถเกิดการคายน้ำได้ตามปกติ น้ำที่เข้าไปในเซลล์รากจะทำให้เกิดแรงดันเรียกว่าแรงดันราก ทำให้เกิดปรากฏการณ์กัตเตชัน - พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณและชนิดของธาตุอาหารแตกต่างกัน สามารถนำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในสารละลายธาตุอาหารเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ตามที่ต้องการ
	๘. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช	- อาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแหล่งสร้างจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นซูโครส และลำเลียงผ่านทางท่อโฟลเอ็ม โดยอาศัยกลไก การลำเลียงอาหารในพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำไปยังแหล่งรับ
	๙. สืบค้นข้อมูลและสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	- การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสงมาเป็นลำดับขั้นจนได้ข้อสรุปว่า คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นวัตถุดิบที่พืชใช้ในกระบวนการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๐. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C3	สังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่ได้ คือ น้ำตาลออกซิเจน - กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี ๒ ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ - ปฏิกิริยาแสงเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี โดยแสงออกซิไดซ์โมเลกุลสารสีที่ไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ATP และ NADPH+ H⁺ ในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ - การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดในสโตรมาโดยใช้ RuBP และเอนไซม์รูบิสโก ได้สารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGA โดยใช้ ATP และ NADPH ที่ได้จากปฏิกิริยาแสงไปรีดิวซ์ สารประกอบคาร์บอน ๓ อะตอม ได้เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGAL ซึ่งส่วนหนึ่ง จะถูกนำไปสร้าง RuBP กลับคืนเป็นวัฏจักร โดยพืช C3 จะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย วัฏจักรคัลวินเพียงอย่างเดียว
	๑๑. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ในพืช C3 พืช C4 และพืช CAM	- พืช C4 ตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ ๒ ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นที่เซลล์มีโซฟิลล์ โดย PEP และเอนไซม์เพปคาร์บอกซิเลส ได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ OAA ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ กรดมาลิก ซึ่งจะถูกลำเลียงไปจนถึงเซลล์บันเดิลชีทและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในคลอโรพลาสต์เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป พืช CAM มีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ คล้ายพืช C4 แต่มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้ง ๒ ครั้งในเซลล์เดียวกัน โดยเซลล์มีการตรึง คาร์บอนอนินทรีย์ครั้งแรกในเวลา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		กลางคืนและปล่อยออกมาในเวลากลางวันเพื่อใช้ในวัฏจักรคลอรีนต่อไป
	๑๒. สืบค้นข้อมูลอธิบาย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของ	- ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ความเข้มของแสง ความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์
	คาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ธาตุอาหาร อายุใบ
	๑๓. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก	- พืชดอกมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ ประกอบด้วย ระยะที่สร้างสปอร์ เรียก ระยะสปอโรไฟต์(2n) และระยะที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ เรียก ระยะแกมีโทไฟต์(n) - ส่วนประกอบของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์โดยตรงคือชั้นเกสรเพศผู้และชั้นเกสรเพศเมีย ซึ่งจำนวนรังไข่เกี่ยวข้องกับการเจริญเป็นผลชนิดต่างๆ
	๑๔. อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอกและอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก	- พืชดอกสร้างไมโครสปอร์และเมกะสปอร์ ซึ่งอาจสร้างในดอกเดียวกันหรือต่างดอกหรือต่างต้นกัน - การสร้างไมโครสปอร์ของพืชดอกเกิดขึ้นโดย ไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ไมโครสปอร์ โดยไมโครสปอร์นี้ แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ ๒ เซลล์ คือ ทิวบ์เซลล์ และเจนเนอเรทิฟเซลล์ เมื่อมีการถ่ายเรณูไปตกบน ยอดเกสรเพศเมีย ทิวบ์เซลล์จะงอกหลอดเรณูและเจนเนอเรทิฟเซลล์แบ่งไมโทซิสได้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ๒ เซลล์ - การสร้างเมกะสปอร์เกิดขึ้นภายในออวุลในรังไข่ โดยเซลล์ที่เรียกว่า เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ แบ่งไมโอซิสได้เมกะสปอร์ ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จะเจริญพัฒนาต่อไปได้เพียง ๑ เซลล์ ที่เหลืออีก ๓ เซลล์จะฝ่อ เมกะสปอร์จะแบ่งไมโทซิส ๓ ครั้ง ได้ ๘ นิวเคลียสที่ประกอบด้วย ๗ เซลล์โดยมี ๑ เซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ เรียกเซลล์ไข่ ส่วนอีก ๑ เซลล์มี ๒ นิวเคลียส เรียกโพลาร์นิวคลีไอ - การปฏิสนธิของพืชดอกเป็นการปฏิสนธิคู่ โดยคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มเซลล์หนึ่งกับเซลล์ไข่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๕. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล	ได้เป็นไซโกต ซึ่งจะเจริญและพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอ และอีกคู่หนึ่งเป็นการรวมกัน ของสเปิร์มอีกเซลล์หนึ่งกับโพลาร์นิวเคลียส ได้เป็นเอนโดสเปิร์ม นิวเคลียส ซึ่งจะเจริญและพัฒนา ต่อไปเป็นเอนโดสเปิร์ม - ภายหลังการปฏิสนธิ ออวูลจะมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นเมล็ด และรังไข่จะมีการเจริญ และพัฒนาไปเป็นผล - โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย เปลือกเมล็ด เอ็มบริโอ และเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างของผล ประกอบด้วย ผนังผล และเมล็ด ซึ่งแต่ละส่วนของโครงสร้างจะมีประโยชน์ต่อพืชเองและต่อสิ่งมีชีวิตอื่น
	๑๖. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	- เมล็ดที่เจริญเต็มที่จะมีการงอกโดยมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิและแสง เมล็ดบางชนิด สามารถงอกได้ทันที แต่เมล็ดบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันที เพราะอยู่ในสภาพพักตัว - เมล็ดบางชนิดมีสภาพพักตัวเนื่องจากมีปัจจัยบางประการที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งสภาพพักตัวของเมล็ดสามารถแก้ไขได้หลายวิธี ตามปัจจัยที่ยับยั้ง
	๑๗. สืบค้นข้อมูลอธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอธิบายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ๑๘. สืบค้นข้อมูลทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่าง ๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก - แสงสว่าง แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมี และน้ำ เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช - ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายใน และสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุม การเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิต และยืดอายุ ผลผลิตได้
ม.๖	-	-

สาระชีววิทยา

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

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ ๒. สังเกต อธิบายการกินอาหารของไฮดราและพลาเนเรีย	- รา มีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนอกเซลล์ ส่วนอะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในพุดแวคิวโอลโดยเอนไซม์ในไลโซโซม - ฟองน้ำ ไม่มีทางเดินอาหารแต่จะมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่จับอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์โดยเอนไซม์ในไลโซโซม - ไฮดราและพลาเนเรีย มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ จะกินอาหารและขับกากอาหารออกทางเดียวกัน - ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ และสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
	๓. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์	- การย่อยอาหารของมนุษย์ประกอบด้วย การย่อยเชิงกลโดยการบดอาหารให้มีขนาดเล็กลงและการย่อยทางเคมีโดยอาศัยเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ - การย่อยอาหารของมนุษย์เกิดขึ้นที่ช่องปากกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก สารอาหารที่ย่อยแล้ววิตามินบางชนิดและธาตุอาหารจะถูกดูดซึมที่วิลลัสเข้าสู่หลอดเลือดฝอย แล้วผ่านตับก่อนเข้าสู่หัวใจ ส่วนสารอาหารประเภทลิพิดและวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกดูดซึมเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย - อาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้จะเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ใหญ่ น้ำ ธาตุอาหาร และวิตามินบางส่วนดูดซึม

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		เข้าสู่ผนังลำไส้ใหญ่ที่เหลือเป็นกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก
	๔. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก ๕. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	- ไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น - แมลงมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยผ่านทางท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอย - ปลาเป็นสัตว์น้ำมีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้ปอดและผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊ส - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอาศัยปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยน แก๊สของมนุษย์ ๗. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	- ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วยช่องจมูก โปรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลมหลอดลม และถุงลมในปอด - ปอดเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยการแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยเช่นกัน - การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอด โดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง และควบคุม โดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา
	๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด ๙. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือด และการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาด	- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนมีการลำเลียงสารต่าง ๆ โดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม - สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนจะมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด - ระบบหมุนเวียนเลือดมี ๒ แบบ คือ ระบบ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	หมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด - ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดพบในสัตว์จำพวกหอยแมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด พบในไส้เดือนดินและสัตว์มีกระดูกสันหลัง
	๑๐. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ ๑๑. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ๑๒. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลตและพลาสมา ๑๓. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh	- ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด - หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจและเวนทริเคิลทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ โดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอเตรียมกับเวนทริเคิล และระหว่างเวนทริเคิลกับหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ - เลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออร์ตา อารูตอรี อารูตอรีโอล หลอดเลือดฝอยเวนลูเวน และเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ - ขณะที่หัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือด ทำให้เกิดความดันเลือดและชีพจร สภาพการทำงานของร่างกาย อายุ และเพศของมนุษย์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความดันเลือดและชีพจร - เลือดมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน - หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงและจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็นเลือดหมู่ Rh+ และ Rh- การให้และรับเลือดมีหลักการว่าแอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับและการให้และรับเลือดที่เหมาะสมที่สุดคือผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่ตรงกัน
	๑๔. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้าง	- ของเหลวที่ซึมผ่านผนังหลอดเลือดฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ เรียกว่า น้ำเหลือง ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงเซลล์และสามารถแพร่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	และหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง	ซึ่งต่อมาหลอดน้ำเหลืองฝอย จะรวมกันมีขนาดใหญ่
		ขึ้นและเปิดเข้าสู่ระบบ หมุนเวียนเลือดที่หลอดเลือดเวนใกล้หัวใจ - ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วยน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยทำหน้าที่นำน้ำเหลืองกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดต่อมน้ำเหลืองเป็นที่อยู่ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่ลำเลียงมากับ น้ำเหลือง
	๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ ๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา ๑๗. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	- กลไกที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม มีอยู่ ๒ แบบ คือ แบบจำเพาะและแบบไม่จำเพาะ - ต่อมน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลืองที่ผิวหนังช่วยป้องกันและ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และเมื่อ เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์ เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและโมโนไซต์ จะมีการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอม โดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส ส่วนอีโอซิโนฟิล เกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิต แบคทีเรียเกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิต ซึ่งเป็นการต่อต้านหรือ ทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ - การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบ จำเพาะจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของลิมโฟไซต์ ชนิดเซลล์บีและเซลล์ที - อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและตอบสนองของลิมโฟไซต์ประกอบด้วย ต่อมน้ำเหลืองทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก - การสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของร่างกาย มี ๒ แบบ คือ ภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา - การได้รับวัคซีนหรือทอกซอยด์เป็นตัวอย่างของภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยการกระตุ้นให้ร่างกาย สร้างภูมิคุ้มกันขึ้น ด้วยวิธีการให้สารที่เป็นแอนติเจนเข้าสู่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ร่างกาย ส่วนภูมิภาคกันรับมาเป็นการรับแอนติบอดีโดยตรง เช่น การได้รับซีรัมการได้รับน้ำนมแม่ - เอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง เป็นตัวอย่างของอาการที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ทำงานผิดปกติ
	๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	- อะมีบา และพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีคอนแทรกไทล์แควีโอลทำหน้าที่ในการกำจัดและรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในเซลล์ - ฟองน้ำและไฮดราเซลล์ส่วนใหญ่สัมผัสกับน้ำโดยตรงของเสียจึงถูกกำจัดออกโดยการแพร่สู่สภาพแวดล้อม - พลาเนเรียใช้แฟลเจลลัมซึ่งกระจายอยู่ ๒ ข้าง ตลอดความยาวของลำตัวทำหน้าที่ขับถ่ายของเสีย - ไส้เดือนดินใช้เนฟรีเดีย แมลงใช้มัลปิเกียนทิวบูล และสัตว์มีกระดูกสันหลังใช้ไตในการขับถ่ายของเสีย
	๑๙. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไตและโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย ๒๐. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต ๒๑. สืบค้นข้อมูลอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ	- ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขับถ่ายและรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย - ไตประกอบด้วยบริเวณส่วนนอก ที่เรียกว่า คอรเท็กซ์และบริเวณส่วนใน ที่เรียกว่า เมดัลลา และบริเวณส่วนปลายของเมดัลลาค่อยๆยื่นเข้าไป จรดกับส่วนที่เป็นโพรงเรียกว่า กรวยไต โดยกรวยไตจะต่อกับท่อไตซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะเพื่อขับถ่าย ออกนอกร่างกาย - ไตแต่ละข้างของมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยไตลักษณะเป็นท่อ ปลายข้างหนึ่งเป็นรูปถ้วยเรียกว่า โปว์แมนส์แคปซูล ล้อมรอบกลุ่มหลอดเลือดฝอย ที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส - กลไกในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ประกอบด้วย การกรอง การดูดกลับ และการ หลั่งสาร ที่เกินความต้องการออกจากร่างกาย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๖	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบ โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของ ไฮโดร่า พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลงและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ๒. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของ เซลล์ประสาท ๓. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ ศักย์ไฟฟ้า ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท	- โรคนิวและโรคไตวายเป็นตัวอย่างของโรคที่เกิดจากความผิดปกติของไต ซึ่งส่งผลกระทบต่อการรักษาคุณภาพของสารในร่างกาย - นอกจากไตที่ทำหน้าที่รักษาคุณภาพของน้ำแร่ธาตุ และกรด-เบส ผิวหนัง และระบบหายใจ ยังมีส่วนช่วยในการรักษาคุณภาพเหล่านี้ด้วย - สัตว์ส่วนใหญ่มีระบบประสาททำให้สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ เช่น ไฮโดร่า มีร่างแหประสาท พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย และแมลงมีปมประสาทและเส้นประสาทส่วนสัตว์ มีกระดูกสันหลัง มีสมอง ไขสันหลัง ปมประสาท และเส้นประสาท - หน่วยทำงานของระบบประสาท คือ เซลล์ประสาท ซึ่งประกอบด้วยตัวเซลล์และเส้นใยประสาทที่ทำหน้าที่รับและส่งกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรต์และแอกซอน ตามลำดับ - เซลล์ประสาทจำแนกตามหน้าที่ ได้เป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทสั่งการและเซลล์ประสาทประสานงาน - เซลล์ประสาทจำแนกตามรูปร่างได้เป็นเซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทขั้วเดียวเทียม เซลล์ประสาทสองขั้ว และเซลล์ประสาทหลายขั้ว - กระแสประสาทเกิดจากการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเดนไดรต์และแอกซอน ทำให้มีการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ ผ่านทางไซแนปส์ - ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งได้เป็น ๒ ระบบ ตามตำแหน่งและโครงสร้าง คือ ระบบประสาท ส่วนกลาง ได้แก่ สมองและไขสันหลังและระบบ ประสาทรอบนอก ได้แก่ เส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก ๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลังและไขสันหลัง ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ	- สมองแบ่งออกเป็น ๓ ส่วน คือ สมองส่วนหน้าสมองส่วนกลางและสมองส่วนหลัง สมองแต่ละส่วนจะควบคุมการทำงานของร่างกายแตกต่างกัน โดยมีเส้นประสาทที่แยกออกจากสมอง ๑๒ คู่ ไปยังอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งบางคู่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่สมองหรือนำคำสั่งจากสมองไปยังหน่วยปฏิบัติงานหรือทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง - ไขสันหลังเป็นส่วนที่ต่อจากสมองอยู่ภายใน กระดูกสันหลังและมีเส้นประสาทแยกออกจาก ไขสันหลังเป็นคู่ ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการตอบสนองโดยไขสันหลัง เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์ ชนิดต่าง ๆ และการถ่ายทอดกระแสประสาท ระหว่างไขสันหลังกับสมอง - เส้นประสาทไขสันหลังทุกคู่จะทำหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลังและนำคำสั่งออกจากไขสันหลัง - ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการแบ่งเป็น ระบบประสาทโซมาติกซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง และระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ และต่อมต่าง ๆ ระบบประสาทอัตโนมัติแบ่งการทำงานเป็น ๒ ระบบ คือ ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานตรงกันข้าม เพื่อรักษาคุณภาพของกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย
	๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและบอกแนวทางในการดูแลป้องกันและรักษา ๘. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวียและความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง	- ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง เป็นอวัยวะรับความรู้สึกที่รับสิ่งเร้าที่แตกต่างกัน จึงมีความสำคัญที่ควรดูแลป้องกันและรักษาให้สามารถทำงาน ได้เป็นปกติ - ตาประกอบด้วยชั้นสเคลอรา โครอยด์และเรตินา เลนส์ตาเป็นเลนส์นูนอยู่ถัดจากกระจกตาทำหน้าที่รวมแสงจากวัตถุไปที่เรตินา ซึ่งประกอบด้วย เซลล์รับแสงและเซลล์ประสาทที่นำกระแสประสาทสู่สมอง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- หูประกอบด้วย ๓ ส่วน คือ หูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน ภายในหูส่วนในมีคอเคลีย ซึ่งทำหน้าที่รับและเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นกระแสประสาท นอกจากนี้ยังมีเซมิเซอร์คิวลาร์แชนเนล ทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย - จมูกมีเซลล์ประสาทรับกลิ่นอยู่ภายในเยื่อจมูกที่เป็นตัวรับสารเคมีบางชนิดแล้วเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง - ลิ้นทำหน้าที่รับรส โดยมีตุ่มรับรสกระจายอยู่ทั่วผิวลิ้นด้านบนตุ่มรับรสมีเซลล์รับรสอยู่ภายในเมื่อเซลล์รับรสถูกกระตุ้นด้วยสารเคมี จะกระตุ้นเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง - ผิวหนังมีหน่วยรับสิ่งเร้าหลายชนิด เช่น หน่วยรับสัมผัส หน่วยรับแรงกด หน่วยรับความเจ็บปวด หน่วยรับอุณหภูมิ
	๙. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ใส้เดือนดิน แมลง ปลาและนก ๑๐. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ๑๑. สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์	- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาซึม บางชนิดใช้แฟลเจลลัมหรือซิเลียในการเคลื่อนที่ - สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงกะพรุนเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณ ขอบกระดิ่งและแรงดันน้ำ - หมึกเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ทำให้น้ำภายในลำตัวพ่นออกมาทางไซฟอน ส่วนดาวทะเลใช้ระบบท่อน้ำในการเคลื่อนที่ - ใส้เดือนดินมีการเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม - แมลงเคลื่อนที่โดยใช้ปีกหรือขา ซึ่งมีกล้ามเนื้อภายในเปลือกหุ้มทำงานในสภาวะตรงกันข้าม - สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลา เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ยึดติดอยู่กับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		กระดูกสันหลังทั้ง ๒ ข้าง ทำงานในสภาวะตรงกันข้าม และมีครีบท่อนที่อยู่ตำแหน่งต่าง ๆ ช่วยโอบกอดในการเคลื่อนที่ส่วนนกเคลื่อนที่ โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ กดปอกกับกล้ามเนื้อยกปีกซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม - มนุษย์เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อซึ่งยึดกันด้วยเอ็นยึดกระดูก - บริเวณที่กระดูกตั้งแต่ ๒ ขึ้นมาต่อกัน เรียกว่าข้อต่อและยึดกันด้วยเอ็นยึดข้อ - กระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่ใช้คำนวณและทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย แบ่งตามตำแหน่งได้เป็นกระดูกแกนและกระดูกยางค์ - กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อทั้ง ๓ ชนิด พบในตำแหน่งที่ต่างกันและมีหน้าที่แตกต่างกัน - กล้ามเนื้อโครงร่างส่วนใหญ่ทำงานร่วมกันเป็นคู่ ๆ ในสภาวะตรงกันข้าม
	๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่าง การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์	- การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ เช่น การแตกหน่อและการงอกใหม่ - การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากการรวมนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายใน สัตว์บางชนิดมี ๒ เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว
	๑๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง	- การสืบพันธุ์ของมนุษย์มีกระบวนการสร้างสเปิร์มจากเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมภายในอัณฑะ และกระบวนการสร้างเซลล์ไข่จากเซลล์โอโอโกเนียมภายในรังไข่

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๔. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่และการปฏิสนธิในมนุษย์	- อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วย อัณฑะ ทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอโมนเพศชายและมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์มสร้างน้ำเลี้ยงสเปิร์มและสารหล่อลื่นท่อปัสสาวะ - อัณฑะประกอบด้วยหลอดสร้างสเปิร์ม ซึ่งภายในมีเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมที่เป็นเซลล์ตั้งต้นของกระบวนการสร้างสเปิร์ม - อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิง ประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด รังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอโมนเพศหญิง - กระบวนการสร้างสเปิร์มเริ่มต้นจากสเปอร์มาโทโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้สเปอร์มาโทโกเนียมจำนวนมาก ซึ่งต่อมาบางเซลล์พัฒนาเป็นสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรก โดยสเปอร์มาโทไซต์ ระยะแรกจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้สเปอร์มาโทไซต์ ระยะที่สองซึ่งจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ได้สเปอร์มาทิดตามลำดับ จากนั้นพัฒนาเป็นสเปิร์ - กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียม แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้โอโอโกเนียม ซึ่งจะพัฒนาเป็นโอโอไซต์ระยะแรก แล้วแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้โอโอไซต์ระยะที่สองซึ่งจะเกิดการตกไข่ต่อไป เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซต์ระยะที่สองจะแบ่งแบบไมโอซิส II แล้วพัฒนาเป็นเซลล์ไข่ - การปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ได้ไซโกต ซึ่งจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและไปฝังตัวที่ผนังมดลูก จนกระทั่งครบกำหนดคลอด
	๑๕. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอ และระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์	- การเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น กบ ไก่ และสัตว์ เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จะเริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ ของไซโกต การเกิดเนื้อเยื่อเอ็มบริโอ ๓ ชั้น คือ เอกโทเดิร์ม เมโซเดิร์มและเอนโดเดิร์ม การเกิด อวัยวะโดยมีการเพิ่มจำนวนขยายขนาดและ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		เซลล์เพื่อทำหน้าที่ เฉพาะอย่างซึ่งพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ จะทำให้มีการเกิดรูปร่างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด - การเจริญเติบโตของมนุษย์จะมีขั้นตอนคล้ายกับการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอื่น ๆ โดยเอ็มบริโอจะฝังตัวที่ผนังมดลูก และมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรก
	๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	- ฮอรโมนเป็นสารที่ควบคุมสมดุลต่าง ๆ ของร่างกาย โดยผลิตจากต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อ โดยต่อมไร้ท่อนี้จะกระจายอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ ทั่วร่างกาย
		- ต่อมไร้ท่อที่สร้างหรือหลั่งฮอร์โมน ไม่มีท่อในการลำเลียงฮอร์โมนออกจากต่อมจึงถูกลำเลียงโดยระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายที่จำเพาะเจาะจง - ต่อมไพเนียลสร้างเมลาโทนินซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงในรอบวัน - ต่อมได้สมองส่วนหน้าสร้างและหลั่งโกรทฮอร์โมน โพรแลกติน ACTH TSH FSH LH เอนดอร์ฟิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน - ต่อมได้สมองส่วนหลังหลั่งฮอร์โมนซึ่งสร้างจากไฮโปทาลามัส คือ ADH และออกซิโทซิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน - ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินซึ่งควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกายและสร้างแคลซิโทนิน ซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ - ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราไทรอยด์ฮอร์โมนซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ - ตับอ่อนมีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอินซูลินและกลูคาγον ซึ่งควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ต่อมหมวกไตส่วนนอกสร้างกลูโคคอร์ติคอยด์ มีเนราโลคอร์ติคอยด์และฮอรโมนเพศ ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ส่วนต่อมหมวกไตส่วนในสร้างเอพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟริน ซึ่งมีหน้าที่เหมือนกัน - อัณฑะมีกลุ่มเซลล์สร้างเทสโทสเตอโรน ส่วนรังไข่มีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอีสโตรเจนและโพรเจสเตอโรน ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน - เนื้อเยื่อบางบริเวณของอวัยวะ เช่น รก ไหมส กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก สามารถสร้างฮอรโมนได้หลายชนิด ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน - การควบคุมการหลั่งฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อ มีทั้ง การควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้ง และการควบคุม แบบป้อนกลับกระตุ้น เพื่อรักษาคุณภาพของร่างกาย - พีโรโมนเป็นสารเคมีที่ผลิตจากต่อมมีท่อของสัตว์ ซึ่งส่งผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกัน
	๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์ ๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท ๑๙. สืบค้นข้อมูลอธิบายและยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม	- พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม - พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดแบ่งออกได้เป็น หลายชนิด เช่น โอเรียนเตชัน (แทกซิสและ ไคเนซิส) รีเฟล็กซ์ และฟิกแอคชันแพทเทิร์น - พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ แบ่งได้เป็น แสบบิชูเอชัน การฝังใจ การเชื่อมโยง (การลองผิดลองถูกและการมีเงื่อนไข) และการใช้เหตุผล - ระดับการแสดงพฤติกรรมที่สัตว์แต่ละชนิดแสดงออกจะแตกต่างกันซึ่งเป็นผลมาจาก วิวัฒนาการของระบบประสาทที่แตกต่างกัน - การสื่อสารเป็นพฤติกรรมทางสังคมแบบหนึ่งซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสื่อสารด้วยท่าทาง การสื่อสารด้วยเสียง การสื่อสารด้วยสารเคมี และการสื่อสารด้วยการสัมผัส

สาระชีววิทยา

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. วิเคราะห์ อธิบายและยกตัวอย่าง กระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ ๒. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิด ไบโอมแกลนิฟิเคชันและบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอมแกลนิฟิเคชัน ๓. สืบค้นข้อมูลและเขียนแผนภาพ เพื่อ อธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักร ฟอสฟอรัส	- ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้ต้องมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสาร การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพที่เรียกว่า โซ่อาหาร สายใยอาหารและพีระมิดทางนิเวศวิทยา - พลังงานที่ถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปความร้อนระหว่างการถ่ายทอด จากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง - การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศบางครั้ง อาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตด้วย เรียกว่า การเกิดไบโอมแกลนิฟิเคชัน ซึ่งอาจมีระดับความเข้มข้นของสารพิษมากขึ้นตามลำดับขั้นของการกินจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต - สารต่าง ๆ ในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นผ่านทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตกลับคืนสู่ระบบอย่างเป็นวัฏจักร เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
	๔. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอธิบาย ลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก ๕. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบายและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบ	- ไบโอม คือ ระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก เช่น ไบโอมทุนดรา ไบโอมสะวันนา ไบโอมทะเลทราย โดยแต่ละไบโอมจะมีลักษณะเฉพาะของปัจจัยทางกายภาพ ชนิดของพืช และชนิดของสัตว์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ปฐมนิเทศและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทฤษฎี	- ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ระบบนิเวศสามารถปรับสมดุลได้ แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางชีวภาพในระบบนิเวศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตขึ้น - การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยามีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมนิเทศและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทฤษฎี
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่างและสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด ๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่าง การเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก ๘. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร	- ประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะหลายประการที่เป็นลักษณะเฉพาะ เช่น ขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร อัตราส่วนระหว่าง เพศ อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า - การอพยพออกของประชากร และการรอดชีวิตของสมาชิกที่มีอายุต่างกัน - ลักษณะเฉพาะของประชากรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรซึ่งเป็น กระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ - การเพิ่มประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลเป็นการ เพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วแบบทวีคูณ - การเพิ่มประชากรแบบลอจิสติกเป็นการเพิ่ม จำนวนประชากรที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือมีตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมมาเกี่ยวข้อง - การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากรและปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่น ของประชากร - ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลหลังจากการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมเป็นต้นมา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๙. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา การขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนะทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา	- ปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์และยังไม่ได้รับการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ - การตรวจสอบคุณภาพน้ำนิยมใช้การหาค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าปริมาณ ออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ - การจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรมีการวางแผนการใช้น้ำ การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างถูกต้อง
	๑๐. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา มลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนะทางการแก้ไขปัญหา	- การปนเปื้อนของสารเคมี ฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเกิดได้ทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ - การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น การเกิดพายุ การเกิดไฟป่าและการเกิดแก๊สพิษจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ - การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำ ของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในรูปแบบต่าง ๆ - การจัดการทรัพยากรอากาศควรประกอบด้วย การกำหนดนโยบายและวางแผนงานเพื่อป้องกัน และแก้ไข รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการดูแล รักษาคุณภาพอากาศ
	๑๑. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นกับ ทรัพยากรดินและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนะทางการแก้ไข ปัญหา	- มลพิษทางดินและปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน ส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ - การจัดการทรัพยากรดินเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรมีการป้องกันและการแก้ปัญหาการเกิด มลพิษและความเสื่อมโทรมของดิน รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้ดินอย่างถูกต้อง
	๑๒. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบ ที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้ง	- พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงอาจมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรืออาจมีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	เสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้ และการอนุรักษ์ป่าไม้	การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อครอบครองที่ดิน การเผาป่าการทำเหมืองแร่ - พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทำให้ภูมิประเทศมีสภาพแห้งแล้ง เกิดอุทกภัย เกิดการพังทลายของดินตลอดจนการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่ง นอกจากนี้ทำให้สัตว์ป่าและพืชพรรณธรรมชาติลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์ได้ - การจัดการทรัพยากรป่าไม้ควรจัดการให้มี ทรัพยากรป่าไม้คงอยู่อย่างยั่งยืนหรือเพิ่มขึ้น เช่น การกำหนดพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ส่งเสริมการปลูกป่า ป้องกันการบุกรุกป่า การใช้ไม้อย่างมีคุณค่าและมีประสิทธิภาพ รวมถึงการปลูกจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้
	๑๓. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบ ที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลงและแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า	- การลดจำนวนลงของสัตว์ป่าเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่คือ การทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยลดลงและการล่าสัตว์ป่า - การจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าควรมีการดำเนินการให้มีพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอยู่อาศัยอย่างเพียงพอ รวมทั้งการไม่ทำร้ายสัตว์ป่าหรือทำให้สัตว์ป่าลดจำนวนลง รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกให้ช่วยกันอนุรักษ์

สาระเคมี

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม	- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างของอะตอมและเสนอแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ จากการศึกษาค้นคว้า การสังเกต การตั้งสมมติฐาน และผลการทดลอง - แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการ โดยเริ่มจากดอลตันเสนอว่าธาตุประกอบด้วยอะตอมซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถแบ่งแยกได้ต่อมาทอมสันเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน และอนุภาคประจุบวก รัทเทอร์ฟอร์ดเสนอว่าประจุบวกที่เรียกว่า โปรตอน รวมตัวกันอยู่ตรงกึ่งกลางอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมีขนาดเล็กมากและมีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส โบร์เสนอว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียส โดยแต่ละวงมีระดับพลังงานเฉพาะตัว ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าอิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่รวดเร็วรอบนิวเคลียส และไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้จึงเสนอแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งแสดงโอกาสการพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส
	๒. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป	สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ประกอบด้วยสัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมซึ่งแสดงจำนวนโปรตอน และเลขมวลซึ่งแสดงผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน เรียกว่า ไอโซโทป

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๓. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก และระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ	- การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของอะตอมแก๊ส - ทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนจัดเรียงอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสในระดับพลังงานหลักต่าง ๆ และแต่ละระดับพลังงานหลักยังแบ่งเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งมีบริเวณที่จะพบอิเล็กตรอนเรียกว่า ออร์บิทัล ได้แตกต่างกัน และอิเล็กตรอนจะจัดเรียงในออร์บิทัลให้มีระดับพลังงานต่ำที่สุดสำหรับอะตอมในสถานะพื้น
	๔. ระบุมุ่คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุ เรฟรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชัน ในตารางธาตุ	- ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอม และสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่และคาบ - โดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุแทรนซิชัน
	๕. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรฟรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ	ธาตุเรฟรีเซนเททีฟในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน และธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักเดียวกัน ธาตุเรฟรีเซนเททีฟมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันตามหมู่และมีแนวโน้มสมบัติบางประการเป็นไปตามหมู่และตามคาบ เช่น ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโตรเนกาติวิตี สมบัติการนำไฟฟ้า
	๖. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ	ธาตุแทรนซิชันเป็นโลหะที่ส่วนใหญ่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ ๒ มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกัน มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง เกิดปฏิกิริยากับน้ำได้ช้ากว่าธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่จะมีสี
	๗. อธิบายสมบัติและจำนวนครึ่งชีวิตของไอโซโทป กัมมันตรังสี	ธาตุแต่ละชนิดมีไอโซโทป ซึ่งในธรรมชาติบางธาตุ มีไอโซโทปที่แผ่รังสีได้เนื่องจากนิวเคลียสไม่เสถียร เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสีสำหรับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ธาตุกัมมันตรังสีเป็นธาตุที่ทุกไอโซโทปสามารถแผ่รังสีได้รังสีที่เกิดขึ้น เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา โดยครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นระยะเวลาที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแต่ละไอโซโทปกัมมันตรังสี
	๘. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	• สมบัติบางประการของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้การนำธาตุไปใช้ต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีซึ่งต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม
	๙. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	• สารเคมีเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยการเกิดพันธะเคมีส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎออกเตต • พันธะไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบ ส่วนใหญ่ไอออนบวกเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอน และไอออนลบเกิดจากอโลหะรับอิเล็กตรอน สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่า สารประกอบไอออนิก สารประกอบไอออนิกไม่อยู่ในรูปโมเลกุล แต่เป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัวต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ
	๑๐. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	• สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนที่เป็นองค์ประกอบ • การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทำได้โดย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		เรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบ สำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย
	๑๑. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์	ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากธาตุเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน มีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและคายพลังงาน ซึ่งแสดงได้ด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์และพลังงานของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นผลรวมของพลังงานทุกขั้นตอน
	๑๒. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออน เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า - สารละลายของสารประกอบไอออนิกแสดงสมบัติความเป็นกรด-เบส ต่างกัน สารละลายของสารประกอบคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง และสารละลายของสารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็นเบส
	๑๓. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนแสดงด้วยสมการไอออนิกหรือสมการไอออนิกสุทธิโดยที่สมการไอออนิกแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่แตกตัวได้ในรูปของไอออน ส่วนสมการไอออนิกสุทธิแสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น
	๑๔. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส	พันธะโคเวเลนต์เป็นการยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกฎออกเตต สารที่ยึด

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		เหนียวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่า สารโคเวเลนต์พันธะโคเวเลนต์เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส โดยแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดหรือเส้น และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของแต่ละอะตอมด้วยจุด
	๑๕. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	• สูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์โดยทั่วไป เขียนแสดงด้วยสัญลักษณ์ของธาตุเรียงลำดับตามค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจากน้อยไปมาก โดยมีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีมากกว่า ๑ อะตอมในโมเลกุล • การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ทำได้โดยเรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อน แล้วตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ถัดมา โดยมีคำนำหน้าระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
	๑๖. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ	• ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ขึ้นกับชนิดของอะตอมคู่ร่วมพันธะและชนิดของพันธะ โดยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม มีความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างกัน นอกจากนี้โมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดมีค่าความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างจากของพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม ซึ่งสารเหล่านี้สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสที่เหมาะสมได้มากกว่า ๑ โครงสร้าง ที่เรียกว่าโครงสร้างเรโซแนนซ์ • พลังงานพันธะนำมาใช้ในการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยา ซึ่งได้จากผลต่างของพลังงานพันธะรวมของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์
	๑๗. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์	• รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์อาจพิจารณาโดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	และระบุสภาพผิวของโมเลกุลโคเวเลนต์	อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง โมเลกุลโคเวเลนต์มีทั้งโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้ว สภาพผิวของโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นผลรวม ปริมาณเวกเตอร์สภาพผิวของแต่ละพันธะตาม รูปร่างโมเลกุล
	๑๘. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์	• แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลซึ่งอาจเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน มีผลต่อจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสาร นอกจากนี้สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่ยังมีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดต่ำกว่าสารประกอบไอออนิก เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีค่าน้อยกว่าพันธะไอออนิก • สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ และไม่ละลายในน้ำ สำหรับสารโคเวเลนต์ที่ละลายน้ำมีทั้งแตกตัวและไม่แตกตัวเป็นไอออน สารละลายที่ได้จากสารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนจะไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลาย-นอนอิเล็กโทรไลต์ ส่วนสารละลายที่ได้จากสารที่แตกตัวเป็นไอออนจะนำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายของสารประกอบคลอไรด์และออกไซด์จะมีสมบัติเป็นกรด
	๑๙. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่าง ๆ	• สารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และมีพันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่องเป็นโครงสร้างตาข่าย จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง สารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีอัญรูปต่างกัน จะมีสมบัติต่างกัน เช่น เพชร แกรไฟต์
	๒๐. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ	• พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกอะตอมของโลหะเคลื่อนที่อย่างอิสระไปทั่ว

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ทั้งโลหะ และเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอน ในนิวเคลียสทุกทิศทาง • โลหะส่วนใหญ่เป็นของแข็งมีผิวมันวาว สามารถตีเป็นแผ่นหรือดึงเป็นเส้นได้นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
	๒๑. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม	• สารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ มีสมบัติเฉพาะตัวบางประการที่แตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ การนำไฟฟ้า จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม
ม.๕	๑. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก ๒. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส	• พฤติกรรมของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	๓. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	• ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส อธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยกฎของอาโวกาโดร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎแก๊สอุดมคติซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณและการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	๔. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	• ในธรรมชาติแก๊สส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นแก๊สผสมในกรณีที่แก๊สในแก๊สผสมไม่ทำปฏิกิริยากัน ความดันของแก๊สแต่ละชนิดแปรผันตามเศษส่วนโมลของแก๊ส ที่มีอยู่ในแก๊สผสมตามกฎ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ความดันย่อยของคอลตัน
	๕. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	แก๊สสามารถแพร่ได้ การแพร่ของแก๊สอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สจะแพร่ได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊ส สัมพันธ์กับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม
	๖. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่างและอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม	สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม
ม.๖	๑. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน	สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอนส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย
	๒. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์	โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ หรือสูตรโครงสร้างแบบเส้น
	๓. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน	สารประกอบอินทรีย์มีหลายประเภท การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้เป็นแอลเคน แอลคีน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		แอลไคโนอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์เอไมด์
	๔. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน ๑ หมู่ตามระบบ IUPAC	การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคโนแอลกอฮอล์อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และเอไมด์จะเรียกตามระบบ IUPAC หรืออาจเรียกโดยใช้ชื่อสามัญ
	๕. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ	ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสมบัติแตกต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ซิม และเรียกสารแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง
	๖. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน	สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุลหรือโครงสร้างของสารต่างกันจะมีจุดเดือดและการละลายในน้ำต่างกัน สำหรับการละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลายและตัวทำละลาย โดยสารสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกัน
	๗. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	สารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคโนอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยากับโบรมีนและปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะให้ผลของปฏิกิริยาต่างกัน จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๘. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ๙. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน	• กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นเอสเทอร์เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นเอไมด์เอสเทอร์และเอไมด์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในเบสแอลคาไลเรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
	๑๐. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม	• สารประกอบอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นและตัวทำละลายในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเกษตร
	๑๑. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์	• พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์โดยมีทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อาจเป็นปฏิกิริยาแบบควบแน่นหรือปฏิกิริยาแบบเติม ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างของมอนอเมอร์
	๑๒. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์	• พอลิเมอร์มีโครงสร้างต่างกันอาจเป็นโครงสร้างแบบเส้น แบบกิ่ง หรือแบบร่างแห ขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์และภาวะของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ซึ่งโครงสร้างของพอลิเมอร์ส่งผลต่อจุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความเปราะ ความเหนียว ความยืดหยุ่น จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย
	๑๓. ทดสอบ และระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์	• พอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วสามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก ส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่ง ส่วนพอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		จึงไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์โมเซต มีโครงสร้างแบบร่างแห พลาสติกมีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์เทอร์โมพลาสติก และพอลิเมอร์เทอร์โมเซต ผลิตภัณฑ์ที่เป็น พอลิเมอร์เทอร์โมเซต ซึ่งทำให้มีสมบัติและ การนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน
	๑๔. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยน โครงสร้าง และการสังเคราะห์ พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์	• การปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการสังเคราะห์ พอลิเมอร์เช่น วัลคาไนเซชัน การสังเคราะห์ โคพอลิเมอร์การสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า เป็นการปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์เพื่อให้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างเหมาะสมและหลากหลายมากขึ้น
	๑๕. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอ ตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และ การกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข	• การใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์อาจส่ง ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงควร ตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางแก้ไข

สาระเคมี

๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลใน ปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้ง การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. แปลความหมายสัญลักษณ์ใน สมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมี ของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด	• ปฏิกิริยาเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่ เกิดขึ้นจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมธาตุ โดยจำนวนและชนิดของอะตอมธาตุไม่ เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีเขียนแสดงได้ด้วย สมการเคมีซึ่งประกอบด้วยสูตรเคมีของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ลูกศรแสดงทิศทางของการเกิด ปฏิกิริยา และเลขสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		และผลิตภัณฑ์ที่ตุลแล้ว นอกจากนี้ยังมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของสาร หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในการเกิดปฏิกิริยาเคมี • การดุลสมการเคมีทำได้โดยการเติมเลขสัมประสิทธิ์หน้าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เพื่อให้อะตอมของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน
	๒. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร ๓. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย ๔. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส	• การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กันตามเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมีซึ่งบอกถึงอัตราส่วนโดยโมลของสารในปฏิกิริยา สามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวล ความเข้มข้นของสารละลาย และปริมาตรของแก๊สได้
	๕. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	• ความสัมพันธ์ของโมลสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน พิจารณาได้จากเลขสัมประสิทธิ์ของสมการเคมีรวม
	๖. ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี	• ปฏิกิริยาเคมีที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาไม่พอดีกัน สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อน เรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นสารที่กำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และปริมาณสารตั้งต้นอื่นที่ทำปฏิกิริยาไปเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา
	๗. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี	• ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ซึ่งค่าเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎีเป็นร้อยละ เรียกว่า ผลได้ร้อยละ
ม.๕	๑. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา	• ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมีเพื่อให้ได้อัตราการเกิด

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๒. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟ การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์
	๓. เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน
	๔. ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ๕. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิตัวเร่ง และตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้้ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย
	๖. ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม
	๗. ทดสอบ และอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล ๘. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล	ปฏิกิริยาเคมีที่สามารถดำเนินไปข้างหน้าและย้อนกลับได้เรียกว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะลดลง ส่วนความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ระบบจะอยู่ในภาวะสมดุลที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์คงที่เรียกว่า สมดุลพลวัต

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๙. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา ๑๐. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล	• ณ ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น แสดงได้ด้วยค่าคงที่สมดุล ซึ่งเป็นค่าคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง
	๑๑. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน	• ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน หาได้จากผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยที่นำสมการเคมีมารวมกัน โดยถ้ามีการคูณสมการย่อยให้ยกกำลังค่าคงที่สมดุลด้วยตัวเลขที่คูณ และหากมีการกลับข้างสมการ ให้กลับค่าคงที่สมดุลเป็นตัวหาร
	๑๒. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอร์	• เมื่อระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวน โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร ความดัน หรืออุณหภูมิระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งตามหลักของเลอชาเตอลิเอร์ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง
	๑๓. ยกตัวอย่าง และอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และกระบวนการในอุตสาหกรรม	• ความรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม
	๑๔. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส	• สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีหรือลิวอิส
	๑๕. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี	• ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีเมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่น จะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน ๑ โปรตอน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๖. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส	• กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส
	๑๗. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส	• น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14} • เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า ๗ ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า ๗
	๑๘. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน ๑๙. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ	• ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส • เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๒๐. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส	เบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส • การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดิกันจุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดิกันเรียกว่าจุดสมมูล ในทางปฏิบัติจุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบสควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล
	๒๑. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต ๒๒. อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ ๒๓. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส ๒๔. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์	• ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดิกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้ • สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม • ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำมาใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์ • เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้ว

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุ เรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์
	๒๕. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์	ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอน จะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์
	๒๖. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์	การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์
	๒๗. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา	ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
	๒๘. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์
	๒๙. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น	ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่า

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้เซลล์ชนิดนี้เรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก
	๓๐. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ	เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิโดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้
	๓๑. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
	๓๒. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวัน เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
ม.๖	-	-

สาระเคมี

๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติหน้าที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	การทำปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรศึกษาข้อปฏิบัติของการทำปฏิบัติการเคมี เช่น ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์และสารเคมี การป้องกันอุบัติเหตุระหว่างการทดลอง การกำจัดสารเคมี
	๒. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	อุปกรณ์และเครื่องมือซึ่ง ตวง วัดแต่ละชนิด มีวิธีการใช้งานและการดูแลแตกต่างกัน ซึ่งการวัดปริมาณต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงและความแม่นยำในระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ต้องมีการเลือกและใช้อุปกรณ์ในการทำปฏิบัติการอย่างเหมาะสม
	๓. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลอง และเขียนรายงานการทดลอง	การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวางแผนการทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูลสรุปและวิเคราะห์นำเสนอข้อมูล และการเขียนรายงานการทดลองที่ถูกต้อง โดยการทำปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์
	๔. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย	การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร การบอกปริมาณของสารอาจจะอยู่ในหน่วยต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกัน จึงมีการกำหนดหน่วยในระบบเอสไอให้เป็นหน่วยสากล ซึ่งการเปลี่ยนหน่วยเพื่อให้เป็นหน่วยสากล สามารถทำได้ด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๕. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุและคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุมวลโมเลกุลและมวลสูตร	• มวลอะตอมของธาตุ เป็นมวลของธาตุ ๑ อะตอม ซึ่งเป็นผลรวมของมวลโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เนื่องจากอิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก เมื่อเทียบกับโปรตอนและนิวตรอน ดังนั้นมวลอะตอมจึงมีค่าใกล้เคียงกับผลรวมของมวลโปรตอนและนิวตรอน • มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุเป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปของธาตุชนิดนั้นตามปริมาณที่มีในธรรมชาติ • มวลโมเลกุลและมวลสูตรเป็นผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น
	๖. อธิบาย และคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP	• โมลเป็นปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดรคือ 6.02×10^{23} อนุภาค มวลของสาร ๑ โมล ที่มีหน่วยเป็นกรัม เรียกว่า มวลต่อโมล ซึ่งมีค่าตัวเลขเท่ากับมวลอะตอมมวลโมเลกุลหรือมวลสูตรของสารนั้น สำหรับสารที่มีสถานะแก๊ส ๑ โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP
	๗. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่	• สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่เสมอ ตามกฎสัดส่วนคงที่
	๘. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร	• สูตรเคมีสามารถแสดงได้ด้วยสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล ซึ่งสูตรอย่างง่ายคำนวณได้จากร้อยละโดยมวลและมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ และถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารจะสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลได้
	๙. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	• สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสาร

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้น ในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตีโมลลิตี และเศษส่วนโมล
	๑๐. อธิบายวิธีการ และเตรียม สารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วย โมลาริตีและปริมาตรสารละลาย ตามที่กำหนด	การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและ ปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดย การละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ใน ตัวทำละลายหรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้น มาเจือจางด้วยตัวทำละลายโดยปริมาณของสาร ที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของ สารละลายที่ต้องการ
	๑๑. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุด เยือกแข็งของสารละลายกับสาร บริสุทธิ์รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและ จุดเยือกแข็งของสารละลาย	สารละลายมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแตกต่าง ไปจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายใน สารละลายโดยสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับ ปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลาย และชนิด ของตัวทำละลาย
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. กำหนดปัญหาและนำเสนอแนว ทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทาง เคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม	สถานการณ์บางสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม สามารถ นำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้
	๒. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการ ความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์หรือกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการ คิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาและ ความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาใน สถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ	การศึกษาและการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือ ประเด็นที่สนใจทำได้โดยการบูรณาการความรู้ ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้ง คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๓. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	• การนำเสนอผลงานหรือแสดงผลงาน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนแนวคิด ผลงาน รวมทั้งเพิ่มโอกาสในการพัฒนางาน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือประกอบการนำเสนอ ซึ่งจะทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น
	๔. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงานสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ	• การสัมมนา การประชุมวิชาการ หรือการร่วมแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนความคิด แสดงทัศนคติต่อกรณีศึกษา สถานการณ์ หรือประเด็นสำคัญทางเคมีซึ่งช่วยส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อการค้นคว้าและการสื่อสาร ซึ่งสามารถทำได้หลายระดับ โดยอาจเป็นระดับชั้นเรียน โรงเรียน กลุ่มโรงเรียน ชุมชน ระดับชาติหรือนานาชาติ

สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุล กลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. ๔	๑. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี	-ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ สสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับ พลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ -การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุป เป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎความรู้เหล่านี้ สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต -ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการ และแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการแสวงหา ความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็มีส่วนในการค้นหา ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย
	๒. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้ง แสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์ และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง	-การทดลองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ การบันทึกปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยจำนวน เลขนัยสำคัญที่เหมาะสม และค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟ เช่น การหาความชันจากกราฟเส้นตรง จุดตัดแกน พื้นที่ใต้กราฟ เป็นต้น - การวัดปริมาณต่าง ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนเสมอ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือ วิธีการวัด และประสบการณ์ ของผู้วัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถแสดง ในการรายงานผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๓. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่ง คงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- การวัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับ สิ่งที่ต้องการวัด เช่นการวัดความยาวของวัตถุ ที่ต้องการความละเอียดสูง อาจใช้เวอร์เนียส แคลลิเปอร์ส หรือไมโครมิเตอร์ - ฟิสิกส์อาศัยคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษา ค้นคว้า และการสื่อสาร - ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยความเร็วและความเร่งมีทั้งค่าเฉลี่ยและค่าขณะหนึ่งซึ่งคิดในช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่ง คงตัวมีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = u + at$ $\Delta x = \left[\frac{u + v}{2} \right] t$ $\Delta x = ut + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = u^2 + 2a\Delta x$ - การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถเขียนอยู่ในรูปกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา หรือกราฟความเร่งกับเวลา ความชันของเส้นกราฟตำแหน่งกับเวลาเป็นความเร็ว ความชันของเส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นความเร่ง และพื้นที่ใต้เส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นการกระจัด ในกรณีที่ผู้สังเกตมีความเร็ว ความเร็วของวัตถุที่สังเกตได้เป็นความเร็วที่เทียบกับผู้สังเกต - การตกแบบเสรีเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่ - ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงมีทั้งขนาดและทิศทางกรณีที่มีแรงหลาย ๆ แรง กระทำต่อวัตถุสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุโดยใช้วิธีเขียนเวกเตอร์ของแรงแบบทางต่อหัว วิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานของแรงและวิธีคำนวณ
	๕. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- สมบัติของวัตถุที่ด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกว่า ความเฉื่อย มวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย - การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนเป็นแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระได้ - กรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน - กรณีที่มีแรงภายนอกมากระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์มวลและความเร่งเขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน - เมื่อวัตถุสองก้อนออกแรงกระทำต่อกัน แรงระหว่างวัตถุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามและกระทำต่อวัตถุคนละก้อน เรียกว่า แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน และเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่วัตถุทั้งสองสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๖. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่มวลสองก้อนดึงดูดซึ่งกันและกัน ด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามและเป็นไปตามกฎความโน้มถ่วงสากล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ - รอบโลกมีสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุมีน้ำหนัก
	๗. วิเคราะห์อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- แรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุสองก้อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าแรงเสียดทาน แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสคู่นั้น ๆ - ขณะออกแรงพยายามแต่วัตถุยังคงอยู่นิ่งแรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับแรงพยายามที่กระทำต่อวัตถุนั้น และแรงเสียดทานมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานนี้ว่าแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ คำนวณได้จากสมการ $f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ - การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๘. อธิบายสมดุลกลของวัตถุโมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง	- สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว - วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n F_i = 0$ - วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$ - เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน - การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล
	๙. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน - วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ
	๑๐. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้	- งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้ง อธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	โคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ตามสมการ $W = F\Delta x \cos\theta$ หรือหางานได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่งโดยแรงที่กระทำ อาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ - งานที่ทำได้ในหนึ่งเวลาเรียกว่ากำลังเฉลี่ยดังสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$
	๑๑. อธิบาย และคำนวณพลังงาน จลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นรวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์	- พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน - พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ - พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$ และพลังงานศักย์ยืดหยุ่นคำนวณได้จากสมการ $E_{ps} = \frac{1}{2} kx^2$ - พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามสมการ $E = E_k + E_p$ - แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ - งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป ตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๒. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	- ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เขียน แทนได้ด้วยสมการ $E_k + E_p = \text{ค่าคงตัว}$ โดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ - กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก
	๑๓. อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกลรวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	- การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรูและล้อกับเพลลา ใช้หลักของงาน และสมมูลกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย - ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ $\text{Efficiency} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$ - การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ $\text{M.A.} = \frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} = \frac{S_{\text{in}}}{S_{\text{out}}}$
	๑๔. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	- วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุตั้งสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ - เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตรา การเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ - แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลานั้น ๆ เรียกว่าแรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่าการดล ตามสมการ $\vec{I} = \left[\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right] \Delta t$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ซึ่งการคลออาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา
	๑๕. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่นและการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	- ในการชนกันของวัตถุและการติดตัวออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเขียนแทนได้ด้วยสมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ โดย $\vec{p}_i$ เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ $\vec{p}_f$ เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน - ในการชนกันของวัตถุพลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชน ที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น
	๑๖. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกัน และเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำ จึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ ตามสมการ $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left[\frac{u_y + v_y}{2} \right] t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำ จึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่งความเร็วและเวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$
	๑๗. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวล ของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม ในระนาบ ระดับรวมทั้งคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและ ประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่ แบบวงกลมในการอธิบายการโคจร ของดาวเทียม	- วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมี แรงลัพท์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลางทำให้เกิดความเร่ง สู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการ เคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรง สู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ - นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถ อธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็ว เชิงมุม ตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$ - ดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลกมี แรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็น แรงสู่ศูนย์กลาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้า ในระนาบของ เส้นศูนย์สูตรมีคาบการโคจรเท่ากับ คาบการหมุน รอบตัวเองของโลกหรือมีอัตราเร็ว เชิงมุมเท่ากับ อัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนพื้น โลก ดาวเทียม จึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้ บนพื้นโลกตลอดเวลา
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

สาระพืลิกส์

๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. ๔	-	-
ม. ๕	๑. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- การเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัว และมีการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลที่เวลาใด ๆ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $x = A \sin(\omega t + \phi)$ $v = A \omega \cos(\omega t + \phi)$ $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ $a = -A \omega^2 \sin(\omega t + \phi)$ $a = -\omega^2 x$ - การสั่นของวัตถุติดปลายสปริงและการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่ายที่มีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล แต่มีทิศทางตรงข้ามโดยมีคาบการสั่นของวัตถุที่ติดอยู่ที่ปลายสปริงและคาบการแกว่งของลูกตุ้มตามสมการ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ และ } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ตามลำดับ
	๒. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง	• เมื่อตั้งวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้สั่น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัว การตั้งลูกตุ้มออกจากแนวตั้งแล้วปล่อยให้แกว่งลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง
	๓. อธิบายปรากฏการณ์คลื่นชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณ อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น	- คลื่นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายโอนพลังงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง - คลื่นที่ถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง นอกจากนี้ยังจำแนกชนิดของคลื่นออกเป็นสองชนิด ได้แก่ คลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว - คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกันบรรยายได้ด้วย การกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น ความยาวคลื่น เฟส ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ แอมพลิจูดและ อัตราเร็ว โดยอัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = f\lambda$ - การแผ่ของหน้าคลื่นเป็นไปตามหลักของฮอยเกนส์ และถ้ามีคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกัน จะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ
	๔. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- คลื่นมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน - คลื่นเกิดการสะท้อนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน แล้วเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อน เขียนแทนได้ด้วยสมการ มุมสะท้อน = มุมตกกระทบ - คลื่นเกิดการหักเหเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไปซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเห เขียนแทนได้ด้วยสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ - คลื่นเกิดการแทรกสอดเมื่อคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่ มาพบกันแล้วรวมกันตามหลักการซ้อนทับ โดยกรณีที่มี S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกัน ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $ S_1P - S_2P = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$ $ S_1Q - S_2Q = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ - คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่นอาพันธ์สองขบวนแทรกสอดกันแล้วเกิดตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริมตลอดเวลา เรียกว่า ปฏิบัพ และตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างตลอดเวลา เรียกว่า บัพ - คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้
	๕. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด	- เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาวเกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอนุภาคตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น อัตราเร็วเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ.คำนวณได้จากสมการ $v = 331 + 0.6 T_C$ - เสียงมีสมบัติการหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ๖. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบ ของการได้ยิน คุณภาพเสียงและมลพิษทาง เสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- กำลังเสียงเป็นอัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง กำลังเสียงต่อหน่วยพื้นที่ของหน้าคลื่นทรงกลมเรียกว่า ความเข้มเสียง คำนวณได้จากสมการ $I = \frac{P}{A}$ - ระดับเสียงเป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง โดยหาได้จากลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงกับความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์เริ่มได้ยิน ตามสมการ $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ - ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เนื่องจากมีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน - เสียงที่มีระดับเสียงสูงมากหรือเสียงบางประเภท ที่มีผลต่อสภาพจิตใจของผู้ฟังจัดเป็นมลพิษทางเสียง
	๗. ทดลองและอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของ อากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกต และอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	- ถ้าอากาศในท่อถูกกระทบด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่ เท่ากับความถี่ธรรมชาติของอากาศในท่อนั้น จะเกิดการสั่นพ้องของเสียง โดยความถี่ในการเกิดการสั่นพ้องของท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน คำนวณ ได้จากสมการ $f_n = n \frac{v}{4L} \quad \text{เมื่อ } n = 1, 3, 5, \dots$ - ถ้าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ ต่างกันไม่มากมาพบกันจะเกิดบีต ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ - คลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากันมาแทรกสอดกันจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่โดยผู้ฟังอยู่นิ่ง ผู้ฟังเคลื่อนที่โดยแหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่งหรือทั้งแหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากกันผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไป เรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ - ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางเดียวกันจะเกิดคลื่นกระแทก ทำให้เสียงตามแนวหน้าคลื่นกระแทกมีพลังงานสูงมากมีผลทำให้ผู้สังเกตในบริเวณใกล้ เคียงได้ยินเสียงดังมาก - ความรู้เรื่องเสียงนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การปรับเทียบเสียงเครื่องดนตรี อธิบายหลักการ ทำงานของเครื่องดนตรี การแปลงเสียงของมนุษย์ การประมง การแพทย์ ธรณีวิทยา อุตสาหกรรม เป็นต้น
	๘. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของแสง ผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เมื่อแสงผ่านช่องเล็กยาวเดี่ยว (สลิตเดี่ยว) และช่องเล็กยาวคู่ (สลิตคู่) จะเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด ทำให้เกิดแถบมืด และแถบสว่างบนฉากโดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ แถบมืดสำหรับสลิตเดี่ยว $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ แถบสว่าง สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$ แถบมืด สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ - เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยช่องเล็กยาวที่มีจำนวนช่องต่อหนึ่งหน่วยความยาวเป็นจำนวนมากและระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อย โดยแต่ละช่องห่างเท่า ๆ กัน ใช้สำหรับหา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของแสงโดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0,1,2,\dots$
	๙. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุ ตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุเมื่อแสง ตกกระทบกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลมรวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อน ของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน - วัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จะเกิดภาพที่สามารถหาตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้น ได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการ กรณีกระจกเงาราบ $S' = -S$ กรณีกระจกเงาทรงกลม $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$
	๑๐. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ดรรชนีหักเห มุมตกกระทบและมุมหักเหรวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริงและความลึกปรากฏ มุมวิกฤต และการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางจะเกิดการหักเห โดยอัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหของตัวกลางคู่หนึ่งมีค่าคงตัว เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎของสเนลล์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ - การหักเหของแสงทำให้มองเห็นภาพของวัตถุที่อยู่ในตัวกลางต่างชนิดกันมีตำแหน่งเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้จากสมการ $\frac{S'}{S} = \frac{n_2}{n_1}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่า ๙๐ องศา เรียกว่า มุมวิกฤต ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อย คำนวณได้จากสมการ $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ - การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต
	๑๑. ทดลองและเขียนรังสีของแสง เพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิด ของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บาง ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อวางวัตถุหน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุ โดยตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้น หาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสง หรือคำนวณได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$ - ความรู้เรื่องเลนส์นำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น
	๑๒. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลมมิราจและการเห็น ท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	- ฏการสะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลมและมิราจ - เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศแสงจะเกิดการกระเจิง ใช้อธิบายการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน
	๑๓. สังเกตและอธิบายการมองเห็น แสงสี สีของ วัตถุ การผสมสารสีและการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี	- การมองเห็นสีจะขึ้นกับแสงสีที่ตกกระทบกับวัตถุ และสารสีบนวัตถุโดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสี และสะท้อนบางแสงสี - การผสมสารสีทำให้ได้สารสีที่มีสีเปลี่ยนไปจากเดิมถ้านำแสงสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมกันจะได้แสงขาว

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- แผ่นกรองแสงสียอมให้บางแสงสีผ่านไปได้ และดูดกลืนบางแสงสี - การผสมแสงสีและการผสมสารสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านศิลปะ ด้านการแต่ง - ความผิดปกติในการมองเห็นสีหรือการบอดสี เกิดจากความบกพร่องของเซลล์รูปกรวย ซึ่งเป็นเซลล์รับแสงชนิดหนึ่งบนจอตา
ม.๖	-	-

สาระพินิจ

๓. เข้าใจแรงไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. ๔	-	-
ม. ๕	๑. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	- การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขัดสีกันจะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีกวัตถุหนึ่ง โดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า - เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุและประจุชนิดเดียวกันด้านที่ไกลวัตถุ เรียกว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตซึ่งสามารถใช้วิธีการนี้ในการทำใหวัตถุมีประจุได้
	๒. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	- จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสองและมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่าง ระหว่างจุดประจุซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \text{ เมื่อ } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
	๓. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจาก	- รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q_1 มีสนามไฟฟ้า $E = k \frac{q_1}{r^2}$ ขนาดทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า - สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า q_2 ตามสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ระบบ จุดประจุโดยรวมกันแบบ เวกเตอร์	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$ - สนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ เท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ - ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทาง ตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม - สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ
	๔. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	- ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการ $U = k \frac{q_1 q_2}{r}$ - พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุและแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้น เขียนแทนได้ด้วย สมการ $V = k \frac{Q}{r}$ - ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุคือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ เขียนแทนได้ด้วยสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		$V = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$ - ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าคือ งานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$ - ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้นในแนวขนานกับสนามไฟฟ้าตามสมการ $v_B - v_A = Ed$
	๕. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้าความต่างศักย์และความจุของตัวเก็บประจุและอธิบาย พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชั้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุตามสมการ $C = \frac{Q}{\Delta V}$ - ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุตามสมการ $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$ - เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ - เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
	๖. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของ	- ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	เครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดและปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในอากาศ เครื่องพ่นสีเครื่องถักลายนิ้วมือ และเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ - ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้เช่น ฟาผ่าประกายไฟจากการเสียดสีกันของวัตถุซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
	๗. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า หรือมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า - กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ตามสมการ $I = nev_d A$
	๘. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัดและสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	- เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $I = \left(\frac{1}{R} \right) V$ - ความต้านทานของวัตถุเมื่ออุณหภูมิคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุตามสมการ $R = \rho \frac{l}{A}$ - ค่าความต้านทานของตัวต้านทานอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน - เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ - เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
	๙. ทดลอง อธิบาย และคำนวณ อีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า	- แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วย ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ $\mathcal{E} = \Delta V + Ir$ - พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าใน หนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่า ขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $W = I\Delta Vt \text{ และ } P = I\Delta V$
	๑๐. ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟ สมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนานรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน	- เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟ สมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่า เพิ่มขึ้น ตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n \text{ และ } r = r_1 + r_2 + \dots + r_n \text{ ตามลำดับ}$ - เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมีค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots = \mathcal{E}_n \text{ และ } \frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \text{ ตามลำดับ}$ - กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๑. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย	- การนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ - เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานเป็นการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
ม.๖	๑. สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดรวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์ ๒. อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวด	- เส้นสนามแม่เหล็กเป็นเส้นสมมติที่ใช้แสดงบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโดยบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากแสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก - ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณาและอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\Phi}{A}$ - เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงหรือโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น - อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นคำนวณได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ - กรณีที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ประจุเคลื่อนที่เปลี่ยนไปโดยรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $r = \frac{mv}{qB}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	- ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ - เมื่อวางเส้นลวดสองเส้นขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านทั้งสองเส้น จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง
	๓. อธิบายหลักการทำงานของ แก้วแวนอิมเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง รวมทั้งคำนวณ ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของ แก้วแวนอิมเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ $M = NIAB \cos \theta$
	๔. สังเกต และอธิบายการเกิด อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง นำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า	- เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำนั้นอธิบายได้โดยใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\mathcal{E} = - \frac{\Delta \phi_B}{\Delta t}$ - ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎของเลนซ์ - ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบล็กส์ตแบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกีตาร์ไฟฟ้า
	๕. อธิบาย และคำนวณความต่าง ศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้า อาร์เอ็มเอส	- ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือน มีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ - การวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าสลับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ใช้ค่ายังผลหรือค่ามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยคำนวณได้จากสมการ $V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ $I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$
	๖. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส มีขดลวดตัวนำ ๓ ชุด แต่ละชุดวางทำมุม ๑๒๐ องศา ซึ่งกันและกัน ไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดจะมีเฟสต่างกัน ๑๒๐ องศา ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องเพิ่มอีเอ็มเอฟจากโรงไฟฟ้าแล้วลดอีเอ็มเอฟให้มีความที่ต้องการโดยใช้หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง โดยอีเอ็มเอฟในขดลวดทุติยภูมิขึ้นกับอีเอ็มเอฟในขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง ตามสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$
	๗. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ ไรส์แสงโพลาไรส์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	- การเหนี่ยวนำต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกจากแหล่งกำเนิด - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น - แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยแสงใน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ชีวิตประจำวันเป็นแสงไม่โพลารไรส์เมื่อแสงนั้นผ่านแผ่นโพลารอยด์สนามไฟฟ้าจะมีทิศทางอยู่ในระนาบเดียวเรียกว่า แสงโพลารไรส์เชิงเส้น สมบัติของแสงลักษณะนี้เรียกว่า โพลารไรเซชัน - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่าง ๆ มากมาย โดยความถี่นี้มีค่าต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง เรียกว่า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า - ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น เครื่องฉายรังสีเอกซ์ เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก
	๘. สืบค้น และอธิบายการสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล	- การสื่อสารเพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ทำได้โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม - สัญญาณมีสองชนิดคือแอนะล็อกและดิจิทัล โดยการส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก

สาระฟิลิกส์

๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยาง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลวของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. ๔	-	-
ม. ๕	-	-

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. ๖	๑. อธิบาย และคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	- เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป และสสารอาจเปลี่ยนสถานะโดยไม่เปลี่ยนอุณหภูมิซึ่งปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิกำนวณได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ ส่วนปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$ - วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งรับเขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$ - เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเท่ากันจะไม่มีการถ่ายโอนความร้อน เรียกว่าวัตถุอยู่ในสมดุลความร้อน
	๒. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาวและมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- สมบัติที่วัสดุเปลี่ยนรูปและกลับสู่รูปเดิม เมื่อหยุดออกแรงกระทำเรียกว่า สภาพยืดหยุ่น ถ้ายังออกแรงต่อไป วัสดุจะขาดหรือเสียรูปอย่างถาวร - ในกรณีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความยาว ถ้าออกแรงกระทำต่อเส้นลวดไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นลวดแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง ทำให้ความเครียดตามยาวที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับ ความเค้นตามยาว โดยความเค้นตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ส่วนความเครียดตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ - อัตราส่วนความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดุลัสของยัง ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดของวัสดุคำนวณได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ หรือ } Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ถ้าวัสดุมีมอดุลัสของยังสูงแสดงว่าวัสดุนั้นเปลี่ยนแปลงความยาวได้น้อย ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น วัสดุไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน
	๓. อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์และเครื่องอัดไฮดรอลิก	- ภาวะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว - ความดันที่เครื่องมือวัดได้เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่าความดันสัมบูรณ์คำนวณได้จากสมการ $P = P_0 + P_g$ - ค่าของความดันอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เช่น แมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ - เมื่อเพิ่มความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุก ๆ จุดในของเหลว นั้น เรียกว่า กฎพาสคัล กฎนี้นำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก
	๔. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	- วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนจะถูกแรงพยุงจากของไหลกระทำ โดยขนาดแรงพยุงเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ตามหลักของอาร์คิมิดีส ซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล ขนาดแรงพยุงจากของไหลคำนวณได้จากสมการ $F_B = \rho Vg$
	๕. ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้ง	- ความตึงผิวเป็นสมบัติของของเหลวที่ยึดผิวของเหลวไว้ด้วยแรงตึงผิว ปรากฏการณ์ที่เป็นผลจากความตึงผิว เช่น การเดินบนผิวใ้ของแมลง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	สังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว	บางชนิด การซึมตามรูเล็ก หรือ การไค้งของผิวของเหลว โดยความตึงผิวของของเหลวคำนวณได้จากสมการ $\gamma = \frac{F}{l}$ - ความหนืดเป็นสมบัติของของไหล วัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหลจะมีแรงเนื่องจากความหนืดต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า แรงหนืด
	๖. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	- ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีความหนืด บีบอัดไม่ได้และไหลโดยไม่หมุน มีอัตราการไหลตามสมการความต่อเนื่อง $Av = \text{ค่าคงตัว}$ - ตำแหน่งสองตำแหน่งบนสายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ จะมีผลรวมของความดันสัมบูรณ์พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสมการแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงตัว}$
	๗. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น - ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติเป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติเขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_B T$
	๘. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สรวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- จากแบบจำลองของแก๊สอุดมคติกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และจากกฎของแก๊สอุดมคติทำให้สามารถศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊สได้ได้แก่ความดัน พลังงานจลน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		เฉลี่ยและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส ของโมเลกุลของแก๊สได้ - จากทฤษฎีจลน์ของแก๊สความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สมีความสัมพันธ์ตามสมการ $PV = \frac{2}{3} N \bar{E}_k$ ส่วนอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สคำนวณได้จากสมการ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$
	๙. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาวะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงานรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน	- ในภาวะปิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สโดยความดันคงตัว งานที่เกิดขึ้นคำนวณได้จากสมการ $W = P\Delta V$ - โมเลกุลของแก๊สอุดมคติในภาวะปิดจะมีพลังงานจลน์โดยพลังงานจลน์รวมของโมเลกุลเรียกว่า พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบ ซึ่งแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส - พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงาน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานเรียกกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์แสดงได้ด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ - ความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ
	๑๐. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอมของโบร์และการเกิด	- พลังค์เสนอสมมติฐานเพื่ออธิบายการแผ่รังสี

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	เส้นสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ของวัตถุดำ ซึ่งสรุปได้ว่า พลังงานที่วัตถุดำดูดกลืนหรือแผ่ออกมามีค่าได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น และค่านี้จะเป็นจำนวนเท่าของ hf เรียกว่า ควอนตัมพลังงาน โดยแสงความถี่ f จะมีพลังงานตามสมการ $E = nhf$ - ทฤษฎีอะตอมของไฮโดรเจนที่เสนอโดยโบร์ อธิบายว่า อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในวงโคจรบางวงได้โดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าอิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนวงโคจรจะมีการรับหรือปล่อยพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามสมมติฐานของพลังค์ซึ่งสามารถนำไปคำนวณรัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอน และพลังงานอะตอมของไฮโดรเจนได้ตามสมการ $r_n = \left(\frac{h^2}{mke^2} \right) n^2 \text{ และ } E_n = -\frac{1}{2} \frac{mk^2e^4}{h^2} \left(\frac{1}{n^2} \right)$ ตามลำดับ - ทฤษฎีอะตอมของโบร์สามารถนำไปคำนวณความยาวคลื่นของแสงในสเปกตรัมเส้นสว่างของอะตอมไฮโดรเจนตามสมการ $\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$
	๑๑. อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและคำนวณพลังงานโฟตอน พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะ	- ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะเมื่อมีแสงที่มีความถี่เหมาะสมมาตกกระทบ โดยจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงและพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะขึ้นกับความถี่ของแสงนั้น โดยพลังงานของแสงหรือโฟตอนตามสมมติฐานของพลังค์ - ไอน์สไตน์อาศัยกฎการอนุรักษ์พลังงานและสมมติฐานของพลังค์อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกตามสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		$hf = W + E_{k_{\max}}$ - การทดลอง พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะคำนวณได้จากสมการ $E_{k_{\max}} = eV_s \text{ และ } W = hf_0 \text{ ตามลำดับ}$
	๑๒. อธิบายทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค รวมทั้งอธิบายและคำนวณความยาวคลื่นเดอบรอยล์	- การค้นพบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนสนับสนุนความคิดของเดอบรอยล์ที่เสนอว่า อนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้โดยเมื่ออนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่น เรียกว่า ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ ซึ่งมีค่าขึ้นกับโมเมนตัมของอนุภาค ตามสมการ $\lambda = \frac{h}{p}$ - จากความคิดของไอน์สไตน์และเดอบรอยล์ทำให้สรุปได้ว่า คลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้และอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้สมบัติดังกล่าว เรียกว่า ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค
	๑๓. อธิบายกัมมันตภาพรังสีและความแตกต่างของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา	- กัมมันตภาพรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่อง รังสีที่ออกมา มี ๓ ชนิด คือ แอลฟา บีตา และแกมมา - การแผ่รังสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีซึ่งเขียนแทนได้ด้วยสมการ การสลายให้แอลฟา ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$ การสลายให้บีตาลบ ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}_e$ การสลายให้บีตาบวก ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0e + \nu_e$ การสลายให้แกมมา ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^AX^* + \gamma$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๔. อธิบาย และคำนวณ กัมมันตภาพของนิวเคลียส กัมมันตรังสีรวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณจำนวนนิวเคลียส กัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการ สลาย และครึ่งชีวิต	- ในการสลายของธาตุกัมมันตรังสีอัตราการ แผ่รังสีออกมาในขณะหนึ่ง เรียกว่า กัมมันตภาพ ปริมาณนี้บอกถึงอัตราการลดลงของจำนวน นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีคำนวณได้จาก สมการ $A = \lambda N$ - ช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง ของจำนวนเริ่มต้น เรียกว่า ครึ่งชีวิต โดยจำนวน นิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลาย และครึ่งชีวิตคำนวณได้จากสมการ $N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{และ} \quad T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \text{ตามลำดับ}$
	๑๕. อธิบายแรงนิวเคลียร์เสถียรภาพ ของนิวเคลียสและพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้อง	- ภายในนิวเคลียสมีแรงนิวเคลียร์ที่ใช้อธิบาย เสถียรภาพของนิวเคลียส - การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียสแยกออกจาก กันต้องใช้พลังงานเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยว ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวล และพลังงาน ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ - นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อ นิวคลีออนสูงจะมีเสถียรภาพดีกว่านิวเคลียสที่มี พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนต่ำ โดยพลังงาน ยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนคำนวณได้จากสมการ $\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$
	๑๖. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชันและฟิวชันรวมทั้งคำนวณ พลังงานนิวเคลียร์	- ปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบหรือระดับพลังงาน เรียกว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์ - ฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลมาก แตกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า ส่วนฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลน้อย รวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสที่มีมวลมากขึ้น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันหรือฟิวชันเรียกว่า พลังงานนิวเคลียร์ซึ่งมีค่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน $E = (\Delta m)c^2$ ตามสมการ
	๑๗. อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์และรังสีรวมทั้งอันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่าง ๆ	- พลังงานนิวเคลียร์และรังสีจากการสลายของธาตุกัมมันตรังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ขณะเดียวกันต้องมีการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้
	๑๘. อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคแบบจำลองมาตรฐานและการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ	- การศึกษาโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสด้วยเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงพบว่า โปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคอื่นที่มีขนาดเล็กกว่า เรียกว่า ควาร์ก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ด้วยแรงเข้ม - นักฟิสิกส์ยังได้ค้นพบอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงเข้มซึ่งได้แก่กลูออน และอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงอ่อนซึ่งได้แก่ W - โบซอน และ Z - โบซอน - อนุภาคที่ไม่สามารถแยกเป็นองค์ประกอบได้รวมทั้งอนุภาคที่เป็นสื่อของแรง จัดเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน - แบบจำลองมาตรฐานเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมและอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐาน - การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการแพทย์มีการใช้เครื่องเร่งอนุภาคในการรักษาโรคมะเร็ง การใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีระนาบด้วยการปล่อยโพซิตรอนในการวินิจฉัยโรคมะเร็ง ด้านการรักษาความปลอดภัยมีการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในการตรวจวัตถุอันตรายในสนามบิน

ว 21101 วิทยาศาสตร์ 1	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)
ว 21102 วิทยาศาสตร์ 2	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	
ว 22101 วิทยาศาสตร์ 3	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)
ว 22102 วิทยาศาสตร์ 4	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	
ว 23101 วิทยาศาสตร์ 5	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)
ว 23102 วิทยาศาสตร์ 6	จำนวน 1.5 หน่วยกิต (3 ชั่วโมง)

ว 21201	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ 1	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)
ว 21202	โครงงานวิทยาศาสตร์ 1	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)
ว	ออกแบบเทคโนโลยี 1	จำนวน 0.5 หน่วยกิต (1 ชั่วโมง)
ว	วิทยาการคำนวณ 1	จำนวน 0.5 หน่วยกิต (1 ชั่วโมง)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2		
ว 22283	โครงงานวิทยาศาสตร์ 2	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)
ว 22284	พันธูกรรมกับการอยู่รอด	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3		
ว 23285	วิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหา	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)
ว 23286	ของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า	จำนวน 1.0 หน่วยกิต (2 ชั่วโมง)

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๑๑๐๑ ชื่อวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
จำนวน ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ สัตว์ และพืช รวมทั้ง การทำหน้าที่ร่วมกันของส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ ความสำคัญของส่วนต่างๆ ของร่างกายตนเอง อย่าง ถูกต้อง ปลอดภัย และรักษาความสะอาดอยู่เสมอ ชื่อพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณต่างๆ สภาพแวดล้อมที่ เหมาะสมในบริเวณที่พืชและสัตว์อาศัยอยู่ สมบัติที่สังเกตได้ของวัสดุที่ใช้ทำวัตถุซึ่งทำจากวัสดุชนิดเดียวหรือ หลายชนิดประกอบกัน ชนิดของวัสดุและจัดกลุ่มวัสดุตามสมบัติที่สังเกต การเกิดเสียงและทิศทางการเคลื่อนที่ ของเสียง ลักษณะภายนอกของหินจากลักษณะเฉพาะตัวที่สังเกต ดาวที่ปรากฏบนท้องฟ้าในเวลากลางวันและ กลางคืน และสาเหตุที่มองไม่เห็นดาวส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน

โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้อธิบาย แก้ไขปัญหา หรือสร้างสรรค์ พัฒนางานในชีวิตจริงได้ ซึ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี กับ กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์และให้มีความสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ มีทักษะการคิด และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดจิตวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว๑.๑ ป.๑./๑ ป.๑./๒

ว๑.๒ ป.๑./๑ ป.๑./๒

ว๒.๑ ป.๑./๑ ป.๑./๒

ว๒.๓ ป.๑./๑

ว๓.๑ ป.๑./๑ ป.๑./๒

ว๓.๒ ป.๑./๑

รวม ๑๐ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๒๑๐๑ ชื่อวิชาวิทยาศาสตร์ ๒
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๒

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
จำนวน ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาการเรียนรู้เรื่อง น้ำ แสง เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช อาหาร น้ำ อากาศ เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ พืชและสัตว์สามารถตอบสนองต่อแสง อุณหภูมิ และการสัมผัส ร่างกายของมนุษย์สามารถตอบสนองต่อแสง อุณหภูมิ และการสัมผัส การดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของมนุษย์ ประโยชน์ของพืชและสัตว์ในท้องถิ่น สมบัติของวัสดุที่นำมาทำของเล่น ของใช้ในชีวิตประจำวัน วัสดุและสิ่งของต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย ให้รู้ชนิดของขยะภายในโรงเรียนและภายในชุมชน เพื่อการคัดแยกขยะที่ถูกต้อง แรงไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่วงดุลบางชนิด พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่นได้ ซึ่งตรวจสอบได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น พัดลม หม้อหุงข้าวไฟฟ้าการประหยัดน้ำ ประหยัดไฟฟ้า และลดปริมาณขยะภายในบ้านและโรงเรียนสามารถลดภาวะโลกร้อนได้ ประเภทของดินโดยใช้สมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความสำคัญของดวงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

- ว.๑.๑ ป ๒/๑ ทดลองและอธิบาย.น้ำ แสง เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช
- ว.๑.๑ ป ๒/๒ อธิบายอาหาร น้ำ อากาศ เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของพืช และสัตว์และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- ว.๑.๑ ป ๒/๓ ตรวจและอธิบายพืชและสัตว์สามารถตอบสนองต่อแสง อุณหภูมิ และการสัมผัส
- ว.๑.๑ ป ๒/๔ ทดลองและอธิบายร่างกายของมนุษย์สามารถ ตอบสนองต่อแสง อุณหภูมิ และการสัมผัส
- ว.๑.๑ ป ๒/๕ อธิบายการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของมนุษย์
- ว.๑.๒ ป ๒/๑ อธิบายประโยชน์ของพืชและสัตว์ในท้องถิ่น
- ว.๑.๒ ป ๒/๒ ระบุชนิดและเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุที่นำมาทำของเล่น ของใช้ในชีวิตประจำวัน
- ว. ๓.๑ ป ๒/๒ เลือกใช้วัสดุและสิ่งของต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย
- ว.๔.๑ ป ๒/๑ ระบุชนิดและเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุที่นำมาทำของเล่น ของใช้ในชีวิตประจำวัน
- ว.๔.๑ ป ๒/๒ เลือกใช้วัสดุและสิ่งของต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย

- ว.๔.๑ ป ๒/๓ ทดลองและอธิบายแรงไฟฟ้าที่เกิดจากการฉrubางชนิด
- ว.๕.๑ ป.๒/๑ ระบุนชนิดและเปรียบเทียบทดลองและอธิบายไฟฟ้าเป็นพลังงาน
- ว.๕.๑ ป.๒/๒ สํารวจและยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น
- ว.๖.๓ ป ๒/๑ สํารวจและจำแนก ประเภทของดินโดยใช้สมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์
- ว. ๗.๑ ป ๒/๑ สืบค้นและอภิปรายความสำคัญของดวงอาทิตย์

รวม ๑๕ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๓๑๐๑ วิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๓

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เวลา ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

บรรยายสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตโดยใช้ข้อมูลจากที่รวบรวมได้ ตระหนักถึงประโยชน์ของอาหาร น้ำและอากาศโดยการดูแลตนเองและสัตว์ให้ได้รับสิ่งเหล่านี้อย่างเหมาะสม สร้างแบบจำลองที่บรรยายวัฏจักรชีวิตของสัตว์และเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของสัตว์บางชนิดคุณค่าของชีวิตสัตว์โดยไม่ทำให้วัฏจักรชีวิตของสัตว์เปลี่ยนแปลง อธิบายว่าวัตถุประกอบกันเป็นวัตถุขึ้นใหม่ได้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ อธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเมื่อทำให้ร้อนขึ้นหรือทำให้เย็นลงโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ระบุผลของแรงเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ เปรียบเทียบและยกตัวอย่างแรงสัมผัสและแรงสัมผัสที่มีผลต่อการเคลื่อนที่การจำแนกวัตถุโดยใช้การดึงดูดกับแม่เหล็กเป็นเกณฑ์ระบุขั้วแม่เหล็กและพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กเมื่อนำมาเข้าใกล้กันจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่ง การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบุแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้าประโยชน์ของไฟฟ้าโดยการนำเสนอวิธีการใช้อย่างประหยัดและปลอดภัยอธิบายแบบรูปเส้นทางการขึ้นลงตกของดวงอาทิตย์การเกิดกลางวันกลางคืนและการกำหนดทิศโดยใช้แบบจำลองตระหนักถึงความสำคัญของดวงอาทิตย์ประโยชน์ของดวงอาทิตย์ต่อสิ่งมีชีวิต

รหัสตัวชี้วัด

ว ๑.๒ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓, ป.๓/๔

ว ๒.๑ ป.๓/๑, ป.๓/๒

ว ๒.๒ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓, ป.๓/๔

ว ๒.๓ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓

ว ๓.๑ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓

ว ๓.๒ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓, ป.๓/๔

ว ๘.๒ ป.๓/๑, ป.๓/๒, ป.๓/๓, ป.๓/๔, ป.๓/๕

รวมทั้งหมด ๒๕ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๔๑๐๑ วิชาวิทยาศาสตร์๔
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๔

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เวลา ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

บรรยายหน้าที่ของราก ลำต้น ใบและดอกของพืชดอกโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ จำแนกสิ่งมีชีวิตโดยใช้ความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะของสิ่งมีชีวิต ออกเป็นกลุ่มพืช กลุ่มสัตว์และกลุ่มที่ไม่ใช่พืชและสัตว์ จำแนกพืชออกเป็นพืชดอกและพืชไม่มีดอกโดยใช้การมีดอกเกณฑ์ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ จำแนกสัตว์ออกเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยใช้การมีกระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ บรรยายลักษณะเฉพาะที่สังเกตได้ของสัตว์มีกระดูกสันหลังในกลุ่มปลา กลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก กลุ่มสัตว์เลื้อยคลาน กลุ่มนก และกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ด้านความแข็ง สภาพยืดหยุ่น การนำความร้อนและการนำไฟฟ้าของวัสดุโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองและระบุการนำสมบัติเรื่องความแข็งสภาพยืดหยุ่นการนำความร้อนและการนำไฟฟ้าของวัสดุไปใช้ในชีวิตประจำวันผ่านกระบวนการออกแบบชิ้นงาน แลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น โดยการอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัสดุอย่างมีเหตุผลจากการทดลอง เปรียบเทียบสมบัติของสสารทั้ง ๓ สถานะ จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมวล การต้องการที่อยู่รูปร่างและปริมาตรของสสาร ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวล และปริมาตรของสสารทั้ง ๓ สถานะ ระบุผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดน้ำหนักของวัตถุ บรรยายมวลของวัตถุที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ จำแนกวัตถุเป็นวัตถุกลางโปร่งใส วัตถุกลางโปร่งแสงและวัตถุทึบแสง โดยใช้ลักษณะการมองเห็นสิ่งต่างๆผ่านวัตถุนั้นเป็นเกณฑ์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ อธิบายแบบรูปเส้นทางการขึ้นและตกของดวงจันทร์ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ สร้างแบบจำลองที่อธิบายแบบรูปการเปลี่ยนแปลงรูปร่างปรากฏของดวงจันทร์และพยากรณ์รูปร่างของดวงจันทร์ สร้างแบบจำลองแสดงองค์ประกอบของระบบสุริยะและอธิบายเปรียบเทียบคาบการโคจรของดาวเคราะห์ต่างๆจากแบบจำลอง

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

ว ๑.๒ ป.๔/๑

ว ๑.๓ ป.๔/๑, ป.๔/๒, ป.๔/๓, ป.๔/๔

ว ๒.๑ ป.๔/๑, ป.๔/๒, ป.๔/๓, ป.๔/๔

ว ๒.๒ ป.๔/๑, ป.๔/๒, ป.๔/๓

ว ๒.๓ ป.๔/๑

ว ๓.๑ ป.๔/๑, ป.๔/๒, ป.๔/๓

ว ๘.๒ ป.๔/๑, ป.๔/๒, ป.๔/๓, ป.๔/๔, ป.๔/๕

รวมทั้งหมด ๑๘ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๕๑๐๑ ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์ ๕
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๕

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
จำนวน ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตในแต่ละแหล่งที่อยู่ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต เพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกของพืช สัตว์ และมนุษย์ อธิบายวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่ง ระบุผลของแรงเสียดทานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ อธิบายการได้ยินเสียงผ่านหลักฐาน ระบุตัวแปร ทดลอง และอธิบายลักษณะและการเกิดเสียงสูง เสียงต่ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของดาวเคราะห์และดาวฤกษ์จากแบบจำลอง กระบวนการเกิดเมฆ หมอก น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง เปรียบเทียบกระบวนการเกิดฝน หิมะ และลูกเห็บ ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา การอธิบายการทำงาน การคาดการณ์ผลลัพธ์ จากปัญหาอย่างง่าย ผู้เรียนสามารถออกแบบ และเขียนโปรแกรมที่มีการใช้เหตุผลเชิงตรรกะอย่างง่าย เปรียบเทียบปริมาณน้ำในแต่ละแหล่ง และระบุปริมาณน้ำที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จากข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนเขียนโซ่อาหารและระบุบทบาทหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตและผู้บริโภคในโซ่อาหาร เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแนวเดียวกันและแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุ แรงเสียดทานและแรงที่อยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ ใช้แผนที่ดาวระบุตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้าได้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ มีทักษะการคิด ตระหนักในคุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โดยมีส่วนร่วมในการดูแลและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดจิตวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์แก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์พัฒนางานในชีวิตจริงได้ ใช้อินเทอร์เน็ตค้นหาข้อมูล ติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกัน ซึ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี กับกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์และให้มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ตัวชี้วัด

ว ๑.๑ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔	ว ๑.๓ ป.๕./๑ ป.๕./๒
ว ๒.๑ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔	ว ๒.๒ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔ ป.๕./๕
ว ๒.๓ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔ ป.๕./๕	ว ๓.๑ ป.๕./๑ ป.๕./๒
ว ๓.๒ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔	ว ๔.๒ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕./๓ ป.๕./๔ ป.๕./๕

รวม ๓๑ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๑๖๑๐๑ ชื่อวิชาวิทยาศาสตร์ ๖
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
จำนวน ๘๐ ชั่วโมง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่ง ระบุผลของแรงเสียดทานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ อธิบายและเปรียบเทียบการแยกสารผสมโดยการหีบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งระบุวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร อธิบายการเกิดและผลของไฟฟ้าซึ่งเกิดจากวัตถุที่ผ่านการขัดถู อธิบายการเกิดเงามืดเงามัว อธิบายพัฒนาการของเทคโนโลยีอวกาศ และยกตัวอย่างการนำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย สามารถใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย ระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารประจำท้องถิ่นจังหวัดสมุทรปราการ ที่ตนเองรับประทาน บอกแนวทางในการเลือกรับประทานอาหารให้ได้สารอาหารครบถ้วน ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพ เปรียบเทียบกระบวนการเกิดหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร และอธิบายลักษณะวัฏจักรของหินจากแบบจำลอง บรรยายและยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากหินและแร่ในชีวิตประจำวัน เปรียบเทียบการเกิดลมบก ลมทะเล และมรสุม รวมทั้งอธิบายผลที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีบางส่วนเป็นป่าชายเลนแบบจำลอง บรรยายลักษณะและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ อธิบายผลของลมมรสุมต่อการเกิดฤดูของประเทศไทยจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้สร้างแบบจำลองระบบย่อยอาหาร บรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร รวมทั้งอธิบายการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร รับประทานอาหารให้หมดจานเพื่อลดขยะมูลฝอยในโรงเรียน สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดซากดึกดำบรรพ์และคาดคะเนสภาพแวดล้อมในอดีตของซากดึกดำบรรพ์ สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และผลของปรากฏการณ์เรือนกระจกต่อสิ่งมีชีวิต ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมและแก้ไข เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพในสิทธิของผู้อื่น แจ้งผู้เกี่ยวข้องเมื่อพบข้อมูลหรือบุคคลที่ไม่เหมาะสมได้

เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ มีทักษะการคิด และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดจิตวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ อีกทั้งใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำงานร่วมกันอย่างปลอดภัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ตัวชี้วัด

ว ๑.๒ ป.๖/๑ ป.๖./๒ ป.๖/๓ ป.๖/๔ ป.๖/๕

ว ๒.๑ ป.๖./๑

ว ๒.๒ ป.๖./๑

ว ๒.๓ ป.๖/๑ ป.๖./๒ ป.๖/๓ ป.๖/๔ ป.๖/๕ ป.๖/๖ ป.๖./๗ ป.๖/๘

ว ๓.๑ ป.๖./๑ ป.๖./๒

ว ๓.๒ ป.๖/๑ ป.๖/๒ ป.๖/๓ ป.๖/๔ ป.๖/๕ ป.๖/๖ ป.๖./๗ ป.๖/๘ ป.๖/๙

ว ๔.๒ ป.๕./๑ ป.๕./๒ ป.๕/๓ ป.๕/๔

รวม ๓๐ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๒๑๑๐๑ รายวิชาพื้นฐาน

เวลา ๑๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๒ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑

คำอธิบายรายวิชา

ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาการเรียนรู้เรื่อง รูปร่าง ลักษณะของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ หน้าที่และโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์ การจัดระบบของสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากเซลล์จนเป็นสิ่งมีชีวิต การแพร่และออสโมซิส การสังเคราะห์ด้วยแสงและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ลักษณะและหน้าที่ของไซเล็มและโฟลเอ็ม โครงสร้างของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืช กระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช ความสำคัญของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช ประโยชน์ของการขยายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์โดยใช้เทคโนโลยี สมบัติทางกายภาพบางประการของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ วิเคราะห์ผลจากการใช้รวมทั้งเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัยคุ้มค่า การเปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลว ความหนาแน่นของของสารบริสุทธิ์และสารผสม การใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตร โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การอธิบายและสรุป สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม และจริยธรรม

การใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยการออกแบบ วิเคราะห์เปรียบเทียบและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข การใช้วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัย

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

ว ๑.๒ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖, ม.๑/๗, ม.๑/๘, ม.๑/๙, ม.๑/๑๐

ม.๑/๑๑, ม.๑/๑๒, ม.๑/๑๓, ม.๑/๑๔, ม.๑/๑๕, ม.๑/๑๖, ม.๑/๑๗, ม.๑/๑๘

ว ๒.๑ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖

รวม ๒๔ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๒๑๑๐๒ รายวิชาพื้นฐาน

เวลา ๑๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๒ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑

คำอธิบายรายวิชา

ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาการเรียนรู้เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและสารประกอบ โครงสร้างอะตอมโดยใช้แบบจำลอง เปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารโดยใช้แบบจำลอง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากพื้นโลก การคำนวณปริมาณความร้อนโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ การขยายตัวหรือหดตัวของสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน การถ่ายโอนความร้อน และคำนวณปริมาณความร้อนจนเกิดสมดุลความร้อน การแบ่งชั้นบรรยากาศและประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ กระบวนการเกิดพายุที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การพยากรณ์อากาศและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การอธิบายและสรุป สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม และจริยธรรม ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงนามธรรมเพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายการทำงานที่พบในชีวิตจริง ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ รวบรวมข้อมูลและสารสนเทศโดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ต ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

ว ๒.๑ ม.๑/๗, ม.๑/๘, ม.๑/๙, ม.๑/๑๐

ว ๒.๒ ม.๑/๑

ว ๒.๓ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖, ม.๑/๗

ว ๓.๒ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖, ม.๑/๗

รวม ๑๙ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๒๒๑๐๑ รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ๓

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เวลา ๓ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒

คำอธิบายรายวิชา

ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาให้มีความรู้เรื่อง อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ กลไกการหายใจเข้าและออก กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส อวัยวะในระบบหายใจ อวัยวะในระบบขับถ่ายใน การกำจัดของเสียทางไต แนวทางในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ หลอดเลือดและเลือด ระบบหมุนเวียนเลือด อัตราการเต้นของหัวใจขณะปกติและหลังทำกิจกรรม การดูแลรักษาอวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานเป็นปกติ อวัยวะในระบบประสาทส่วนกลาง ความสำคัญของระบบประสาท การป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง อวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิง ผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว การเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว โดยการดูแลรักษาร่างกายและจิตใจของตนเองในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง การตกไข่การมีประจำเดือนการปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกต การคุมกำเนิดที่เหมาะสม ผลกระทบของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควรโดยการประพฤติดนให้เหมาะสม แยกสารผสมโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย การแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร ความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารโดยใช้สารสนเทศ ปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวลและมวลต่อปริมาตร นำความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารไปใช้โดยยกตัวอย่างการใช้สารละลายที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การอธิบายและการอภิปราย

เพื่อให้มีคุณลักษณะรักการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียน มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้กับวิชาอื่น มีจิตสำนึกเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ว ๑.๒ ม ๒/๑ ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ

- ม ๒/๒ อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออกโดยใช้แบบจำลองรวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส
- ม ๒/๓ ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ
- ม ๒/๔ ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต
- ม ๒/๕ ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไตโดยการบอกแนวทางในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ
- ม ๒/๖ บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจหลอดเลือดและเลือด
- ม ๒/๗ อธิบายการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือดโดยใช้แบบจำลอง
- ม ๒/๘ ออกแบบการทดลองและทดลองในการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะปกติและหลังทำกิจกรรม
- ม ๒/๙ ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือดโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานเป็นปกติ
- ม ๒/๑๐ ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่างๆ ของร่างกาย
- ม ๒/๑๑ ตระหนักถึงความสำคัญของระบบประสาทโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษา รวมถึงการป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง
- ม ๒/๑๒ ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิงโดยใช้แบบจำลอง
- ม ๒/๑๓ อธิบายผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว
- ม ๒/๑๔ ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว โดยการดูแลรักษาร่างกายและจิตใจของตนเองในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง
- ม ๒/๑๕ อธิบายการตกไข่การมีประจำเดือนการปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกตจนคลอดเป็นทารก
- ม ๒/๑๖ เลือกวิธีการคุมกำเนิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด
- ม ๒/๑๗ ตระหนักถึงผลกระทบของการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควรโดยการประพาดิตนให้เหมาะสม

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

- ว ๒.๑ ม ๒/๑ อธิบายการแยกสารผสมโดยการระเหยแห้งการตกผลึกการกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

ม ๒/๒ แยกสารโดยการระเหยแห้งการตกผลึกการกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ
การสกัดด้วยตัวทำละลาย

ม ๒/๓ นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์
คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

ม ๒/๔ ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลายชนิดตัวทำละลาย
อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของ
สารโดยใช้สารสนเทศ

ม ๒/๕ ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อ
ปริมาตร มวลต่อมวลและมวลต่อปริมาตร

ม ๒/๖ ตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารไปใช้โดยยกตัวอย่าง
การใช้สารละลายในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย

รวมตัวชี้วัด ๒๓ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว๒๒๑๐๒ รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ๔

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เวลา ๓ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒

คำอธิบายรายวิชา

ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาให้มีความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว แรงพยุ่งและการจม การลอยของวัตถุ แรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน แรงเสียดทานและแรงอื่นๆ ที่กระทำต่อวัตถุ ประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทาน การลดหรือเพิ่มแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรงเมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน แหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้าและสนามโน้มถ่วงและทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนาม ภาพแสดงแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุ อัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว .งานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง การเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุ การเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานการเกิดสมบัติและการใช้ประโยชน์ รวมทั้งอธิบายผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทนแต่ละประเภท การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น โครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมี กระบวนการพุพุ่งอยู่กับที่ การกร่อน และการสะสมตัวของตะกอน ผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดิน ปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน ตรวจวัดสมบัติบางประการของดิน การใช้ประโยชน์ดิน กระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน **การอนุรักษ์และใช้ทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง** กระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่งดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การอธิบายและการอภิปราย

เพื่อให้มีคุณลักษณะรักการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียน มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้

ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้กับวิชาอื่น
มีจิตสำนึกเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

ว ๒.๒ ม ๒/๑ พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อ
วัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ม ๒/๒ เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนว
เดียวกัน

ม ๒/๓ ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความ
ดันของของเหลว

ม ๒/๔ วิเคราะห์แรงพุ่งและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ม ๒/๕ เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว

ม ๒/๖ อธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์

ม ๒/๗ ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาด
ของแรงเสียดทาน

ม ๒/๘ เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่นๆ ที่กระทำต่อวัตถุ

ม ๒/๙ ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทานโดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและ
เสนอแนะวิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิต
ประจำวัน

ม ๒/๑๐ ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายโมเมนต์ของแรง
เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน และคำนวณโดยใช้สมการ $M = Fl$

ม ๒/๑๑ เปรียบเทียบแหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้าและสนามโน้มถ่วงและทิศทางของ
แรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนามจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม ๒/๑๒ เขียนแผนภาพแสดงแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ

ม ๒/๑๓ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็กแรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่
กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้นๆ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุจากข้อมูลที่
รวบรวมได้

ม ๒/๑๔ อธิบายและคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้สมการ

$$v = \frac{s}{t} \text{ และ } \vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \text{ จากหลักฐานเชิงประจักษ์}$$

ม ๒/๑๕ เขียนแผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว

ว ๒.๓ ม ๒/๑ วิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณเกี่ยวกับงานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ

โดยใช้สมการ $W=Fs$ และ $P = \frac{W}{t}$ จากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม ๒/๒ วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม ๒/๓ ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ม ๒/๔ ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง

ม ๒/๕ แปลความหมายข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัวจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม ๒/๖ วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

ว ๓.๒ ม ๒/๑ เปรียบเทียบกระบวนการเกิดสมบัติและการใช้ประโยชน์ รวมทั้งอธิบายผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ จากข้อมูลที่รวบรวม

ม ๒/๒ แสดงความตระหนักถึงผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ โดยนำเสนอแนวทางการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

ม ๒/๓ เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทนแต่ละประเภทจากการรวบรวมข้อมูลและนำเสนอแนวทางการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น

ม ๒/๔ สร้างแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมีจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ม ๒/๕ อธิบายกระบวนการผูกพันอยู่กับที่ การกร่อน และการสะสมตัวของตะกอนจากแบบจำลองรวมทั้งยกตัวอย่างผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง

ม ๒/๖ อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดินจากแบบจำลอง รวมทั้งระบุปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน

ม ๒/๗ ตรวจสอบสมบัติบางประการของดินโดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสม และนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ดินจากข้อมูลสมบัติของดิน

ม ๒/๘ อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน จากแบบจำลอง

ม ๒/๙ สร้างแบบจำลองที่อธิบายการใช้น้ำและนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่น

ของตนเอง

ม ๒/๑๐ สร้างแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะ
ชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๑๑๓๐๑ รายวิชาพื้นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ ระบบสุริยะ การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์ โลก ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ กลุ่มดาวฤกษ์ กาแล็กซีและเอกภพ เทคโนโลยีอวกาศ กล้องโทรทรรศน์ ดาวเทียม ยานอวกาศ ลักษณะของโครโมโซม ความสำคัญของสารพันธุกรรม กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โรคทางพันธุกรรม การใช้ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุศาสตร์ องค์ประกอบของระบบนิเวศ การสำรวจระบบนิเวศในท้องถิ่น การถ่ายทอดพลังงานของสิ่งมีชีวิต สมดุลของระบบนิเวศ วัฏจักรของสารในระบบนิเวศ ประชากร ความหลากหลายทางชีวภาพ ในท้องถิ่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ระบุ รวบรวม ทดสอบ ประเมินผล ปัญหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่น เข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนใช้ความรู้ และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๑.๑ ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔, ม.๓/๕, ม.๓/๖

ว๑.๓ ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔, ม.๓/๕, ม.๓/๖, ม.๓/๗, ม.๓/๘, ม.๓/๙,
ม.๓/๑๐, ม.๓/๑๑

ว ๓.๑ ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔

ว๔.๑ ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔, ม.๓/๕

รวม ๒๖ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๑๑๓๐๒ รายวิชาพื้นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ อธิบาย เปรียบเทียบ ความเร่ง ออกแบบและหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน วงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง ผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ การดูกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุ เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา ปฏิบัติการเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิบัติการของกรดกับโลหะ ปฏิบัติการของกรดกับเบส และปฏิบัติการใช้ของเบสกับโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และอธิบายปฏิบัติการเผาไหม้ ปฏิบัติการดูความร้อน และปฏิบัติการใช้ความร้อน จากการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกรณ์ กุญชรมวล วัสดุต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ระบุ รวบรวม ทดสอบ ประเมินผล ปัญหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่น เข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนใช้ความรู้ และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๒.๑	ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔, ม.๓/๕, ม.๓/๖, ม.๓/๗, ม.๓/๘
ว๒.๓	ม.๓/๑, ม.๓/๒, ม.๓/๓, ม.๓/๔, ม.๓/๕, ม.๓/๖, ม.๓/๗, ม.๓/๘, ม.๓/๙
	ม.๓/๑๐, ม.๓/๑๑, ม.๓/๑๒, ม.๓/๑๓, ม.๓/๑๔, ม.๓/๑๕, ม.๓/๑๖,
	ม.๓/๑๗, ม.๓/๑๘, ม.๓/๑๙, ม.๓/๒๐, ม.๓/๒๑
ว๔.๒	ม.๒/๑, ม.๒/๒, ม.๒/๓, ม.๒/๔

รวม ๓๓ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๑๑๐๑ รายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ๑
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอมและยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อธิบายแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับการลำเลียงสาร และเปรียบเทียบการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบต่าง ๆ การควบคุมคุณภาพของน้ำและสารในเลือดโดยการทำงานของไต การควบคุมคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไตและปอด การควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิภายในร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด ผิวหนังและกล้ามเนื้อโครงร่าง การตอบสนองของร่างกายแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย สามารถบอก อธิบายและอภิปรายโรคหรืออาการที่เกิดจากความผิดปกติของระบบ ภูมิคุ้มกัน ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อ HIV ชนิดของสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้ การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรของพืช การตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๑.๑ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔

ว ๑.๒ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔, ม.๔/๕, ม.๔/๖, ม.๔/๗, ม.๔/๘, ม.๔/๙,

ม.๔/๑๐, ม.๔/๑๑, ม.๔/๑๒

รวม ๑๖ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๑๑๐๒ รายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ๒
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม หลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างการนำมิวแทนไปใช้ประโยชน์ ผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม นำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ และเกษตรกรรม เช่น การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เพื่อผลิตยาและวัคซีนด้านการเกษตร เช่น พืชดัดแปรพันธุกรรมที่ต้านทานโรคหรือแมลง สัตว์ดัดแปรพันธุกรรมที่มีลักษณะตามที่ต้องการและด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เพื่อหาความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือเพื่อหาผู้กระทำผิด สืบค้นข้อมูล ตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๑.๓ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔, ม.๔/๕, ม.๔/๖,

รวม ๖ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๒๑๐๑ รายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ๑
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับธาตุหรือสารประกอบและอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออนจากสูตรเคมี แบบจำลองอะตอม เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป ระบุหมู่และคาบของธาตุ ธาตุเป็นโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ กลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟหรือกลุ่มธาตุทรานซิชันจากตารางธาตุ เปรียบเทียบสมบัติการนำไฟฟ้า การให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างธาตุในกลุ่มโลหะกับอโลหะ รวมถึงประโยชน์และอันตรายที่เกิดจากธาตุเรฟรีเซนเททีฟและธาตุทรานซิชัน ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์และจำนวนคู่อิเล็กตรอนระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะจากสูตรโครงสร้าง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารโคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตามสภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน สามารถบอกและเขียนสูตรเคมีของไอออนและสารประกอบไอออนิก สารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว ระบุสารประกอบอินทรีย์ ประเภทไฮโดรคาร์บอนว่าอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวจากสูตรโครงสร้าง สมบัติทางกายภาพระหว่างพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ชนิดนั้น สมบัติความเป็นกรด-เบส จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ สมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติเทอร์มอพลาสติกและเทอร์โมเซตของพอลิเมอร์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ ผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี ความเข้มข้นพื้นที่ผิวอุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรม ความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์ สมบัติของสารกัมมันตรังสีและคำนวณ ครึ่งชีวิตและปริมาณของสารกัมมันตรังสี ประโยชน์ของสารกัมมันตรังสีและการป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๒.๑ ม.๕/๑ - ม.๕/๒๕

รวม ๒๕ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๒๑๐๒ รายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ๔
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ความเร่งของวัตถุ การหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ โดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น แรงแม่เหล็กที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก การเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก หลักการทำงานของมอเตอร์ การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ศึกษาแรงเข้มและแรงอ่อน พลังงานนิวเคลียร์ฟิชชันและฟิวชันและความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันและฟิวชัน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า การนำเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย การศึกษาการสะท้อน การหักเหการเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น ความถี่ธรรมชาติ การสั่นพ้องและผลที่เกิดขึ้นจากการสั่นพ้อง การสะท้อน การหักเหการเลี้ยวเบนและการรวมคลื่นของคลื่นเสียง รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับเสียงและผลของความถี่กับระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง การเกิดเสียงสะท้อนกลับ บีต ดอปเพลอร์และการสั่นพ้องของเสียง การนำความรู้เกี่ยวกับเสียงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การมองเห็นสีของวัตถุและความผิดปกติในการมองเห็นสี การทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมแสงสี การผสมสารสีและการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน แม่เหล็กไฟฟ้าและหลัก การทำงานของอุปกรณ์บางชนิดที่อาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสื่อสารโดยอาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๒.๒ ม.๕/๑ - ม.๕/๑๐

ว ๒.๓ ม.๕/๑ - ม.๕/๑๒ รวม ๒๒ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๓๑๐๑ รายวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ๑
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

ศึกษา วิเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี การค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ กระบวนการเกิดดาวฤกษ์โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาดจากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ ลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย การสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศและการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยี อวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๓.๑ ม.๖/๑, ม.๖/๒, ม.๖/๓, ม.๖/๔, ม.๖/๕, ม.๖/๖, ม.๖/๗, ม.๖/๘, ม.๖/๙, ม.๖/๑๐

รวม ๑๐ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๓๑๐๒ รายวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ๒
เวลา ๔๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษา วิเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก ตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุนหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ระบุสาเหตุและอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด พื้นที่เสี่ยงภัย แนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย กระบวนการเกิด ขนาด และความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว กระบวนการเกิดและผลจากสึนามิ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของโลก การหมุนเวียนของอากาศที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นผลมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลก การหมุนเวียนของอากาศตามเขต ละติจูดและผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ ผิวหน้าในมหาสมุทร และรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร ผลของการหมุนเวียนของอากาศและน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะภูมิอากาศ ลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก เพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และนำข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ มาวางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๓.๒ ม.๖/๑, ม.๖/๒, ม.๖/๓, ม.๖/๔, ม.๖/๕, ม.๖/๖, ม.๖/๗, ม.๖/๘, ม.๖/๙, ม.๖/๑๐, ม.๖/๑๑, ม.๖/๑๒, ม.๖/๑๓, ม.๖/๑๔

รวม ๑๔ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๐๑๘๑ รายวิชาออกแบบเทคโนโลยี ๑
เวลา ๒๐ ชั่วโมง / จำนวน ๐.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อน เพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ ด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหาพร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัย

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๔๑ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔, ม.๔/๕

รวม ๕ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว ๓๐๑๘๒ รายวิชาวิทยาการคำนวณ ๑
เวลา ๒๐ ชั่วโมง / จำนวน ๐.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

ศึกษาหลักการของแนวคิดเชิงคำนวณ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบการคิดเชิงนามธรรม ตัวอย่างและประโยชน์ของแนวคิดเชิงคำนวณเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับแก้ปัญหา การแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ การระบุข้อมูลเข้า ข้อมูลออก และเงื่อนไขของปัญหา การออกแบบขั้นตอนวิธี การทำซ้ำ การจัดเรียงและค้นหาข้อมูล ตัวอย่างการออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ การศึกษาตัวอย่างโครงงานทางเทคโนโลยีสารสนเทศ การกำหนดปัญหา ศึกษา วางแผน ดำเนินงาน สรุปผลและเผยแพร่ ในการพัฒนาโครงงานที่มีการบูรณาการร่วมกับวิชาอื่นและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

รหัสตัวชี้วัด / มาตรฐานการเรียนรู้

ว ๔.๒ ม.๔/๑

รวม ๑ ตัวชี้วัด

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๔๑ รายวิชาชีววิทยา ๑
เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต การใช้ความรู้และกระบวนการทางชีววิทยาที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การศึกษาชีววิทยาโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้เกี่ยวกับชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ การแพร่ การออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ การสื่อสารระหว่างเซลล์ การแบ่งเซลล์ การเปลี่ยนสภาพของเซลล์ การชราภาพของเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการศึกษาหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง การอภิปราย การอธิบายและสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิดความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมและจริยธรรม

ผลการเรียนรู้

๑. อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
๒. อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาสมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐานรวมทั้ง ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต
๔. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตรวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีนและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
๗. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิก และความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
๘. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

๙. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
๑๐. เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏ ภายใต้กล้องบอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
๑๑. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบายและระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์
๑๓. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส
๑๔. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต
๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส
๑๖. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส
๑๗. อธิบาย เปรียบเทียบและสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจน เพียงพอและภาวะที่ไม่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๔๒ รายวิชาชีววิทยา ๒
เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล กฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ศึกษาเกี่ยวกับยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน ศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทาง DNA พันธุวิศวกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA ความปลอดภัยของเทคโนโลยีทาง DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการ หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต พันธุศาสตร์ ประชากร กำเนิดของสปีชีส์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล
๒. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการ เกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่นF1 และ F2
๓. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบายและสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล
๔. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง
๕. อธิบายการถ่ายตยีนบนโครโมโซมและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ
๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA
๗. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการ สังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และRNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

๘. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรมแอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรมและเชื่อมโยงกับความรูเรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล
๙. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิด มิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน
๑๐. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
๑๑. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรมและข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม
๑๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
๑๓. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ของชาลส์ ดาร์วิน
๑๔. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล ในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
๑๕. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๒๑ รายวิชาเคมี ๑

เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ การระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร การเปลี่ยนหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย ศึกษาแบบจำลองอะตอม สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ อนุภาคมูลฐานของอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ แนวโน้มสมบัติบางประการของธาตุในตารางธาตุตามหมู่และตามคาบ สมบัติของธาตุโลหะทรานซิชัน การเปรียบเทียบสมบัติธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนทีฟ ศึกษาและอธิบายสมบัติและการคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี ยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ศึกษาการเกิดพันธะไอออนิก สูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ศึกษาการเกิดพันธะและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สภาพพหุของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวและระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สมบัติของสารโคเวเลนต์ร่างกาย ศึกษาการเกิดโลหะและสมบัติของโลหะ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

๑. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความระมัดระวังในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
๒. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
๓. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย
๔. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม
๕. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป

๖. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ
๗. ระบุหมู่คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรฟรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ
๘. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรฟรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ
๙. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ
๑๐. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทป กัมมันตรังสี
๑๑. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
๑๒. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส
๑๓. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก
๑๔. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์
๑๕. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก
๑๖. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก
๑๗. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส
๑๘. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์
๑๙. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ
๒๐. คาคะเนรูปร่างโมเลกุล โคเวเลนต์โดยใช้ ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์
๒๑. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์
๒๒. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่าง ๆ
๒๓. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ
๒๔. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะได้อย่างเหมาะสม

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๒๒ รายวิชาเคมี ๒

เวลา ๖๐ ชั่วโมง / จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับมวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาคมวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP ศึกษาหน่วยและการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย การทดลองเตรียมสารละลาย การเปรียบเทียบจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ศึกษาความหมายและเขียนสูตรโมเลกุล สูตรเอมพิริคัล หรือสูตรอย่างง่าย และสูตรโครงสร้างการคำนวณหามวลเป็นร้อยละจากสูตรการคำนวณหาสูตรเอมพิริคัล และสูตรโมเลกุลของสาร ศึกษาการเขียนและดุลสมการเคมี ทดลองและคำนวณหาอัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน ศึกษาสมบัติของระบบปิด และระบบเปิด ศึกษาและฝึกคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีที่เป็นไปตามกฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ศึกษาทดลองและคำนวณปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีตามกฎของเกย์-ลูสแซก และกฎของอาโวกาโดร ศึกษาและฝึกคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมีนั้น และสมการเคมีที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ สารกำหนดปริมาณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

๑. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด
๒. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร
๓. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย
๔. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส
๕. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน
๖. ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี
๗. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี
๘. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง
๙. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุและคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุมวลโมเลกุลและมวลสูตร
๑๐. อธิบาย และคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP

๑๑. คำนวนอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
๑๒. คำนวนสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
๑๓. คำนวนความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ
๑๔. อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด
๑๕. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๐๑ รายวิชาฟิสิกส์ ๑
เวลา ๘๐ ชั่วโมง / จำนวน ๒.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ การวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ความคลาดเคลื่อนในการวัด การแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ ความหมายจากกราฟ เส้นตรง ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการกระจัด ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัว จากกราฟและสมการ ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก แรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ สมบัติของความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม มวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ การประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

๑. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี
๒. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อน ในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้ง แสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์ และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง
๓. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่ง คงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
๔. ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน
๕. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๖. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๗. วิเคราะห์อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

๘. อธิบายสมดุลกลของวัตถุโมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง

๙. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว ๓๑๒๐๒ รายวิชาฟิสิกส์ ๒
เวลา ๘๐ ชั่วโมง / จำนวน ๒.๐ หน่วยกิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษางานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง กำลังเฉลี่ย พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ งานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การทำงาน ประสิทธิภาพ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกลในการพิจารณาโมเมนต์ของวัตถุ การดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ เวลาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนต์ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น การติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติที่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนต์สมมูลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ ผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ แผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล สมดุลของแรงสามแรง สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางของมวล วัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

๑. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้ง อธิบายและ คำนวณกำลังเฉลี่ย
๒. อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกลทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นรวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์
๓. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

๔. อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกลรวมทั้ง คำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล
๕. อธิบายและคำนวณโมเมนต์ของวัตถุและการตกลงจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนต์
๖. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่นไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนต์
๗. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์
๘. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางรัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ เวลา ๘๐ ชั่วโมง

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการ เรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)	คะแนน
1.	ตัวเรา พืช และสัตว์	ว 1.2 ป.1./1 ป.1./2	มนุษย์มีส่วนต่างๆ ที่มีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิต โดยส่วนต่างๆ ของร่างกายจะทำหน้าที่ร่วมกันในการทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน พืชและสัตว์มีส่วนต่างๆ ที่มีลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิต มนุษย์ใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายในการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อดำรงชีวิต ดังนั้นมนุษย์จึงควรใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายอย่างถูกต้อง ปลอดภัย และต้องรักษาความสะอาดของร่างกายอยู่เสมอ	26	20
2.	พืชและสัตว์ในท้องถิ่น	ว 1.1 ป.1./1 ป.1./2	บริเวณต่างๆ ในท้องถิ่น เช่น สนามหญ้า ใต้ต้นไม้ แหล่งน้ำ อาจพบพืชและสัตว์หลายชนิดอาศัยอยู่ บริเวณแตกต่างกันอาจพบพืชและสัตว์แตกต่างกัน เพราะสภาพแวดล้อมของแต่ละบริเวณจะมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแต่ละ บริเวณแตกต่างกันไป หากสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พืชและสัตว์อาศัยอยู่เกิดการเปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์	12	10

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการ เรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)	คะแนน
3.	วัสดุและการเกิดเสียง	ว 2.1 ป.1./1 ป.1./2 ว 2.3 ป.1./1	วัสดุที่นำมาใช้ทำวัสดุที่เป็นของเล่น และของใช้มีหลายชนิด เช่น ไม้ กระดาษ ยาง เป็นต้น วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติ แตกต่างกัน เช่น ความแข็ง พื้นผิว เป็น ต้น เราสามารถนำสมบัติของวัสดุแต่ละ ชนิดมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มวัสดุ ได้ วัสดุบางอย่างสามารถนำมาประกอบ กันเพื่อทำเป็นวัตถุต่างๆ ได้ เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุทำให้เกิดเสียงตามธรรมชาติและ แหล่งกำเนิดเสียงที่มนุษย์สร้างขึ้น เสียง เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงทุก ทิศทาง	22	20
4.	หินและท้องฟ้า	ว 3.1 ป.1./1 ป.1./2	บนท้องฟ้ามีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาว ซึ่งในเวลากลางวันจะมองเห็น ดวงอาทิตย์และอาจมองเห็นดวงอาทิตย์ และอาจมองเห็นดวงจันทร์บางเวลาใน บางวัน แต่ไม่สามารถมองเห็นดาวได้ ในเวลากลางวันไม่สามารถมองเห็นดาว เนื่องจากแสงอาทิตย์สว่างกว่าจึงกลบ แสงของดาว ส่วนในเวลากลางคืนจะ มองเห็นดาวและมองเห็นดวงจันทร์เกือบ ทุกคืนหินที่อยู่ในธรรมชาติมีลักษณะ ภายนอกเฉพาะตัวที่สังเกตได้ เช่น สี ลวดลาย ความแข็ง เป็นต้น	18	20
รวม				๔๐	๑๐๐
ระหว่างภาคเรียน				๗๘	๗๐
ปลายภาคเรียน				๒	๓๐
รวมผลการวัดประเมินผลทั้งหมด				๔๐	๑๐๐

โครงสร้างรายวิชา

รหัสวิชา 14101 รายวิชา วิทยาศาสตร์ชั้น ป.4 เวลาเรียน 80 ชั่วโมง/ปีการศึกษา

คะแนนเต็ม 100 คะแนน

อัตราส่วนคะแนน 50:50

ลำดับ ที่	ชื่อ หน่วยการ เรียนรู้	รหัสตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ(key concept)	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
1	กลุ่มสิ่งมีชีวิต	มาตรฐาน ว 1.2 ป.4/1 มาตรฐาน ว 1.3 ป.4/1 ,ป.4/2,ป.4/3, ป.4/4	สิ่งมีชีวิตมีลักษณะแตกต่างจากสิ่งไม่มีชีวิต โดย สิ่งมีชีวิตจะมีการเคลื่อนที่ กินอาหาร ขับถ่าย หายใจ เจริญเติบโต สืบพันธุ์ และตอบสนองต่อ สิ่งเร้า แต่สิ่งไม่มีชีวิตจะไม่มีลักษณะดังกล่าว	20	20
2	สารและสมบัติ ของสาร	มาตรฐาน ว 2.1 ป.4/1 ,ป.4/2,ป.4/3, ป.4/4 มาตรฐาน ว 2.2 ป.4/1 ,ป.4/2	ดินเกิดจากหินที่ผุพังผสมกับซากพืช ซากสัตว์ ในดินมีส่วนประกอบของเศษหิน อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศ ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ เกิดดินหลายชนิดพืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโต ในดินที่ต่างกัน	10	10
	ประเมินผล (สอบกลางภาคเรียน)				20
3	แสงกับการ มองเห็น	มาตรฐาน ว 2.3 ป.4/1	แสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเป็นแนว เส้นตรง เมื่อตกกระทบวัตถุจะเกิดการสะท้อน ของแสง และเมื่อแสงตกกระทบวัตถุ จะผ่าน วัตถุแต่ละชนิดได้ต่างกัน ทำให้จำแนกวัตถุออกเป็นตัวกลางโปร่งใส ตัวกลางโปร่งแสง และวัตถุทึบแสง เมื่อแสง เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ต่างชนิดกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงเปลี่ยนไป เรียกว่า การหักเหของแสง	20	10
4	เอกภพ	มาตรฐาน ว 3.1 ป.4/1 มาตรฐาน ว 4.2	ระบบสุริยะ ประกอบด้วย ดวงอาทิตย์เป็น ศูนย์กลาง และมีบริวารโคจรรอบอยู่โดยรอบ ส่วน ดาวตกหรือผีพุ่งไต้ อุกกาบาต อาจเกิดมาจาก	20	10

ลำดับ ที่	ชื่อ หน่วยการ เรียนรู้	รหัสตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ(key concept)	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
		ป.4/1 ,ป.4/2,ป.4/3, ป.4/4 ,ป.4/5	ดาวหาง ดาวเคราะห์น้อย หรือวัตถุขนาดเล็ก อื่นๆ		
	ประเมินผล (สอบปลายภาคเรียน)				30
รวม				80	100

โครงสร้างรายวิชา ว๒๑๑๐๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษา ชั้น ม.๑

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ๑

จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

จำนวน ๖๐ ชั่วโมง/ภาคเรียน

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน (๑๐๐)
๑.	หน่วยของสิ่งมีชีวิต	ว ๑.๒ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕,	รูปร่าง ลักษณะของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ หน้าที่และโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์ การ จัดระบบของสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากเซลล์จนเป็น สิ่งมีชีวิต การแพร่และออสโมซิส	๑๐	๑๐
๒.	การดำรงชีวิต ของพืช	ว ๑.๒ ม.๑/๖, ม.๑/๗, ม.๑/๘, ม.๑/๙, ม.๑/๑๐, ม.๑/๑๑, ม.๑/๑๒, ม.๑/๑๓, ม.๑/๑๔, ม.๑/๑๕, ม.๑/๑๖, ม.๑/๑๗, ม.๑/๑๘ ว ๒.๑ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓	การสังเคราะห์ด้วยแสง ลักษณะและหน้าที่ของ ไซเล็มและโฟลเอ็ม โครงสร้างของดอกที่ เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืช ความสำคัญ ของธาตุอาหารบางชนิดที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืชประโยชน์ ของการขยายพันธุ์พืชโดยใช้เทคโนโลยี	๓๐	๓๐
๓.	สารรอบตัว๑	ว ๒.๑ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖	สมบัติทางกายภาพบางประการของธาตุโลหะ อโลหะและกึ่งโลหะ วิเคราะห์ผลจากการใช้ รวมทั้งเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัย คุ้มค่า การเปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลว ความหนาแน่นของของสารบริสุทธิ์และสารผสม การใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตร	๒๐	๑๐
สอบกลางภาค					๒๐
สอบปลายภาค					๓๐
รวม					๑๐๐

โครงสร้างรายวิชา ว๒๑๑๐๒

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษา ชั้น ม.๑

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ๑

จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

จำนวน ๖๐ ชั่วโมง/ภาคเรียน

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน (๑๐๐)
๑.	สารรอบตัว๒	ว ๒.๑ ม.๑/๗, ม.๑/๘, ม.๑/๙, ม.๑/๑๐ ว ๒.๒ ม.๑/๑	ความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและ สารประกอบ โครงสร้างอะตอมโดยใช้ แบบจำลอง เปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ ของอนุภาคของสารโดยใช้แบบจำลอง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความ สูงจากพื้นโลก	๑๐	๑๐
๒.	พลังงานความร้อน	ว ๒.๓ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖, ม.๑/๗	การคำนวณปริมาณความร้อนโดยใช้เทอร์โม- มิเตอร์ การขยายตัวหรือหดตัวของสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน การถ่าย โอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนจน เกิดสมดุลความร้อน	๒๕	๒๐
๓.	บรรยากาศ	ว ๓.๒ ม.๑/๑, ม.๑/๒, ม.๑/๓, ม.๑/๔, ม.๑/๕, ม.๑/๖, ม.๑/๗	การแบ่งชั้นบรรยากาศและประโยชน์ของ บรรยากาศแต่ละชั้น การเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ กระบวนการเกิด พายุที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การ พยากรณ์อากาศและผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	๒๕	๒๐
สอบกลางภาค					๒๐
สอบปลายภาค					๓๐
รวม					๑๐๐

โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เวลา ๔๐ ชั่วโมง

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)	คะแนน
๑	ไบโอม	ว.๑.๑ ม.๔/๑,	ระบบนิเวศที่หลากหลายส่งผลให้เกิดความ หลากหลายของไบโอม	๕	๑๐
๒	ระบบนิเวศ	ว.๑.๑ ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔	สาเหตุและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลง แทนที่ของระบบนิเวศการเปลี่ยนแปลงของ องค์ประกอบในระบบนิเวศ ทั้งทางกายภาพ และทางชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ขนาดของประชากร ปัญหาและผลกระทบ ที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม	๑๐	๒๕
๓	คุณภาพของสิ่งมีชีวิต	ว.๑.๒ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔, ม.๔/๕, ม.๔/๖, ม.๔/๗	โครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ สัมพันธ์กับการลำเลียงสาร และ เปรียบเทียบการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้ม เซลล์แบบต่าง ๆ การรักษาดุลยภาพของน้ำ และสารในเลือด การควบคุมดุลยภาพของ กรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไต และปอด การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิ ภายในร่างกาย การตอบสนองของร่างกาย แบบไม่จำเพาะ และแบบจำเพาะต่อสิ่ง แปลกปลอมของร่างกาย โรคที่เกิดจาก ระบบภูมิคุ้มกัน	๑๕	๓๕
๔	การดำรงชีวิตของพืช	ว.๑.๒ ม.๔/๘, ม.๔/๙,	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น จุดเริ่มต้นของการสร้างน้ำตาลในพืช พืช เปลี่ยนน้ำตาลไป เป็นสารอาหารและสาร	๑๐	๓๐

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)	คะแนน
		ว.๑.๒ ม.๔/๑๐, ม.๔/๑๑, ม.๔/๑๒	อื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรตโปรตีน ไขมัน ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์ ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบ ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต		
รวม				๔๐	๑๐๐
ระหว่างภาคเรียน				๗๐	
ปลายภาคเรียน				๓๐	
รวมผลการวัดประเมินผลทั้งหมด				๑๐๐	

โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ๒

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เวลา ๔๐ ชั่วโมง

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)	คะแนน
๑	พันธุกรรม	ว.๑.๒ ม.๔/๑, ม.๔/๒, ม.๔/๓, ม.๔/๔, ม.๔/๕	ความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์ โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม หลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกรับควบคุม ด้วย ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอล ลีล มิวเทชันที่เปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอ ไทด์ หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือ จำนวนโครโมโซม มนุษย์นำความรู้ เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาประยุกต์ใช้	๒๐	๔๕
๒	ความหลากหลายทาง ชีวภาพ	ว.๑.๒ ม.๔/๕, ม.๔/๖	ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลมา จากวิวัฒนาการ และการที่มนุษย์นำความรู้ เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ ทางด้านการแพทย์ เกษษกรรม ด้าน การเกษตร และด้านนิติวิทยาศาสตร์	๘	๒๕
๓	วิวัฒนาการ	ว.๑.๒ ม.๔/๖	กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้ สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมในการ ดำรงชีวิตสามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ใน สิ่งแวดล้อมนั้นๆ กระบวนการคัดเลือกโดย ธรรมชาติเป็นหลักการที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ ทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	๑๒	๓๐
รวม				๔๐	๑๐๐
ระหว่างภาคเรียน				๗๐	
ปลายภาคเรียน				๓๐	
รวมผลการวัดประเมินผลทั้งหมด				๑๐๐	

อภิธานศัพท์

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ที่	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	ความหมาย
๑.	กำหนดปัญหา	define problem	ระบุคำถามประเด็นหรือสถานการณ์ที่เป็นข้อสงสัยเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาหรืออภิปรายร่วมกัน
๒.	แก้ปัญหา	Solve problem	หาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่รู้วิธีการมาก่อน ทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยตรงและปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้เทคนิคและวิธีการต่างๆ
๓.	เขียนแผนผัง/วาดภาพ	Construct diagram/ illustrate	นำเสนอข้อมูลหรือผลการสำรวจตรวจสอบด้วยแผนผัง กราฟหรือภาพวาด
๔.	คาดคะเน	predict	คาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้และประสบการณ์ที่มี
๕.	คำนวณ	calculate	หาผลลัพธ์จากข้อมูล โดยใช้หลักการทฤษฎี หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์
๖.	จำแนก	classify	จัดกลุ่มของสิ่งต่างๆโดยอาศัยลักษณะที่เหมือนกันเป็นเกณฑ์พูดหรือเขียนประโยค หรือวลีเพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นหาคำตอบที่ต้องการ
๗.	ตั้งคำถาม	ask question	พูดหรือเขียนประโยค หรือวลีเพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นหาคำตอบที่ต้องการ

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ที่	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	ความหมาย
๘.	ทดลอง	Conduct/experiment	ปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบของคำถามหรือปัญหาในการทดลอง โดยตั้งสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดตัวแปรและวางแผนดำเนินการเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
๙.	นำเสนอ	present	แสดงข้อมูล เรื่องราว หรือความคิด เพื่อให้ผู้อื่นรับรู้หรือพิจารณา
๑๐.	บรรยาย	Describe	ให้รายละเอียดของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นได้รับรู้ ด้วยการบอกหรือเขียน
๑๑.	บอก	tell	ให้ข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่ผู้อื่น ด้วยการพูด หรือเขียน
๑๒.	บันทึก	record	เขียนข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เพื่อช่วยจำ หรือเพื่อเป็นหลักฐาน
๑๓.	เปรียบเทียบ	compare	บอกความเหมือน และ/หรือความแตกต่าง ของสิ่งที่เทียบเคียงกัน
๑๔.	แปลความหมาย	interpret	แสดงความหมายของข้อมูลจากหลักฐานที่ปรากฏเพื่อลงข้อสรุป
๑๕.	ยกตัวอย่าง	Give examples	ให้ข้อมูลเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ เพื่อแสดงความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้
๑๖.	ระบุ	identify	ชี้บอกสิ่งต่างๆโดยใช้ข้อมูลประกอบอย่างเพียงพอ

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ที่	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	ความหมาย
๑๗.	เลือกใช้	select	พิจารณา และตัดสินใจนำวัสดุ สิ่งของ อุปกรณ์ หรือวิธีการมาใช้ได้อย่างเหมาะสม
๑๘.	วัด	measure	หาขนาด หรือปริมาณ ของสิ่งต่างๆ โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสม
๑๙.	วิเคราะห์	analyze	แยกแยะ จัดระบบ เปรียบเทียบ จัดลำดับ จัดจำแนก หรือเชื่อมโยงข้อมูล
๒๐.	สังเกต	observe	หาข้อมูลด้วยการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า ที่เหมาะสมตามข้อเท็จจริงที่ปรากฏ โดยไม่ใช้ประสบการณ์เดิมของผู้สังเกต
๒๑.	สร้างแบบจำลอง	Construct model	นำเสนอแนวคิด หรือเหตุการณ์ในรูปแบบของแผนภาพ ชี้นงาน สมการ ข้อความ คำพูดและ/หรือใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายความคิด วัตถุ หรือเหตุการณ์ต่างๆ
๒๒.	สำรวจ	explore	หาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ โดยใช้วิธีการและเทคนิคที่เหมาะสม เพื่อนำข้อมูลมาใช้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้
๒๓.	สืบค้นข้อมูล	search	หาข้อมูล หรือข้อสนเทศที่มีผู้รวบรวมไว้แล้วจากแหล่งต่างๆมาใช้ประโยชน์

๒๔.	สื่อสาร	communicate	นำเสนอ และการแลกเปลี่ยนความคิด ข้อมูล หรือผลจากการสำรวจ ตรวจสอบ ด้วยวิธีที่เหมาะสม
-----	---------	-------------	--

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ที่	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	ความหมาย
๒๕.	อธิบาย	explain	กล่าวถึงเรื่องราว ต่างๆอย่างมีเหตุผล และมีข้อมูล หรือ ประจักษ์พยานอ้างอิง
๒๖.	อภิปราย	discuss	แสดงความคิดเห็นต่อ ประเด็นหรือคำถาม อย่างมีเหตุผลโดย อาศัยความรู้และ ประสบการณ์ของผู้ อภิปรายและข้อมูล ประกอบ
๒๗.	ออกแบบการทดลอง	Design experiment	กำหนด และวางแผน วิธีการทดลองให้ สอดคล้องกับ สมมติฐานและตัว

			แปรต่างๆ รวมทั้งการ บันทึกข้อมูล
--	--	--	-------------------------------------