



คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

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

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

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

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



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



สารบัญ

• เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑
• ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร	๓
๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร	๔
๒. เป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์	๖
๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์	๑๔
๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	๑๗
๕. คุณภาพผู้เรียน	๕๒
๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๕๕
๗. จิตวิทยาศาสตร์	๖๓
๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑	๖๕
๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่างๆ	๗๘
๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๘๔
๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้	๘๘
เอกสารอ้างอิง ส่วนที่ ๑	๙๐
• ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๙๓
• คณะผู้จัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑๒๗



สารบัญภาพ

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



สารบัญตาราง

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



จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็น
สำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือ
แนวคิด (Concept) ให้เป็น
โครงข่ายความรู้ (Network)

ศึกษาหลักสูตร และผลการเรียนรู้ให้เข้าใจ
พิจารณาเชื่อมโยงกับผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระอื่น ๆ

การจัดการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
ผู้สอนต้อง

ประเมินการเรียนรู้ทั้งแบบระหว่างเรียน
(Formative Assessment) และ
แบบสรุปรวม (Summative Assessment)
ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย

มีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มแข็ง
ช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้
และทักษะตามผลการเรียนรู้

เลือกและใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้
นักเรียนได้คิด สืบเสาะและใช้เทคโนโลยีร่วมสมัย
ผ่านการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน

วางแผนการจัดการเรียนรู้ สรรหาและ
เลือกกิจกรรมที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้
เพื่อให้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ
ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) และ
สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
(Nature of Science)



เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ และให้สถานศึกษานำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน ในกรณีนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้พัฒนาคู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้หลักสูตร อาทิ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ทูกระดับของประเทศ ผู้เขียนตำราและสื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร และสำนักพิมพ์ต่างๆ ได้ใช้ประโยชน์ในการจัดทำหรือจัดทำตำราเรียน สื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร การจัดทำแบบทดสอบและข้อสอบการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูและสถานศึกษา และอื่นๆ ให้สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตร หลีกเลี่ยงการเกิดความสับสนหรือความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ต่างๆ ที่ระบุไว้ในหลักสูตรเช่นที่ผ่านมา

คู่มือการใช้หลักสูตรฯ ฉบับนี้จำแนกเนื้อหาสาระสำคัญออกเป็น ๒ ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร

ประกอบด้วย ที่มาของการปรับหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์และคุณภาพของผู้เรียน แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการต่างๆ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดระดับสูง ทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะการเรียนรู้ร่วมกันและการทำงานเป็น

ทีม และอื่นๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่พลเมืองแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จำเป็นต้องเรียนรู้ และฝึกฝน ตลอดจนความรู้ด้านการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน เป้าหมายของการจัดทำส่วนนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบุคลากรทางการศึกษา และผู้ใช้หลักสูตรในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความจำเป็นของการปรับหลักสูตร ตลอดจนสามารถจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรและศตวรรษที่ ๒๑ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ อย่างมีความสุข ผ่านการลงมือปฏิบัติ สืบเสาะหาความรู้เพื่อทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ฝึกฝนทักษะกระบวนการต่างๆ และสามารถเชื่อมโยงและนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอาชีพได้

ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

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

- การวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านเจตคติ (Affective Domain) ซึ่งเป็นเป้าหมายปลายทางของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้ผู้เรียนได้แสดงออกหลังจากเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้เหล่านั้น
- แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ทั้งสามด้านของผู้เรียน เปิดกว้างให้ผู้สอนและผู้ใช้หลักสูตรสามารถออกแบบและสร้างสรรค์แผนการจัดการ



เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง แต่ยังคงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

- แนวการประเมินการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และเจตคติ ที่วิเคราะห์ได้จากผลการเรียนรู้ ตลอดจนแนวการประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ตัวอย่างการนำเสนอรายละเอียดของกรวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๑

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณ และกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงแผ่นดินไหว สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

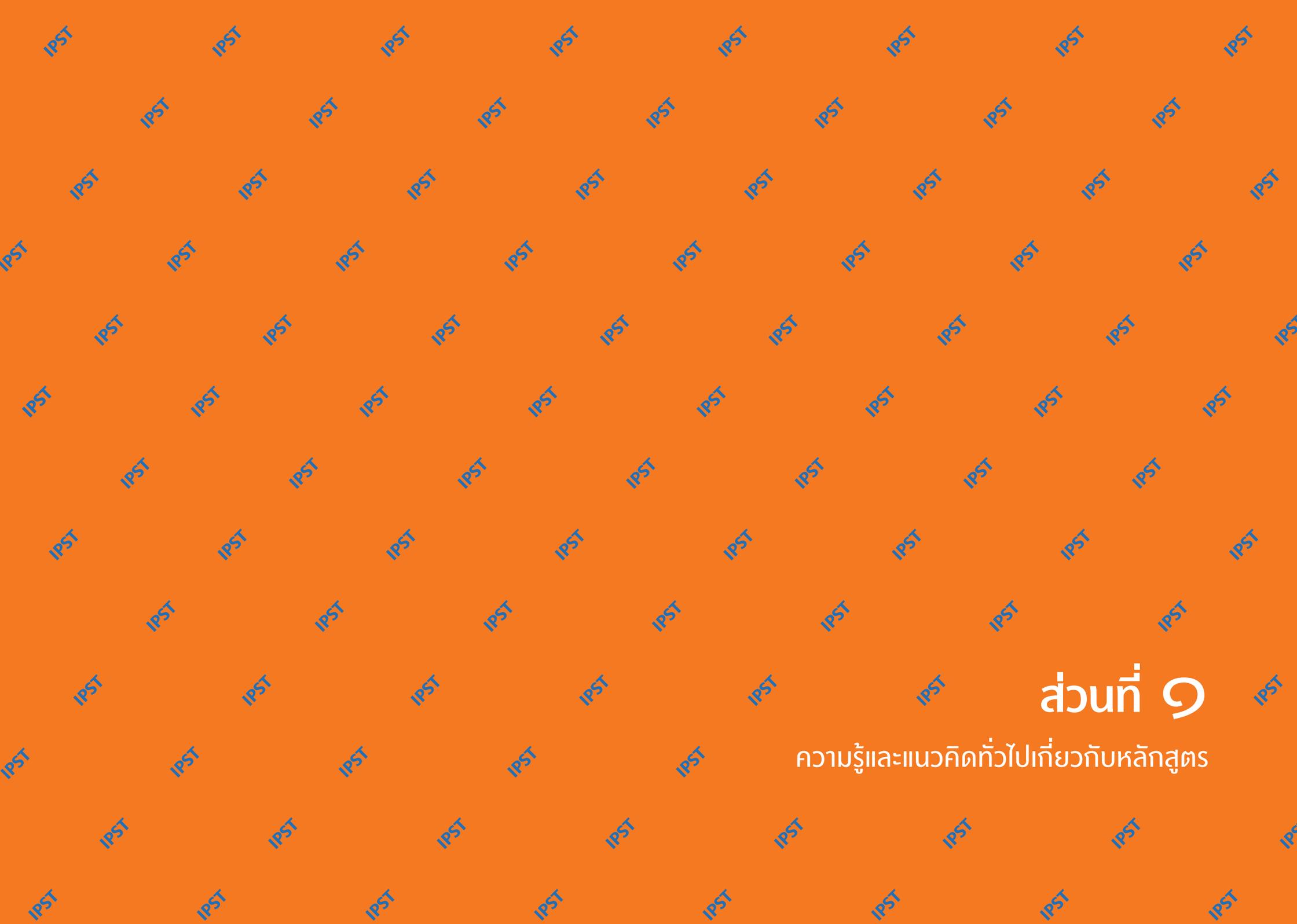
ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาวรรณฟิสิกส์ ประสิทธิภาพเป็นาว รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการทรงตัว ความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>1. ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งเน้นการสืบเสาะหาคำถามและองค์ความรู้ต่างๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับปริมาณทางกายภาพ</p> <p>2. ประวัติความเป็นมาของพัฒนาการทางฟิสิกส์</p> <p>3. ฟิสิกส์กับการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการทรงตัวความรู้ใหม่</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การลงความเห็นจากข้อมูล (ความน่าเชื่อถือ และความถูกต้อง ของข้อมูล)</p> <p>ทักษะเจตคติธรรมศรัทธา 21</p> <p>1. การสืบเสาะหาคำถามและการมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ 2. การมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้และการมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ 3. ความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ และนักวิทยาศาสตร์ที่รู้จัก ยกตัวอย่างเกี่ยวกับหลักการค้นพบฟิสิกส์ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และบุคลิกลักษณะอันดีประสงค์ของนักวิทยาศาสตร์ จัดกิจกรรม เช่น เกม และควาหรือวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ทางฟิสิกส์ จัดกิจกรรมสืบค้นหรือค้นหาวรรณฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์ตรงในการค้นหาคำถามหรือองค์ความรู้ฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และอภิปรายร่วมกับเพื่อนที่กิจกรรม ให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นการเชื่อมโยงการค้นพบในอดีตกับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการนำเทคโนโลยีไปใช้ค้นหาความรู้ใหม่ในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจให้นักเรียนเสนอสถานการณ์ที่สามารถอธิบายการทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นกรณีศึกษา ตัวอย่าง จากนี้ไปเสนอผล ให้นักเรียนสรุปเนื้อหาตรงความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ทางฟิสิกส์ จากการสรุปและการเขียนค้นพบได้ค้น ประวัติความเป็นมาของพัฒนาการทางฟิสิกส์ ฟิสิกส์กับการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการแสวงหาความรู้ใหม่ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูล การสืบเสาะหาความรู้ และการทำงานเป็นทีม และการทำงานเป็นทีม และการมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ การมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ การมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ การมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้ การมีใจรักใฝ่เรียนใฝ่รู้</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงานและจากทำแบบทดสอบ</p>

ภาพที่ ๑ ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

รายละเอียดของคู่มือการใช้หลักสูตรฯ มีดังต่อไปนี้



ส่วนที่ ๑

ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร



๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร

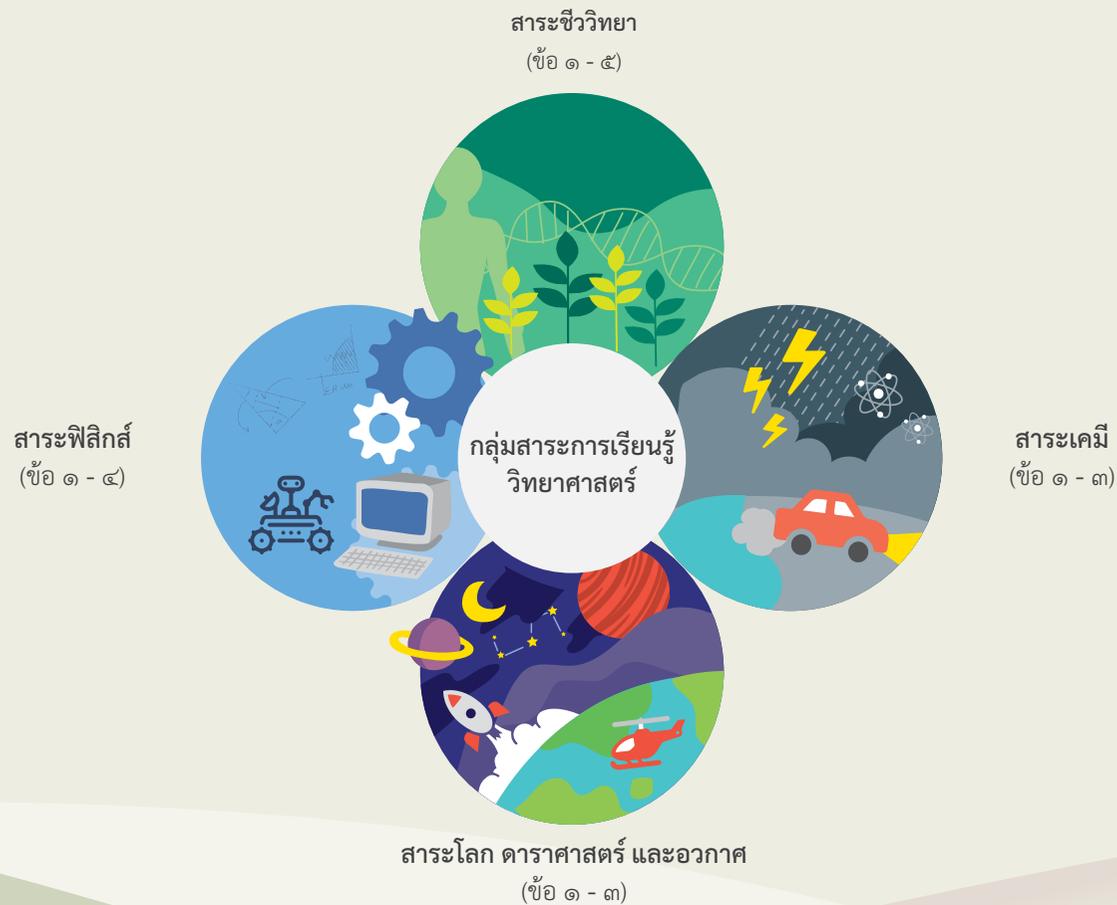
ด้วยปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในสังคมโลกแห่งศตวรรษที่ ๒๑ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ในการทบทวนและปรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ให้ทันสมัยและทัดเทียมนานาชาติ อาทิเช่น มีการจัดเรียง โยกย้ายแนวคิดรวบยอดและทักษะต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน ทัดเทียมนานาชาติ พิจารณาการเชื่อมโยงกันของเนื้อหาต่าง ๆ ทั้งภายในสาระ และระหว่างสาระ คำนึงถึงความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนานควบคู่กับการฝึกฝนและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เป็นพลเมืองของประเทศที่มีสมรรถนะเหมาะสมกับการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ อันนำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติต่อไป

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

๑. จัดแนวคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันทั้งภายในสาระการเรียนรู้และระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกันและไม่ซ้ำซ้อน

๒. จัดเรียงลำดับตัวชี้วัดในสาระต่าง ๆ ให้เชื่อมโยงและร้อยเรียงกันจากแนวคิดที่เป็นรูปธรรมไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม หรือจากแนวคิดที่ใกล้ตัวไปสู่ไกลตัว หรือจากแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนแนวคิดอื่น ๆ ในสาระวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖
๓. วิเคราะห์เปรียบเทียบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ กับหลักสูตรของประเทศชั้นนำด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อปรับหลักสูตรให้มีความทันสมัย และทัดเทียมนานาชาติ
๔. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ด้วยการทำกิจกรรมและปฏิบัติการต่าง ๆ ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ ๒๑ จนเกิดสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตได้อย่างเป็นระบบ เชื่อมมันและศรัทธาในความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

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



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



๒. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความหมายของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ

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

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

ด้านที่ ๑ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview)

ด้วยวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติทั้งบนโลกและนอกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงมีมุมมองเฉพาะตัวเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งอาจแตกต่างจากมุมมองของศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

- เราสามารถทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ บนโลกได้

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกหรือในเอกภพ ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นแบบรูป (Pattern) สามารถเข้าใจได้ด้วยสติปัญญา วิธีการศึกษาที่เป็นระบบ ผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ ยิ่งข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็ยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจและเข้าใจถึงความจริงของปรากฏการณ์นั้น ๆ ยิ่งขึ้น

- แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้

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

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน และเชื่อถือได้

แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะยอมรับเรื่องความไม่แน่นอน และความไม่มีที่สิ้นสุดของความรู้หรือคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ แต่ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาผ่านวิธีการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นระยะเวลาหนึ่งจนมั่นใจในคำอธิบายนั้น รวมถึงมีการตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ จนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ และกว่าการค้นพบความรู้ใหม่จะลบล้างความรู้เดิมได้อาจใช้ระยะเวลายาวนาน

- ทฤษฎีและกฎมีความสัมพันธ์กันแต่แตกต่างกัน

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

- วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม

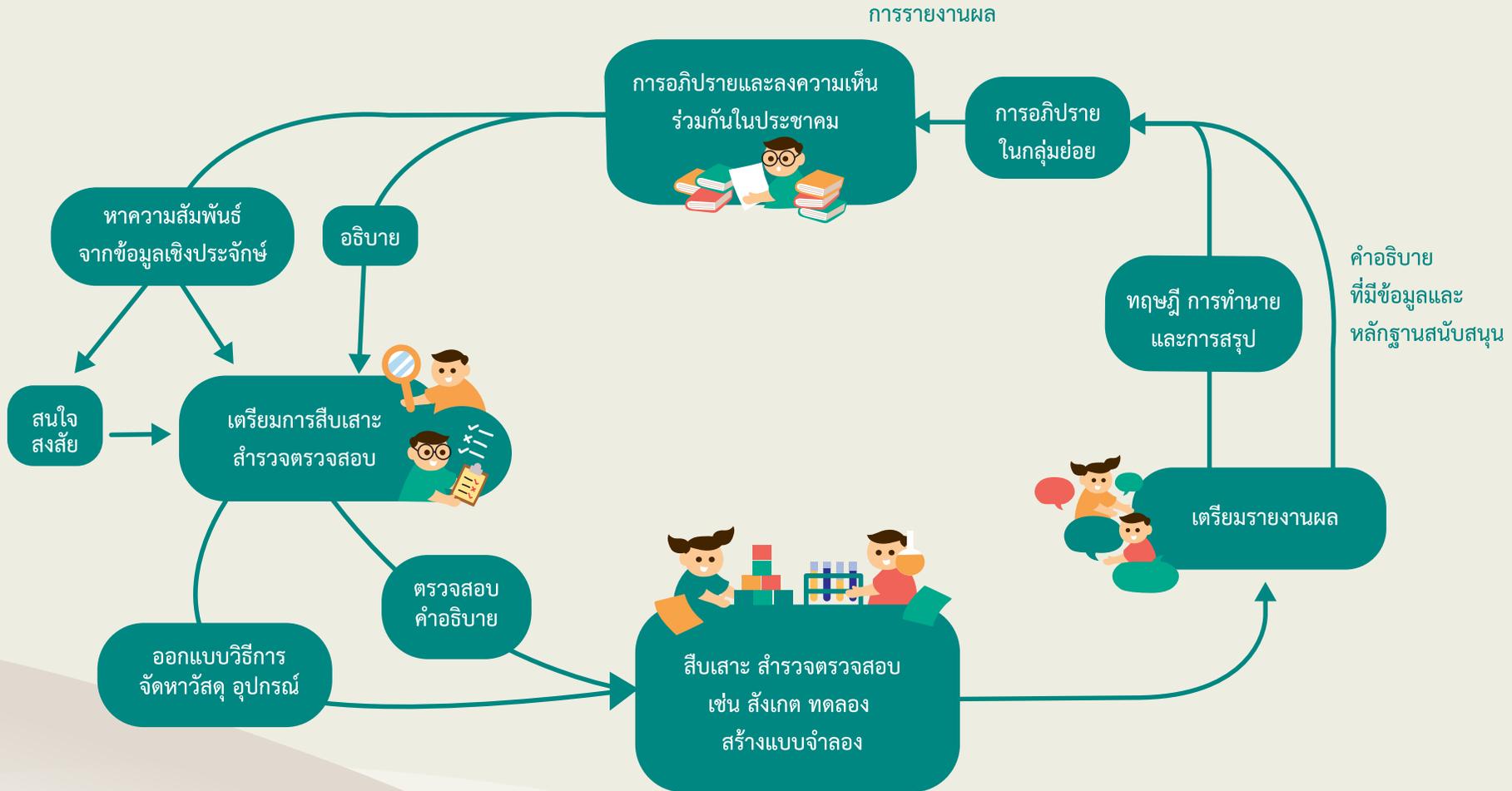
วิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่างๆ ในโลกหลายสิ่ง ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงไม่มีหน้าที่ให้คำตอบหรืออธิบายในเรื่องเหล่านี้ แม้ว่าบางครั้งอาจมีแนวคำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้ก็ตาม

ด้านที่ ๒ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จินตนาการ และการคิดสร้างสรรค์ เป็นการทำงานเพื่อสืบเสาะหาคำอธิบายสิ่งที่สนใจทั้งโดยส่วนตัวและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกัน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นมากกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์” หรือ “การทดลองทางวิทยาศาสตร์” แต่เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ และมีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

๑. คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้
๒. ข้อมูลหลักฐานทั้งเชิงประจักษ์และจากที่ผู้อื่นค้นพบ
๓. การทำความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัย
๔. การเชื่อมโยง เปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น
๕. การสื่อสารคำอธิบายหรือสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่นทราบ

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ไม่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ในขณะที่เดียวกันอาจต้องสืบเสาะซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อตอบคำถาม และอาจเกิดคำถามใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไป หมายความว่านี่เป็นวัฏจักร ดังแสดงไว้ ดังภาพที่ ๓



ภาพที่ ๓ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชั้นนำ

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

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ ดังนี้

- **วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Evidence)**

การสร้างคำอธิบายหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จากการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง หรือวิธีอื่นๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำซ้ำได้ และมีความถูกต้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคม ก็จะได้รับ การยอมรับและเผยแพร่ให้คนทั่วไปในสังคมได้เรียนรู้ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การค้นพบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคมอาจต้องใช้เวลา นาน เช่น แม้ว่าไอสไตน์ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๐๕ แต่ทฤษฎีนี้ จะได้รับการยอมรับจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้เวลาถึง ๑๔ ปี

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

การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกจะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผล (Logic) เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้อมูลอื่นๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลหลักฐานทุติยภูมิ (Secondary Data Source) ที่ได้จากการสืบค้นเพื่อสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป หลายครั้งที่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์

- **วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์**

นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน

นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ แล้ว วิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคต หรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

- **นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง**

ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะถามตัวเองก่อนเสมอว่ามีหลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวคิดนี้ การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียงอันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ การตีความหมาย หรือการรายงานข้อมูล

- **วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น**

วิทยาศาสตร์เชื่อว่าบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งหน้าที่ การงานสูงอย่างไร ก็ไม่มีอำนาจตัดสินว่า อะไรคือความจริง ไม่มีใครมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกค้นพบต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถตรวจสอบได้ และหากแนวคิดใหม่นั้นถูกต้องกว่าแนวคิดเดิม ก็ย่อมได้รับการยอมรับแม้ว่าจะถูกค้นพบโดยผู้ไม่มีชื่อเสียง ซึ่งต้องมาแทนที่ความรู้เดิมที่ค้นพบโดยคนมีชื่อเสียงก็ได้



ด้านที่ ๓ กิจการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรมของมนุษย์ชาติ ซึ่งมีหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กระทำอาจเป็นสิ่งที่แบ่งแยกยุคสมัยต่างๆ ออกจากกันอย่างชัดเจน

• วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน

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

• วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร

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

• วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ

นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ความมีใจกว้าง เพราะในบางครั้งความต้องการได้รับการยกย่องว่าเป็นคนแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์ก้าวไปในทางที่ผิดได้ เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกประการก็คือ การระวางอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำผลการศึกษาไปใช้

• นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง

ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ ค่านิยม และความเชื่อส่วนตัว

• วิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลายคนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่แท้ที่จริงแล้ว ทั้งสองมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์จะเน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

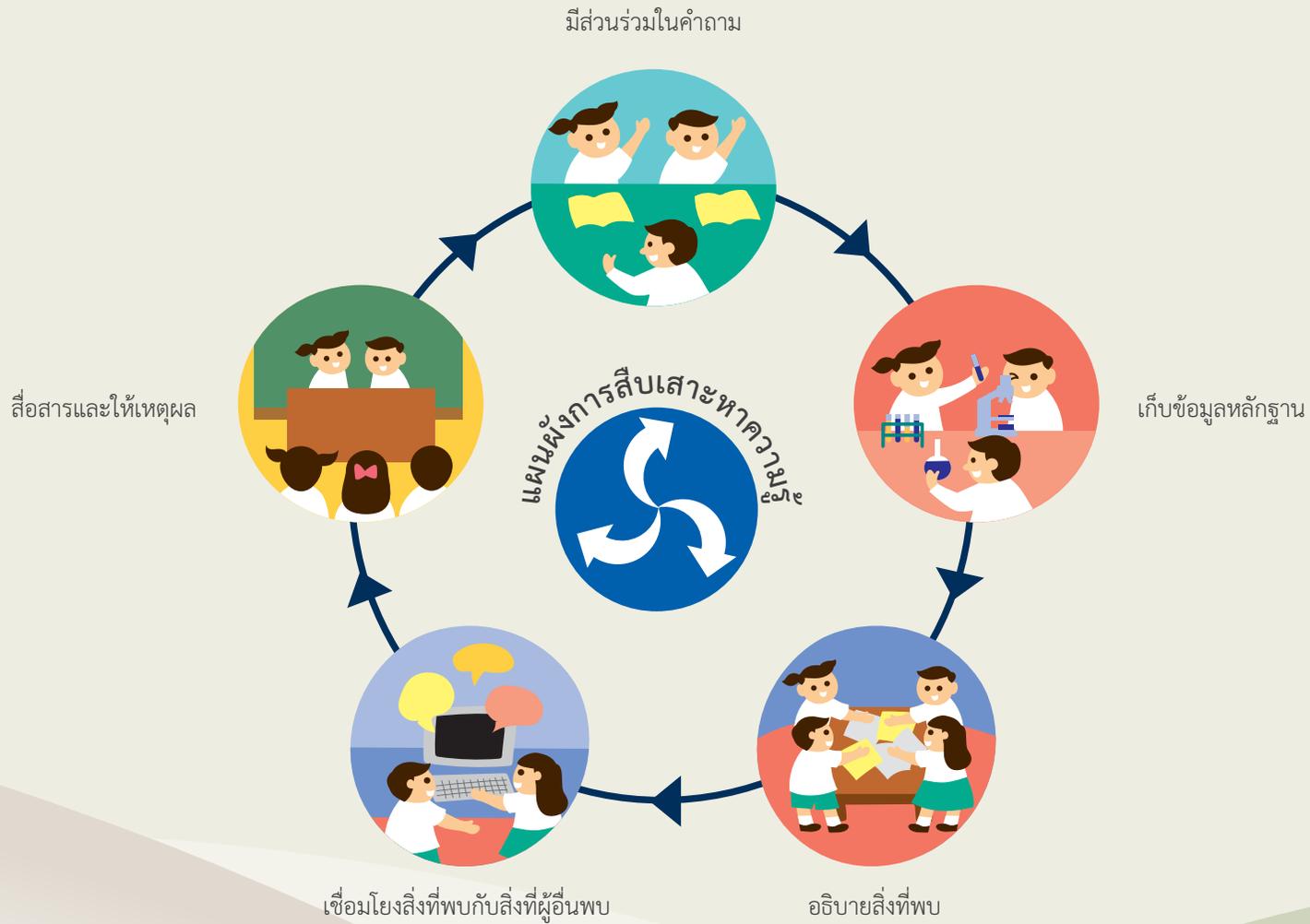
การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

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

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้มีลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ ดังนี้

๑. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำถามทางวิทยาศาสตร์ในที่นี้หมายถึงคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน คำถามที่ดีควรเป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อตอบคำถามนั้นๆ ได้
๒. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบ ผู้เรียนต้องลงมือทำปฏิบัติการ เช่น สังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง เพื่อนำหลักฐานเชิงประจักษ์ต่างๆ มาเชื่อมโยง หาแบบรูป และอธิบายหรือตอบคำถามที่ศึกษา

๓. ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ต้องแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ สามารถจำแนก วิเคราะห์ ลงความเห็นจากข้อมูล พยากรณ์ ตั้งสมมติฐาน หรือลงข้อสรุป
๔. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายของตนกับคำอธิบายอื่นๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถประเมิน (Judge) ข้อมูลและหลักฐานต่างๆ เพื่อตัดสินใจ (Make Decision) ว่า ควรเพิกเฉยหรือนำคำอธิบายนั้นมาพิจารณาและปรับปรุงคำอธิบายของตนเอง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถประเมินคำอธิบายของเพื่อน บุคคลอื่น หรือแหล่งข้อมูลอื่น แล้วนำมาเปรียบเทียบ เชื่อมโยง สัมพันธ์ แล้วสร้างคำอธิบายอย่างมีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับความรู้อื่นๆ ที่ได้รับการยอมรับแล้ว
๕. สื่อสารการค้นพบของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ ผู้เรียนได้สื่อสารและนำเสนอการค้นพบของตนในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจ สามารถทำตามได้ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ได้มีการซักและตอบคำถาม ตรวจสอบข้อมูล ให้เหตุผล วิเคราะห์และรับคำวิจารณ์และได้แนวคิดหรือมุมมองอื่นในการปรับปรุงการอธิบาย หรือวิธีการสืบเสาะค้นหาคำตอบ



ภาพที่ ๔ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน



ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

๑. เพื่อให้เข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎและความรู้พื้นฐานในวิทยาศาสตร์
๒. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
๓. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้และพัฒนาเทคโนโลยี
๔. เพื่อให้ตระหนักการมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม
๕. เพื่อนำความรู้ในแนวคิดและทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
๖. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการประเมินและตัดสินใจ
๗. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหาและปฏิบัติการ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย เน้นทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ดียิ่งขึ้น ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้

• ชีววิทยา

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

• เคมี

เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

• ฟิสิกส์

เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและ การค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

• โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

โดยมีรายละเอียดที่กำหนดเนื้อหาสาระดังนี้

• สาระชีววิทยา

๑. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
๒. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๔. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาสุขภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทฤษฎาการธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

• สาระเคมี

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี สมดุลในปฏิกริยาเคมี สมบัติและปฏิกริยาของกรด-เบส ปฏิกริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

• สาระฟิสิกส์

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



๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียง และการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

• **สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์
๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

- สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	<p>๑. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ - การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต - ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ก็มีผลในการค้นหาคำรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย
	<p>๒. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนหนึ่งได้จากการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขและหน่วยวัด - ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ ต่าง ๆ โดยตรงหรือทางอ้อมหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์คือระบบหน่วยระหว่างชาติ เรียกว่าระบบเอสไอ - ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า ๑ มาก ๆ นิยมเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือเขียนโดยใช้ค่านำหน้าหน่วยของระบบเอสไอ การเขียนโดยใช้สัญกรณ์วิทยาศาสตร์เป็นการเขียนเพื่อแสดงจำนวนเลขนัยสำคัญที่ถูกต้อง - การทดลองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่างๆ การบันทึกปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยจำนวนเลขนัยสำคัญที่เหมาะสมและค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟ เช่น การหาความชันจากกราฟเส้นตรง จุดตัดแกน พื้นที่ใต้กราฟ เป็นต้น



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๓. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - การวัดปริมาณต่าง ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับเครื่องมือ วิธีการวัด และประสบการณ์ของผู้วัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถแสดงในการรายงานผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟ - การวัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่นการวัดความยาวของวัตถุที่ต้องการความละเอียดสูงอาจใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ส หรือไมโครมิเตอร์ - ฟิสิกส์อาศัยคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า และการสื่อสาร <p>- ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยความเร็วและความเร่งมีทั้งค่าเฉลี่ยและค่าขณะหนึ่งซึ่งคิดในช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัวมีความสัมพันธ์ตามสมการ</p> $v = u + at$ $\Delta x = \left(\frac{u + v}{2} \right) t$ $\Delta x = ut + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = u^2 + 2a\Delta x$ <ul style="list-style-type: none"> - การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถเขียนอยู่ในรูปกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลาหรือกราฟความเร่งกับเวลา ความชันของเส้นกราฟตำแหน่งกับเวลาเป็นความเร็ว ความชันของเส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นความเร่ง และพื้นที่ใต้เส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นการกระจัด ในกรณีที่ผู้สังเกตมีความเร็ว ความเร็วของวัตถุที่สังเกตได้เป็นความเร็วที่เทียบกับผู้สังเกต - การตกอย่างเสรีเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๔. อธิบายแรงและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งทดลองหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> - แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงมีทั้งขนาดและทิศทาง กรณีที่มีแรงหลาย ๆ แรงกระทำต่อวัตถุสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุโดยใช้วิธีเขียนเวกเตอร์ของแรงแบบหางต่อหัว วิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานของแรงและวิธีคำนวณ
	<p>๕. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สมบัติของวัตถุที่ด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกว่า ความเฉื่อย มวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย - การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนเป็นแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระได้ - กรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อหนึ่งของนิวตัน - กรณีที่มีแรงภายนอกมากระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ มวลและความเร่งเขียนแทนได้ด้วย <p>สมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน</p> <ul style="list-style-type: none"> - เมื่อวัตถุสองก้อนออกแรงกระทำต่อกัน แรงระหว่างวัตถุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามและกระทำต่อวัตถุคนละก้อน เรียกว่า แรงคูกรียา-ปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน และเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีวัตถุทั้งสองสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้
	<p>๖. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมิ้น้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่มวลสองก้อนดึงดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม และเป็นไปตามกฎความโน้มถ่วงสากล <p>เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$</p> <ul style="list-style-type: none"> - รอบโลกมีสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุมิ้น้ำหนัก



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๗. วิเคราะห์และอธิบายแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่ง และวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> - แรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุสองก้อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าแรงเสียดทาน แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ - ขณะออกแรงพยายามแต่วัตถุยังคงอยู่นิ่ง แรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับแรงพยายามที่กระทำต่อวัตถุนั้น และแรงเสียดทานมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานนี้ว่าแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ คำนวณได้จากสมการ $f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ - การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
	<p>๘. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ไว้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว - วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ - วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$ - เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<ul style="list-style-type: none"> - การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล
	<p>๙. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่เรียบเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน - วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ
	<p>๑๐. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย</p>	<ul style="list-style-type: none"> - งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ตามสมการ $W = F\Delta x \cos \theta$ หรือหาจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่ง โดยแรงที่กระทำอาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ - งานที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย ดังสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$
	<p>๑๑. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์</p>	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน - พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ - พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$ และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น คำนวณได้จากสมการ $E_{p_s} = \frac{1}{2}kx^2$ - พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามสมการ $E = E_k + E_p$ - แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ - งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป ตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๒. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ - เขียนแทนได้ด้วยสมการ $E_K + E_P = \text{ค่าคงตัว}$ - กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก
	<p>๑๓. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล</p>	<ul style="list-style-type: none"> - การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ้ม สกรู และ ล้อกับเพลลา ใช้หลักของงานและสมมูลกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ $\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$ การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ $M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{S_{in}}{S_{out}}$
	<p>๑๔. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม</p>	<ul style="list-style-type: none"> - วัตถุที่เคลื่อนที่ที่มีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ - เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตรา การเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ - แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่า การดล ตามสมการ $\vec{I} = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t$ ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา
	<p>๑๕. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ในการชนกันของวัตถุและการติดตัวออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเขียนแทนได้ด้วยสมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ - โดย \vec{p}_i เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ \vec{p}_f เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน - ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๖. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์</p>	<p>- การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุประสงค์เปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกัน และเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำ จึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ตามสมการ</p> $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ <p>ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำจึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$</p>
	<p>๑๗. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม</p>	<p>- วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพท์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$</p> <p>- นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$</p> <p>- ดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลกมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้าในระนาบของเส้นศูนย์สูตรมีคาบการโคจรเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก หรือมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียมจึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลกตลอดเวลา</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	<p>- การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุลโดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัว และมีการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลที่เวลาใด ๆ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์ โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ</p> $x = A \sin(\omega t + \phi)$ $v = A\omega \cos(\omega t + \phi)$ $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ $a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi)$ $a = -\omega^2 x$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- การสั่นของวัตถุติดปลายสปริง และการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่มีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล แต่มีทิศทางตรงข้าม โดยมีคาบการสั่นของวัตถุที่ติดอยู่ที่ปลายสปริง และคาบการแกว่งของลูกตุ้มตามสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ และ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ตามลำดับ</p>
	<p>๒. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง</p>	<p>- เมื่อตั้งวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้สั่น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัว การตั้งลูกตุ้มออกจากแนวตั้งแล้วปล่อยให้แกว่ง ลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้ เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง</p>
	<p>๓. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่น ด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น</p>	<p>- คลื่นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายโอนพลังงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง</p> <p>- คลื่นที่ถ่ายโอนพลังงานโดยต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง นอกจากนี้ยังจำแนกชนิดของคลื่นออกเป็นสองชนิดได้แก่ คลื่นตามขวาง และคลื่นตามยาว</p> <p>- คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกันบรรยายได้ด้วยการกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น เฟส ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ แอมพลิจูด และอัตราเร็ว โดยอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = f\lambda$</p> <p>- การแผ่ของหน้าคลื่นเป็นไปตามหลักของฮอยเกนส์ และถ้ามีคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกัน จะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ</p>
	<p>๔. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- คลื่นมีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน</p> <p>- คลื่นเกิดการสะท้อนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน แล้วเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อน เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> <p style="text-align: right;">มุมสะท้อน = มุมตกกระทบ</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- คลื่นเกิดการหักเหเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไปซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเห เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ <p>- คลื่นเกิดการแทรกสอดเมื่อคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันแล้วรวมกันตามหลักการซ้อนทับ โดยกรณี S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกัน ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ</p> $ S_1P-S_2P = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$ $ S_1Q-S_2Q = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ <p>- คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่นอาพันธ์สองขบวนแทรกสอดกันแล้วเกิดตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริมตลอดเวลา เรียกว่า ปฏิบัพ และตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างตลอดเวลา เรียกว่า บัพ</p> <p>- คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้</p>
	<p>๕. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นการกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว เกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอนุภาคตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น อัตราเร็วเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ คำนวณได้จากสมการ $v = 331 + 0.6 T_C$</p> <p>- เสียงมีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน</p>
	<p>๖. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- กำลังเสียงเป็นอัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของหน้าคลื่นทรงกลมเรียกว่าความเข้มเสียง คำนวณได้จากสมการ $I = \frac{P}{A}$</p>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๗. ทดลองและอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>- ระดับเสียงเป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง โดยหาได้จากลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงกับความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์เริ่มได้ยิน</p> <p>ตามสมการ $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$</p> <p>- ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันเนื่องจากมีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน</p> <p>- เสียงที่มีระดับเสียงสูงมากหรือเสียงบางประเภทที่มีผลต่อสภาพจิตใจของผู้ฟังจัดเป็นมลพิษทางเสียง</p> <p>- ถ้าอากาศในท่อถูกกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของอากาศในท่อนั้น จะเกิดการสั่นพ้องของเสียง โดยความถี่ในการเกิดการสั่นพ้องของท่อปลายเปิดหนึ่งด้านคำนวณได้จากสมการ</p> $f_n = n \frac{v}{4L} \quad \text{เมื่อ} \quad n = 1, 3, 5, \dots$ <p>- ถ้าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันไม่มากมาพบกันจะเกิดบีต ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ</p> <p>- คลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากัน มาแทรกสอดกัน จะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง</p> <p>- เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่โดยผู้ฟังอยู่นิ่ง ผู้ฟังเคลื่อนที่โดยแหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่ง หรือ ทั้งแหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากกัน ผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไป เรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์</p> <p>- ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางเดียวกัน จะเกิดคลื่นกระแทก ทำให้เสียงตามแนวหน้าคลื่นกระแทกมีพลังงานสูงมากมีผลทำให้ผู้สังเกตในบริเวณใกล้เคียงได้ยินเสียงดังมาก</p> <p>- ความรู้เรื่องเสียงนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การปรับเทียบเสียงเครื่องดนตรี อธิบายหลักการทำงานของเครื่องดนตรี การปลงเสียงของมนุษย์ การประมง การแพทย์ ธรณีวิทยา อุตสาหกรรม เป็นต้น</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๘. ทดลองและอธิบายสมบัติการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง สมบัติการเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- เมื่อแสงผ่านช่องเล็กยาวเดี่ยว (สลิตเดี่ยว) และช่องเล็กยาวคู่ (สลิตคู่) จะเกิดการเลี้ยวเบน และการแทรกสอด ทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ตามสมการ แถบมืด สำหรับสลิตเดี่ยว</p> $d \sin \theta = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$ <p>แถบสว่าง สำหรับสลิตคู่</p> $d \sin \theta = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$ <p>แถบมืดสำหรับสลิตคู่</p> $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$ <p>- เกรตติง เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยช่องเล็กยาวที่มีจำนวนช่องต่อหนึ่งหน่วยความยาว เป็นจำนวนมาก และระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อยโดยแต่ละช่องห่างเท่า ๆ กัน ใช้สำหรับ หาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ</p> $d \sin \theta = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$
	<p>๙. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุเมื่อแสงตกกระทบกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>- เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุ จะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตาม กฎการสะท้อน</p> <p>- วัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จะเกิดภาพที่สามารถหาตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้น ได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการ กระจกเงาราบ $s' = -s$</p> <p>กรณี กระจกเงาทรงกลม</p> $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๐. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุมหักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริงและความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางจะเกิดการหักเห โดยอัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหของตัวกลางคู่หนึ่งมีค่าคงตัว เรียกความสัมพันธ์นี้ว่ากฎของสเนลล์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ - การหักเหของแสงทำให้มองเห็นภาพของวัตถุที่อยู่ในตัวกลางต่างชนิดกันมีตำแหน่งเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้จากสมการ $\frac{s'}{s} = \frac{n_2}{n_1}$ - มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่า ๙๐ องศา เรียกว่า มุมวิกฤต ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่มีแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหมากไปตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อย คำนวณได้จากสมการ $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ - การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต
	<p>๑๑. ทดลองและเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อวางวัตถุหน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุ โดยตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดขึ้นหาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสง หรือคำนวณได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$ - ความรู้เรื่องเลนส์นำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น
	<p>๑๒. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลม มิราจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> - กฎการสะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลม และมิราจ - เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศ แสงจะเกิดการกระเจิง ใช้อธิบายการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๓. สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี	<ul style="list-style-type: none"> - การมองเห็นสีจะขึ้นกับแสงสีที่ตกกระทบกับวัตถุและสารสีบนวัตถุโดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี - การผสมสารสีทำให้ได้สารสีที่มีสีเปลี่ยนไปจากเดิม ถ้านำแสงสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมกันจะได้แสงขาว - แผ่นกรองแสงสียอมให้บางแสงสีผ่านไปได้และดูดกลืนบางแสงสี - การผสมแสงสีและการผสมสารสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านศิลปะ ด้านการแสดง - ความผิดปกติในการมองเห็นสีหรือการบอดสี เกิดจากความบกพร่องของเซลล์รูปกรวย ซึ่งเป็นเซลล์รับแสงชนิดหนึ่งบนจอตา
ม.๖	-	-

๓. เข้าใจสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้า พลังงานศักย์ไฟฟ้า ส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ กฎของโอห์ม คำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก หลักการทำงานของแกลวนอมีเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	<ul style="list-style-type: none"> - การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขัดสีกัน จะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีกวัตถุหนึ่ง โดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>-เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ตัวนำไฟฟ้า จะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุและประจุชนิดเดียวกันด้านที่ไกลวัตถุ เรียกว่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถใช้วิธีการนี้ในการทำให้วัตถุมีประจุได้</p>
	<p>๒. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์</p>	<p>- จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสอง และมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสองและ แปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \text{ เมื่อ } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
	<p>๓. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์</p>	<p>- รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q_1 มีสนามไฟฟ้าขนาด $E = k \frac{q_1}{r^2}$ ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า</p> <p>- สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า q_2 ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$</p> <p>- สนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ</p> <p>- ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากัน แต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม</p> <p>- สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๔. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $U = k \frac{q_1 q_2}{r}$ - พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุและแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้น เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ - ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$ - ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า คืองานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$ - ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้นในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ $V_B - V_A = Ed$
	<p>๕. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชั้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ $C = \frac{Q}{\Delta V}$ - ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุ ตามสมการ $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$ - เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ - เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๖. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน	<ul style="list-style-type: none">- ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่นในอากาศ เครื่องพ่นสี เครื่องถ่ายสำเนา และเครื่องถ่ายเอกสาร- ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น ไฟผ่าประกายไฟจากการเสียดสีกันของวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
	๗. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	<ul style="list-style-type: none">- เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า หรือมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า- กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ตามสมการ$I = nev_d A$
	๘. ทดลองและ อธิบายกฎของโอห์ม ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	<ul style="list-style-type: none">- เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ$I = \left(\frac{1}{R}\right)V$- ความต้านทานของวัตถุเมื่ออุณหภูมิคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุ ตามสมการ$R = \rho \frac{l}{A}$- ค่าความต้านทานของตัวต้านทานอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน- เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$- เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๙. ทดลอง อธิบายและคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า</p>	<p>- แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ</p> $\mathcal{E} = \Delta V + Ir$ <p>- พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ</p> $W = I\Delta Vt \quad \text{และ} \quad P = I\Delta V$
	<p>๑๐. ทดลองและคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน</p>	<p>- เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ</p> $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n \quad \text{และ}$ $r = r_1 + r_2 + \dots + r_n \quad \text{ตามลำดับ}$ <p>- เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมีค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ</p> $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots = \mathcal{E}_n \quad \text{และ}$ $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \quad \text{ตามลำดับ}$ <p>- กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ</p> $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๑. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none">- การนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ- เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน เป็นการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม
ม.๖	<p>๑. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรง และโซเลนอยด์</p> <p>๒. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน</p>	<ul style="list-style-type: none">- เส้นสนามแม่เหล็กเป็นเส้นสมมติที่ใช้แสดงบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากแสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก- ฟลักซ์แม่เหล็ก คือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ$B = \frac{\phi}{A}$- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงหรือโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น- อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นคำนวณได้จากสมการ $F = qvB\sin\theta$- กรณีที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ประจุเคลื่อนที่เปลี่ยนไปโดยรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ$r = \frac{mv}{qB}$- ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้นโดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ$F = ILB\sin\theta$- เมื่อวางเส้นลวดสองเส้นขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านทั้งสองเส้น จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๓. อธิบายหลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ $M = NIAB\cos\theta$</p>
	<p>๔. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า</p>	<p>- เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำ จะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำนั้น อธิบายได้โดยใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$ <p>- ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎของเลนซ์</p> <p>- ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำนำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบล็คสตาร์ทแบบขดลวดของหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกิตาร์ไฟฟ้า</p>
	<p>๕. อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส</p>	<p>- ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนมีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์</p> <p>- การวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าสลับใช้ค่าเฉลี่ยผลหรือค่ามิเตอร์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย คำนวณได้จากสมการ</p> $V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ $I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๖. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีขดลวดตัวนำ 3 ชุด แต่ละชุดวางทำมุม ๑๒๐ องศาซึ่งกันและกัน ไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดจะมีเฟสต่างกัน ๑๒๐ องศา ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องเพิ่มอีเอ็มเอฟจากโรงไฟฟ้าแล้วลดอีเอ็มเอฟให้มีค่าที่ต้องการโดยใช้หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ - ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง โดยอีเอ็มเอฟในขดลวดทุติยภูมิขึ้นกับอีเอ็มเอฟในขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง ตามสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$
	<p>๗. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - การเหนี่ยวนำต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกจากแหล่งกำเนิด - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น - แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยแสงในชีวิตประจำวันเป็นแสงไมโครเวฟ เมื่อแสงนั้นผ่านแผ่นโพลาไรซ์ สนามไฟฟ้าจะมีทิศทางอยู่ในระนาบเดียวเรียกว่า แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น สมบัติของแสงลักษณะนี้เรียกว่า โพลาไรเซชัน - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่าง ๆ มากมาย โดยความถี่นี้มีค่าต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง เรียกว่า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า - ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้า เช่น เครื่องฉายรังสีเอกซ์ เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๘. สืบค้นและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล	<ul style="list-style-type: none"> - การสื่อสารเพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ทำได้โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม - สัญญาณสารสนเทศมีสองชนิดคือแอนะล็อกและดิจิทัล โดยการส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก

๔. เข้าใจสมบัติทางกายภาพของสสาร พลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและ เปลี่ยนสถานะ สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ความดันแก๊ส ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ แรงพุงจากของไหล ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว สมบัติของของไหลอุดมคติ กฎของแก๊สอุดมคติ แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน กัมมันตภาพรังสี แรงแม่เหล็กไฟฟ้า นิวเคลียร์ ฟิชชัน และฟิวชัน การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป และสสารอาจเปลี่ยนสถานะโดยไม่เปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิกำนวณได้จากสมการ ส่วนปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ ส่วนปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๒. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้ง ทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>- วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งรับ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$</p> <p>- เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเท่ากันจะไม่มีการถ่ายโอนความร้อน เรียกว่าวัตถุอยู่ในสมดุลความร้อน</p> <p>- สมบัติที่วัสดุเปลี่ยนรูปและกลับสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำเรียกว่า สภาพยืดหยุ่น ถ้ายังออกแรงต่อไป วัสดุจะขาดหรือเสียรูปร่างถาวร</p> <p>- ในกรณีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความยาว ถ้าออกแรงกระทำต่อเส้นลวดไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นลวดแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง ทำให้ความเครียดตามยาวที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับความเค้นตามยาว โดยความเค้นตามยาวคำนวณได้จากสมการ</p> $\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{ส่วนความเครียดตามยาวคำนวณได้จากสมการ} \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ <p>- อัตราส่วนความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดูลัสของยัง ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดของวัสดุ คำนวณได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\epsilon}$ หรือ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$</p> <p>- ถ้าวัสดุมีมอดูลัสของยังสูงแสดงว่าวัสดุนั้นเปลี่ยนแปลงความยาวได้น้อย ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น วัสดุไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน</p>
	<p>๓. อธิบายและคำนวณความดันแก๊ส ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก</p>	<p>- ภาชนะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว</p> <p>- ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันแก๊ส คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$</p> <p>ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันแก๊ส เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ คำนวณได้จากสมการ $P = P_0 + P_g$</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<ul style="list-style-type: none"> - ค่าของความดันอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เช่น แมนอมิเตอร์ บาร์อมิเตอร์ - เมื่อเพิ่มความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุก ๆ จุดในของเหลว นั้น เรียกว่า กฎพาสคัล กฎนี้นำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก
	๔. ทดลอง อธิบายและคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	<ul style="list-style-type: none"> - วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงพยุงจากของไหลกระทำ โดยขนาดแรงพยุงเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ตามหลักของอาร์คิมิดีส ซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล ขนาดแรงพยุงจากของไหลคำนวณได้จากสมการ $F_b = \rho V g$
	๕. ทดลอง อธิบายและคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว	<ul style="list-style-type: none"> - ความตึงผิวเป็นสมบัติของของเหลวที่ยึดผิวของเหลวไว้ด้วยแรงตึงผิว ปรากฏการณ์ที่เป็นผลจากความตึงผิว เช่น การเดินบนผิวน้ำของแมลงบางชนิด การซึมตามรูเล็ก หรือ การโค้งงอของผิวของเหลว โดยความตึงผิวของของเหลวคำนวณได้จากสมการ $\gamma = \frac{F}{l}$ <ul style="list-style-type: none"> - ความหนืดเป็นสมบัติของของไหล วัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหลจะมีแรงเนื่องจากความหนืดต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า แรงหนืด
	๖. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	<ul style="list-style-type: none"> - ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ ไม่มี ความหนืด บีบอัดไม่ได้ และไหลโดยไม่หมุน มีอัตราการไหลตามสมการความต่อเนื่อง <p><i>Av</i> ค่าคงตัว</p> <ul style="list-style-type: none"> - ตำแหน่งสองตำแหน่งบนสายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอจะมีผลรวมของความดันสัมบูรณ์ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสมการแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงตัว}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๗. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น - ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติเป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_bT$
	<p>๘. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - จากแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และจากกฎของแก๊สอุดมคติ ทำให้สามารถศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊สได้ ได้แก่ ความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ยและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส ของโมเลกุลของแก๊สได้ - จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สมีความสัมพันธ์ตามสมการ $PV = \frac{2}{3}NE_k$ ส่วนอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สคำนวณได้จากสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_bT}{m}}$
	<p>๙. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ในภาชนะปิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สโดยความดันคงตัว งานที่เกิดขึ้นคำนวณได้จากสมการ $W = P\Delta V$ <ul style="list-style-type: none"> - โมเลกุลของแก๊สอุดมคติในภาชนะปิดจะมีพลังงานจลน์ โดยพลังงานจลน์รวมของโมเลกุลเรียกว่า พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบ ซึ่งแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส - พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงาน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานเรียกกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ แสดงได้ด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๐. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ และการเกิดเส้นสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- ความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ</p> <p>- พลังค์เสนอสมมติฐานเพื่ออธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำ ซึ่งสรุปได้ว่า พลังงานที่วัตถุดำดูดกลืนหรือแผ่ออกมามีค่าได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น และค่านี้จะเป็นจำนวนเท่าของ hf เรียกว่าควอนตัมพลังงาน โดยแสงความถี่ f จะมีพลังงานตามสมการ $E = nhf$</p> <p>- ทฤษฎีอะตอมของไฮโดรเจนที่เสนอโดยโบร์อธิบายว่า อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในวงโคจรบางวงได้โดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าอิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนวงโคจรจะมีการรับหรือปล่อยพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามสมมติฐานของพลังค์ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณรัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอน และพลังงานอะตอมของไฮโดรเจนได้ตามสมการ</p> $r_n = \left(\frac{\hbar^2}{mke^2} \right) n^2 \text{ และ } E_n = -\frac{1}{2} \frac{mk^2 e^4}{\hbar^2} \left(\frac{1}{n^2} \right)$ <p>ตามลำดับ</p> <p>- ทฤษฎีอะตอมของโบร์สามารถนำไปคำนวณความยาวคลื่นของแสงในสเปกตรัมเส้นสว่างของอะตอมไฮโดรเจนตามสมการ $\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$</p>
	<p>๑๑. อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและคำนวณพลังงานโฟตอน พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะ</p>	<p>- ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะเมื่อมีแสงที่มีความถี่เหมาะสมมาตกกระทบ โดยจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง และพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะขึ้นกับความถี่ของแสงนั้น โดยพลังงานของแสงหรือโฟตอนตามสมมติฐานของพลังค์</p> <p>- ไอน์สไตน์อาศัยกฎการอนุรักษ์พลังงานและสมมติฐานของพลังค์ อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกตามสมการ $hf = W + E_{k_{\max}}$</p>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- การทดลอง พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะคำนวณได้จากสมการ $E_{k_{\max}} = eV_s$ และ $W = hf_0$ ตามลำดับ</p>
	<p>๑๒. อธิบายทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค รวมทั้งอธิบายและคำนวณความยาวคลื่นเดอบรอยล์</p>	<p>- การค้นพบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนสนับสนุนความคิดของเดอบรอยล์ที่เสนอว่า อนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ โดยเมื่ออนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่นเรียกว่า ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ ซึ่งมีค่าขึ้นกับโมเมนตัมของอนุภาค</p> <p>ตามสมการ $\lambda = \frac{h}{p}$</p> <p>- จากความคิดของไอน์สไตน์และ เดอบรอยล์ ทำให้สรุปได้ว่า คลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้ และอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ สมบัตินี้เรียกว่า ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค</p>
	<p>๑๓. อธิบายกัมมันตภาพรังสีและความแตกต่างของรังสีแอลฟา บีตาและแกมมา</p>	<p>- กัมมันตภาพรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่อง รังสีที่ออกมา มี ๓ ชนิด คือ แอลฟา บีตา และแกมมา</p> <p>- การแผ่รังสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งเขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> <p>การสลายให้แอลฟา ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$</p> <p>การสลายให้บีตาลบ ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$</p> <p>การสลายให้บีตาบวก ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu_e$</p> <p>การสลายให้แกมมา ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX^* + \gamma$</p>
	<p>๑๔. อธิบายและคำนวณ กัมมันตภาพของนิวเคลียสกัมมันตรังสี รวมทั้ง ทดลอง อธิบาย และคำนวณจำนวนนิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลาย และครึ่งชีวิต</p>	<p>- ในการสลายของธาตุกัมมันตรังสี อัตราการแผ่รังสีออกมาในขณะหนึ่ง เรียกว่า กัมมันตภาพ ปริมาณนี้บอกถึงอัตราการลดลงของจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี จำนวนได้จากสมการ</p> $A = \lambda N$



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- ช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น เรียกว่า ครึ่งชีวิต โดยจำนวนนิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลาย และครึ่งชีวิตคำนวณได้จากสมการ</p> $N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ และ } T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ ตามลำดับ}$
	<p>๑๕. อธิบายแรงนิวเคลียร์ เสถียรภาพของนิวเคลียส และพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>- ภายในนิวเคลียสมีแรงนิวเคลียร์ที่ ใช้อธิบายเสถียรภาพของนิวเคลียส</p> <p>- การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียสแยกออกจากกัน ต้องใช้พลังงานเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยว ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$</p> <p>- นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูงจะมีเสถียรภาพดีกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนต่ำ โดยพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนคำนวณได้จากสมการ</p> $\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$
	<p>๑๖. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน และฟิวชัน รวมทั้งคำนวณพลังงานนิวเคลียร์</p>	<p>- ปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือระดับพลังงาน เรียกว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์</p> <p>- ฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลมากแตกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า ส่วนฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลน้อยรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสที่มีมวลมากขึ้น</p> <p>- พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันหรือฟิวชัน เรียกว่าพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งมีค่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$</p>
	<p>๑๗. อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ และรังสี รวมทั้ง อันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่าง ๆ</p>	<p>- พลังงานนิวเคลียร์และรังสีจากการสลายของธาตุกัมมันตรังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ขณะเดียวกันต้องมีการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้</p>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๘. อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค แบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - การศึกษาโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสด้วยเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงพบว่า โปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าเรียกว่า ควาร์ก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ด้วยแรงเข้ม - นักฟิสิกส์ยังได้ค้นพบอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงเข้มซึ่งได้แก่ กลูออน และอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงอ่อน ซึ่งได้แก่ W-โบซอน และ Z-โบซอน - อนุภาคที่ไม่สามารถแยกเป็นองค์ประกอบได้ รวมทั้งอนุภาคที่เป็นสื่อของแรง จัดเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน - แบบจำลองมาตรฐานเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมและอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐาน - การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการแพทย์ มีการใช้เครื่องเร่งอนุภาคในการรักษาโรคมะเร็ง การใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีระนาบด้วยการปล่อยโพซิตรอนในการวินิจฉัยโรคมะเร็ง ด้านการรักษาความปลอดภัย มีการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิต้องานในสนามบิน

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

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



การเทียบเคียงตัวชี้วัดในสาระพื้นฐานวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) และผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติมฟิสิกส์

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p>มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๑. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ</p>	<p>ข้อ ๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกลโมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๔</p> <p>๓. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>
<p>๒. สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ โดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์</p>	<p>๔. อธิบายแรงและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งทดลองหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน</p>
<p>๓. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ</p> <p>๔. สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ</p>	<p>๕. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ อธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้ง ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่งตามกฎข้อที่สองของนิวตัน</p>
<p>มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๕. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และ การเคลื่อนที่แบบสั่น</p>	<p>ข้อ ๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๔</p> <p>๑๖. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์</p>

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
	<p>๑๗. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม</p> <p>ข้อ ๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๕</p> <p>๑. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>
<p>มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.5</p> <p>7. สังเกตและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า</p>	<p>ข้อ ๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสารรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๖</p> <p>๑. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรง และโซลีนอยด์</p>
<p>๘. สังเกตและอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนาม แม่เหล็ก และแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายหลักการการทำงานของมอเตอร์</p>	<p>๒. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวด ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน</p> <p>๓. อธิบายหลักการการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p>๔. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟ รวมทั้งยกตัวอย่างการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p>	<p>๔. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า</p>
<p>มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๑๐. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเข้มและแรงอ่อน</p>	<p>ข้อ ๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๖</p> <p>๑๕. อธิบายแรงแวนเดอวาลส์ เสถียรภาพของนิวเคลียส และพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> <p>๑๘. อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค แบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ</p>
<p>มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายพลังงานนิวเคลียร์ ฟิซชันและฟิวชันและความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิซชันและฟิวชัน</p>	<p>ข้อ ๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๖</p> <p>๑๖. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิซชัน และฟิวชัน รวมทั้งคำนวณพลังงานนิวเคลียร์</p> <p>๑๗. อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ และรังสี รวมทั้งอันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่าง ๆ</p>

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p>มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน</p>	<p>ข้อ ๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p>
<p>มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.5</p> <p>๓. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่น</p>	<p>ผลการเรียนรู้ ม.๕</p> <p>๑๑. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน</p> <p>ข้อ ๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๕</p> <p>๓. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น</p> <p>๔. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>
<p>๔. สังเกตและอธิบาย ความเป็นธรรมชาติ การสั่นพ้อง และผลที่เกิดขึ้นจากการสั่นพ้อง</p>	<p>๒. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง</p>



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p>๕. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่นของคลื่นเสียง</p>	<p>๕. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>
<p>๖. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับเสียงและผลของความถี่กับระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง</p>	<p>๖. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>
<p>๗. สังเกตและอธิบายการเกิดเสียงสะท้อนกลับ บีต ดอปเพลอร์ และการสั่นพ้องของเสียง ๘. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับเสียงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>๗. ทดลองและอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p>
<p>๙. สังเกตและอธิบายการมองเห็นสีของวัตถุและความผิดปกติ ในการมองเห็นสี ๑๐. สังเกตและอธิบายการทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมแสงสี การผสมสารสีและการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>๑๓. สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี</p>
<p>มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ตัวชี้วัด ม.๕</p> <p>๑๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนประกอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ หลักการทำงานของอุปกรณ์บางชนิดที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า</p>	<p>ข้อ ๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.๖</p> <p>๗. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง</p>

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน

๑๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม

๘. สืบค้นและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล



๕. คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

ผู้เรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ของ ๔ สาระเพิ่มเติม มีคุณภาพดังนี้

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

- เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัม และการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
- เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี
- เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพุ่ง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงแม่เหล็กไฟฟ้า และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค
- เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและ

ธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

- เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศแรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ
- เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์



วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัดสุ อุปกรณ์รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ
- วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้
- แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชมภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ ๒๑ นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันทั่วทั้ง ดั้งนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมโยงยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ ๒๑ อย่างมีคุณค่า

ทักษะสำคัญที่ผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

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

- **ทักษะการสังเกต (Observing)**

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

- **ทักษะการวัด (Measuring)**

เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ จากเครื่องมือที่เลือกใช้ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็ว พร้อมระบุหน่วยของการวัดได้อย่างถูกต้อง

- **ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)**

เป็นความสามารถในการคาดเดาอย่างมีหลักการเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูล (Data) หรือสารสนเทศ (Information) ที่เคยเก็บรวบรวมไว้ในอดีต

- **ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)**

เป็นความสามารถในการแยกแยะ จัดพวกหรือจัดกลุ่มสิ่งต่างๆ ที่สนใจ เช่น วัตถุ สิ่งมีชีวิต ดาวและเทหวัตถุต่างๆ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา ออกเป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถในการเลือกและระบุเกณฑ์หรือลักษณะร่วมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งต่างๆ ที่ต้องการจำแนก



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

สเปซคือพื้นที่ที่วัตถุครอบครอง ในที่นี้อาจเป็นตำแหน่ง รูปร่าง รูปทรงของวัตถุ สิ่งเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

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

- **ทักษะการใช้จำนวน (Using Number)**

เป็นความสามารถในการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน และการคำนวณเพื่อบรรยายหรือระบุรายละเอียดเชิงปริมาณของสิ่งที่สังเกตหรือทดลอง

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

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

- **ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)**

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

- **ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)**

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

- **ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally)**

เป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลอง หรือที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

- **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)**

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

ตัวแปรต้น (Independent Variable)	สิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงต้อง จัดสถานการณ์ให้มีสิ่งนี้แตกต่างกัน
ตัวแปรตาม (Dependent Variable)	สิ่งที่เป็นผลจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้ แตกต่างกันและเราต้องสังเกต วัด หรือติดตามดู
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ (Controlled Variable)	สิ่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการจัดสถานการณ์ จึง ต้องจัดสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันหรือเท่ากัน เพื่อ ให้มั่นใจว่าผลจากการจัดสถานการณ์เกิดจาก ตัวแปรต้นเท่านั้น

- **ทักษะการทดลอง (Experimenting)**

การทดลองประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการทดลองจึงเป็นความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบ และสอดคล้องกับคำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วน และเที่ยงตรง

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

ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยาย ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

- **ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models)**

ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิด รวบรวมเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21st Century Skills)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงาน ที่เชื่อว่ามีค่าอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็น ผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ โดยภาคีเพื่อทักษะ

แห่งศตวรรษที่ ๒๑ (Partnership for 21st Century Learning, 2009) โดยกรอบ ความคิดนี้นำเสนอทั้งส่วนของผลลัพธ์ของผู้เรียน และระบบสนับสนุนต่าง ๆ ดังอธิบายได้ตามภาพที่ ๕



ภาพที่ ๕ กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑

ปรับปรุงจาก P21 Framework for 21st Century Learning (Partnership for 21st Century Learning, 2009)

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21st Century Student Outcomes)

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

กรอบความคิดนี้ยังอธิบายว่า ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรู้ที่บูรณาการกันระหว่างความรู้ในวิชาการ และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคลแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่การเป็นผู้มีด้านความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบสำคัญที่เป็นผลลัพธ์ของผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ประกอบด้วย ความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนด้านความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จำเป็นต้องมีความรอบรู้ เรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้สอนจึงต้องออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่มีการผนวกหรือบูรณาการเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับศตวรรษที่ ๒๑ ไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือหลักสูตรสถานศึกษา เช่น การตระหนักรู้ต่อโลก ความรอบรู้ในเรื่องการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจและการประกอบการ ความรอบรู้ในเรื่องหน้าที่พลเมือง สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านศาสตร์วิทยาการต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑ ได้แก่

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



ตั้งที่กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากผลลัพธ์ด้านความรู้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ ควรมีสัมรรถนะที่จำเป็นอีก ๓ ด้าน ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ความรอบรู้และสมรรถนะด้านทักษะชีวิต และอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี ราชบัณฑิตยสถานได้ระบุทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ที่สอดคล้องกับสมรรถนะที่ควรมีในพลเมืองยุคใหม่รวม ๗ ด้าน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ๒๕๕๘; ราชบัณฑิตยสถาน, ๒๕๕๗) ดังนี้

๑. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving)

เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ การคิดอย่างเป็นระบบ การประเมินและการตัดสินใจ และการแก้ปัญหา

• การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)

หมายถึง การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็น ด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์ และกระบวนการเรียนรู้

• การแก้ปัญหา (Problem Solving)

หมายถึง การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ ได้โดยอาจใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้ว หรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่ มาใช้แก้ปัญหาก็ได้ นอกจากนี้ยังรวมถึงการซักถามเพื่อทำความเข้าใจมุมมองที่แตกต่างหลากหลายเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีมากขึ้น

๒. ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ

(Communications, Information, and Media Literacy)

หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึง การจัดการ การประเมิน และการใช้งานสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ (เวลาในการเข้าถึงสื่อ) และประสิทธิภาพ (การเข้าถึงและใช้งานแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย) รวมถึงความสามารถในการผลิตและใช้สื่อเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่นอย่างถูกต้อง เหมาะสม ประกอบด้วย

๑. สามารถเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง เหมาะสมเพื่อสร้างสื่อได้ตรงตามวัตถุประสงค์รวมถึงสามารถสื่อสารความคิดผ่านสื่อข้อความหรือสื่อรูปแบบอื่น
๒. เข้าใจวัตถุประสงค์ของการสร้างสื่อข้อความรวมถึงวิธีการสร้างสื่ออื่นๆ
๓. เข้าใจอิทธิพลของความเชื่อและวัฒนธรรมต่อสื่อรูปแบบต่างๆ และผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม
๔. เข้าใจข้อตกลง ข้อกำหนด และกฎหมายในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ การใช้ลิขสิทธิ์ด้านสารสนเทศและสื่อของผู้อื่นโดยชอบธรรม

๓. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

เป็นการแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับคนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกียรติ มีความยืดหยุ่นและยินดีที่จะประนีประนอม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการทำงาน พร้อมทั้งยอมรับและแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน และเห็นคุณค่าของผลงานที่พัฒนาขึ้นจากสมาชิกแต่ละคนในทีม

๔. ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

เป็นความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม

- **การสร้างสรรค์ (Creativity)** หมายถึง การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างสรรค์แนวคิด เช่น การระดมพลังสมอง รวมถึงความสามารถในการพัฒนาต่อยอดแนวคิดเดิมหรือได้แนวคิดใหม่ และความสามารถในการถ่วงถ่วง ทบทวน วิเคราะห์ และประเมินแนวคิด เพื่อปรับปรุงให้ได้แนวคิดที่จะส่งผลให้ความพยายามอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นไปได้มากที่สุด
- **การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)** หมายถึง การพัฒนาและการนำผลงานไปใช้แล้วสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพให้ผู้อื่นเข้าใจ การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อทัศนคติใหม่และหลากหลาย การนำแนวคิด และข้อเสนอกลับของกลุ่มมาใช้ในการทำงาน การแสดงให้เห็นถึงการนำแนวคิดแปลกใหม่ สร้างสรรค์มาใช้ในการทำงาน และการนำความเข้าใจถึงข้อจำกัดต่าง ๆ มาปรับใช้

เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังรวมถึงการเป็นผู้มีมุมมองและความเข้าใจว่าความล้มเหลวเป็นโอกาสแห่งการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ผลงานและการสร้างนวัตกรรมเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลา และระหว่างกระบวนการสร้างผลงาน จะพบความผิดพลาดมากกว่าความสำเร็จ สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร

- **การนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)** หมายถึง การปฏิบัติตามแนวคิดเพื่อสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ให้เกิดขึ้นจริงให้ได้ซึ่งจะนำไปสู่ผลงานที่เป็นนวัตกรรมในที่สุด

๕. ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy)

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



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

หมายถึง ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และทำงานในยุคปัจจุบัน
อย่างมีคุณภาพ ทักษะที่สำคัญในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

- **ความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and Adaptability)**
เพื่อให้เข้ากับภาวะการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รวมถึงภาวะที่มี
ทรัพยากรจำกัดในยุคปัจจุบันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผน
การทำงานที่วางไว้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ จึงต้องมีความยืดหยุ่น
และสามารถปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อให้เข้ากับบริบทและเงื่อนไข
ของการทำงานที่เปลี่ยนแปลง และสามารถนำความเห็นที่แตกต่าง
มาทำความเข้าใจ และสร้างคุณภาพเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้
- **การริเริ่มและการกำกับดูแลตัวเอง (Initiative and Self-Direction)**
ทักษะนี้หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้
พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการทำงานได้ด้วยตนเองและมองเห็น
โอกาสในการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพและขยายความ
เชี่ยวชาญของตนเองได้ ความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย
จัดการเวลาและภาระงานของตนเอง และความสามารถในการ
ชี้แนะตนเองและพัฒนาตนเองโดยการทบทวนจากประสบการณ์ที่
ผ่านมา (วิจารณ์, ๒๕๕๕; เบลล์ก้าและแบรนต์, ๒๐๑๐ / ๒๕๕๖)

๗. ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross-Cultural Understanding)

ทักษะในด้านนี้หมายถึง ความสามารถในการทำงานและดำรงชีวิต
ในสภาพแวดล้อมที่คนมีความคิดเห็นและความเชื่อหลากหลาย
โดยไม่รู้สึกละแวก แกรง ความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถ
ยอมรับและตอบสนองความคิดเห็นที่แตกต่างในเชิงบวก นำไปสู่
การสร้างแนวคิดหรือวิธีการทำงานใหม่ได้

๗. จิตวิทยาศาสตร์

จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind or Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้นึกคิด ในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำ และการแสดงออกทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

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

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes Towards Sciences)

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

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)

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

- การใช้วิจารณ์ญาณ (Critical-Mindedness)

ค้นหาและยอมรับการไม่สอดคล้องกันของข้อมูลที่สืบเสาะได้กับความเชื่อหรือความรู้ที่มีมา รวบรวมแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัย แล้วพยายามวิเคราะห์และให้เหตุผลแต่ละข้อมูลก่อนประเมินและตัดสินใจ

- ความรอบคอบ (Suspended Judgement)

ไม่แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่าง ๆ จนกว่าจะลงมือทำการสืบเสาะค้นหา พร้อมทั้งยอมรับและเห็นคุณค่าของการสร้าง หรือคัดค้านในข้อจำกัดของข้อสรุปหรือทฤษฎี สรุปหรืออธิบายในขอบเขตของหลักฐานที่ปรากฏเท่านั้น

- ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน (Respect for Evidence)

พยายามสืบเสาะค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต การทดลองหรือการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้สนับสนุนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้โต้แย้งกับคำอธิบายที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้องกับคำอธิบายของตนเอง

- ความซื่อสัตย์ (Honesty)

เก็บรวบรวมหลักฐานให้มากที่สุด รายงานหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อมูลเพิ่มเติมอื่น ๆ ทุกรายการ แม้ว่าบางข้อมูล จะขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน โดยยอมรับงานของผู้อื่นอย่างเปิดเผย



- **วัตถุวิสัย (Objectivity)**

แปลความหมายข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักฐานอย่างเที่ยงตรงปราศจากอคติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุกมิติทั้งด้านที่สนับสนุนและขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ และไม่นำความเชื่อส่วนตัวหรือความรู้ที่มีอยู่มามีอิทธิพลเหนือการแปลความหมายข้อมูล

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

ยอมรับความเห็นหรือแนวคิดที่มีประจักษ์พยานและเหตุผลที่แตกต่างจากตนเอง แสดงการยอมรับว่าทุกสมมติฐาน ข้อสรุป แนวคิด หรือทฤษฎีต่างๆ ไม่มีความแน่นอน มีข้อจำกัด ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยินดีเปลี่ยนแปลงสมมติฐานหรือแนวคิดตามหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่ถูกต้องมากกว่า

- **ความใจกว้าง (Open-Mindedness)**

คิดพิจารณาทางเลือกอื่นๆ ที่เป็นไปได้ ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งยินดีรับฟัง และประเมินแนวคิดต่างๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

- **ความอยากรู้อยากเห็น (Questioning Attitude)**

กระตือรือร้นในการสืบเสาะค้นหาความรู้ตามที่สงสัย หรือแนวคิดที่ขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องกันกับแนวคิดของตนเอง ตั้งคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะค้นหาคำตอบ หรือตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือแนวคิดที่แตกต่างนั้น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ

- **ความมุ่งมั่นอดทน (Tolerance of Uncertainty)**

ไม่ย่อท้อในการค้นหาข้อมูล หลักฐาน เพื่อนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือสิ่งที่สงสัย แสดงความเข้าใจและยอมรับว่าความไม่แน่นอน ความไม่ชัดเจนสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใดๆ สามารถเข้าใจถึงความจริงทางธรรมชาติ แต่ยังไม่สิ้นสุด จึงต้องมุ่งมั่นในการสืบเสาะค้นหาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ท้อถอย

๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียน ในศตวรรษที่ ๒๑

• แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษา

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

๑. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
๒. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา
๓. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง
๔. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

๕. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียน การสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

๖. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวดังกล่าว จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของผู้เรียนและผู้สอน กล่าวคือลดบทบาทของครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่า บรรยาย สาธิต เป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นที่บทบาทของผู้เรียนตั้งแต่เริ่ม คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผล ประเมินผล และต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้น เน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล ด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้ เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่าง ๆ ในที่สุดสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีพัฒนาการเหมาะสมตามวัย ทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา



• แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของมนุษย์

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

ปลาที่คือปลา โดย ลิโอ โลออนี

วันหนึ่งลูกปลาน้อยกับกบได้พูดคุยกันเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ นอกสระ กบเล่าให้ปลาน้อยฟังอย่างตื่นเต้นว่า

กบ: นี่ ๆ เจ้าปลาน้อย ฉันทกระโดดออกไปเที่ยวข้างนอก มาละ แล้วฉันก็เห็นสิ่งแปลก ๆ มากมาย

ปลาน้อย: เช่นอะไรบ้างล่ะ

กบ: นก... (กบบอกปลาแบบสลับกันนิด ๆ)

ปลาน้อย: นกเหรอ!

แล้วเจ้ากบก็เล่ารายละเอียดของนกที่ตนพบเห็นมาอย่างตื่นเต้นว่ามีปีกสองปีก มีขาสองขาและมีหลากหลายสี ในขณะที่เจ้ากบเล่าไปนั้น ปลาน้อยก็นึกภาพของนกผ่านความคิดของตนเอง ซึ่งก็คือปลาตัวใหญ่ที่มีสองปีกสองขา และมีหลายสี

จากนั้นกบก็เล่าเรื่องราวเกี่ยวกับวัว ซึ่งเจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเป็นปลาที่มีจุดสีขาว-ดำ มีเขา และเต้านม

ครั้นเมื่อกบเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับมนุษย์ เจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเห็นปลาที่มีสองขา เดินตัวตรงและสวมเสื้อผ้า

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



จากนิทานข้างต้นนี้ หากเปรียบสระน้ำแห่งนี้เป็นห้องเรียน กบอาจเปรียบได้กับผู้สอน ในขณะที่ปลาน้อยอาจเปรียบได้กับผู้เรียน บทสนทนาและภาพที่ปลาน้อยจินตนาการสื่อให้เราเห็นว่า แม้ว่ากบจะเล่ารายละเอียดเกี่ยวกับนก วัช หรือคนได้อย่างครบถ้วนตามที่ตนเองพบมา แต่ปลาน้อยก็นำประสบการณ์ของตนเองมาทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ที่กบเล่า แล้วสร้างเป็นความรู้และความเข้าใจของตนเองอยู่ดี โดยที่กบไม่มีโอกาสรู้เลยว่าปลาน้อยมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ตนเล่าอย่างไรบ้าง

นิทานเรื่องนี้สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ว่า ถ้าผู้สอนจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นแต่เพียงการถ่ายทอดข้อมูล โดยไม่มีการตรวจสอบหรือค้นหาความรู้เดิม (Prior Knowledge) หรือสิ่งที่ผู้เรียนเคยรู้มาก่อนที่จะมาเรียนในห้องเรียน สิ่งที่ผู้เรียนรู้อาจแตกต่างจากสิ่งที่ผู้สอนคาดหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพราะเมื่อได้รับความรู้หรือข้อมูลใหม่ ผู้เรียนมักใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเอง ซึ่งอาจได้มาจากชั้นเรียน จากประสบการณ์ตรงของตนเอง จากพ่อ แม่ ญาติ เพื่อน โจรทศน์ หรือจากที่อื่น ๆ มาผสมผสานกับข้อมูลใหม่ที่ได้แล้วสังเคราะห์เป็นความรู้หรือความเข้าใจของตนเอง ดังนั้นเพื่อป้องกันการเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ผู้สอนควรยึดหลักปฏิบัติ คือ

๑. มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเสมอก่อนลงมือสอน
๒. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติให้มากที่สุด
๓. ผู้เรียนควรได้สะท้อนและติดตามการเรียนรู้ของตนเอง ขณะเดียวกัน ผู้สอนควรมีการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง (Musikul, 2010 ; กุศลสิน, ๒๕๕๔)



• **แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียน
 ในศตวรรษที่ ๒๑**

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาสมรรถนะของ
 ผู้เรียนให้พร้อมที่จะดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างประสบความสำเร็จได้
 ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนานักคิด
 นักแก้ปัญหา และนักเรียนผู้ตลอดชีวิต โดยจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ
 เรียนรู้ของตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยอาจทำได้ดังนี้

- จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัด
 ของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ผู้สอนกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัย
 ที่อยากค้นหาคำตอบ
- ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหา
 คำตอบที่สงสัย โดยเริ่มจากการลงมือสืบเสาะหาความรู้ตามคำแนะนำ
 จนกระทั่งสามารถออกแบบและวางแผนการสืบเสาะ เพื่อเก็บรวบรวม
 ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ฝึกฝนและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ
 อย่างกลุ่มเล็กและเชื่อมโยงกันผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลาย
 ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน
- ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอและเหมาะสม
 กับวัย
- ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องตามยุคสมัยในการเรียนรู้
 วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ใช้
 สืบค้นข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ใช้จัดกระทำและ
 สื่อความหมายข้อมูล ใช้สร้างแบบจำลอง

- ผู้เรียนสามารถออกแบบและทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 เพื่อฝึกฝนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ
 กระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะที่สำคัญ
 สำหรับศตวรรษที่ ๒๑ มาแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น
 เพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ใน
 ห้องเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเห็นความสำคัญ
 ของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้รู้จักและคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิด
 ขึ้นจริง ซึ่งอาจเพิ่มระดับความซับซ้อนของข้อมูลให้เหมาะสมกับวัย
 ของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้ฝึกฝนการวิเคราะห์และ
 สร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่เก็บได้จริงแต่ไม่มีความซับซ้อน ส่วนใน
 ระดับมัธยมศึกษาอาจให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์และอธิบายข้อมูล
 ขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หลากหลาย ซับซ้อน มีปริมาณ
 มาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถนำมาจัดกระทำหรือ
 จัดการได้ด้วยวิธีการหรือเครื่องมือแบบเดิม
- ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการ
 กับความรู้จากแขนงวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง
 กับชีวิตจริง หรือเกิดขึ้นจริง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

• แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ และธรรมชาติการเรียนรู้ของ มนุษย์นั้น ครูสามารถเลือกกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายตามความ เหมาะสมกับเนื้อหา เวลา บริบท และปัจจัยอื่น ๆ กลวิธีที่สามารถนำมาใช้จัดการ เรียนรู้ในห้องเรียนได้ เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)

“การสืบเสาะ (Inquiry)” เป็นกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดย เลียนแบบวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับ ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการนำการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ปัจจุบันก็ยังปรากฏความสับสนหลายประการเกี่ยว กับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ดังนี้

๑. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวัฏจักรการเรียนรู้ แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle) เป็นสิ่งเดียวกัน
๒. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องจัดแบบสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น
๓. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือต้องให้ผู้เรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและ ทำการสืบเสาะเพื่อตอบคำถามที่ตนตั้งไว้ด้วยตัวเอง
๔. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ กิจกรรม (hands-on activity) เพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการมากกว่า การสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
๕. ความตื่นเต้นสนุกสนานของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมเป็นตัวบ่งชี้ ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) โดยสภาวิจัยแห่งชาติ (NRC, 1996) ได้นิยาม “การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (Scientific Inquiry) ว่าเป็น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และนำเสนอผลการศึกษานั้นตามสารสนเทศหรือ หลักฐานต่าง ๆ ที่รวบรวมได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ จึงหมายถึงการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะ กระบวนการต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบเดียวกัน กับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ จึงกล่าวได้ว่า หัวใจสำคัญของ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนก็คือ การให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Process) และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหา ข้อสงสัยที่ตนมีเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนได้ทำระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีส่วนที่ คล้ายคลึงกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่สนใจดังตารางที่ ๒



ตารางที่ ๒ การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน

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

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

การสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนสามารถทำได้หลากหลายระดับ ตั้งแต่การที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดการสำรวจตรวจสอบของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบยืนยันสิ่งที่รู้มาแล้ว ไปจนถึงการที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบอย่างอิสระเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ ที่ยังไม่สามารถอธิบายได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบ่งเป็น ๓ ระดับ คือ

๑. การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง
๒. การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง
๓. การสืบเสาะไม่กำหนดโครงสร้าง

โดยบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนแต่ละระดับมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๓ ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ชั้น	ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับที่ ๑	ระดับที่ ๒	ระดับที่ ๓
การกำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา
กระบวนการแก้ปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดวิธีการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา
แนวทางการแก้ปัญหา	ผู้เรียนแก้ปัญหตามวิธีการที่กำหนดไว้	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แต่ละแบบนี้มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ผู้สอนต้องพิจารณา ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาในการจัดการเรียนรู้ ความสามารถของผู้เรียน บริบทของห้องเรียนและโรงเรียน รวมถึงความมั่นใจของตัวผู้สอนเอง



- **แนวทางการใช้คำถามกับการส่งเสริมการคิดและการพัฒนา
ด้านพุทธิพิสัยตามอนุกรมวิธานของบลูม และอนุกรมวิธาน
ที่ปรับปรุงมาจากบลูม**

การสนทนาหรืออภิปรายระหว่างผู้สอนและผู้เรียน หรือระหว่างผู้เรียนเอง จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด รวมถึงทักษะการสื่อสาร ดังนั้น คำถามของผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ลักษณะของคำถามที่ดี คือ

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

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการคิดอาจมีแนวทางดังนี้

- ก่อนการสอน ผู้สอนควรแต่งคำถามที่ท้าทายการคิดระดับต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อให้มั่นใจว่าคำถามมีหลากหลายระดับ และตรงกับจุดประสงค์หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น
 - เว็บไซต์ทั้งสองนี้แตกต่างกันอย่างไรบ้าง (การวิเคราะห์)
 - ผู้เขียนบทความนี้ต้องการสื่อสารอะไรกับเรา (การใช้วิจารณญาณ)
 - เราจะแต่งตอนจบของเรื่องนี้ใหม่ได้อย่างไร (การสร้างสรรค์)
 - เรื่องราวที่อ่านทำให้เรารู้สึกอย่างไร (การประเมิน)

- ผู้เรียนมีเวลาคิดอย่างเหมาะสมหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบ งานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้เรียนได้มีเวลาคิดหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบจากเพื่อนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถคิดและอภิปรายเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ได้ลึกซึ้งมากขึ้น หากเป็นคำถามที่เน้นการคิดขั้นพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนมาก ผู้สอนอาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๓ – ๕ วินาที แต่หากเป็นคำถามระดับสูงมีความซับซ้อนมาก อาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๑๐ วินาที (Rowe, 1974)
- กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นออกมาดัง ๆ ผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนอธิบายการคิดของตนเองออกมาเป็นคำพูด
- ใช้คำถามของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการสืบเสาะค้นหาคำตอบ ตั้งสมมติฐานหรืออภิปราย คำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมักจะนำไปสู่การคิดที่มีคุณภาพและเมื่อผู้สอนใช้คำถามเหล่านี้ ผู้เรียนมักจะให้ความสนใจและร่วมมือในการเรียนรู้มากขึ้น
- ผู้สอนสาธิตหรือเป็นตัวอย่างให้ผู้เรียนในการถามคำถามแบบต่าง ๆ ผู้สอนและผู้เรียนสามารถช่วยกันตั้งคำถามเพื่อที่จะกระตุ้นการคิดแบบต่าง ๆ โดยผู้สอนสามารถเป็นต้นแบบในการใช้คำถามที่ดี คำถามที่ส่งเสริมการคิดและการนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้

การอภิปรายซักถามมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นครูควรวางแผนการสอน คิดรายการคำถามที่หลากหลายระดับการเรียนรู้ตามอนุกรมวิธานที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้จำแนก ดังนี้

อนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy)

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

ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง คำนิยาม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

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

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

ระดับที่ ๓ ระดับการนำไปใช้ (Application)

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

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็วขึ้น จะทำอย่างไรได้บ้าง
- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร



ระดับที่ ๔ ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี ๒ ลักษณะ คือ

๑. วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้
๒. วิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น

การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญหาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง
- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

ระดับที่ ๕ ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันหรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

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

ระดับที่ ๖ ระดับการประเมินผล (Evaluation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด
- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด
- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้ โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy)

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

ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้ว สามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- แรงใดบ้างจัดเป็นแรงไม่สัมผัส
- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็น ความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผัง

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบาย เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างไร
- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติ ภารกิจภายนอกยานอวกาศ

ระดับที่ ๓ ประยุกต์ใช้ (Apply)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแก๊สที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น
- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิด จะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื่อกันฝน เพราะเหตุใด



ระดับที่ ๔ วิเคราะห์ (Analyze)

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

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ระดับที่ ๕ ประเมินค่า (Evaluate)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐาน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking)

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

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

ระดับที่ ๖ สร้างสรรค์ (Create)

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

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

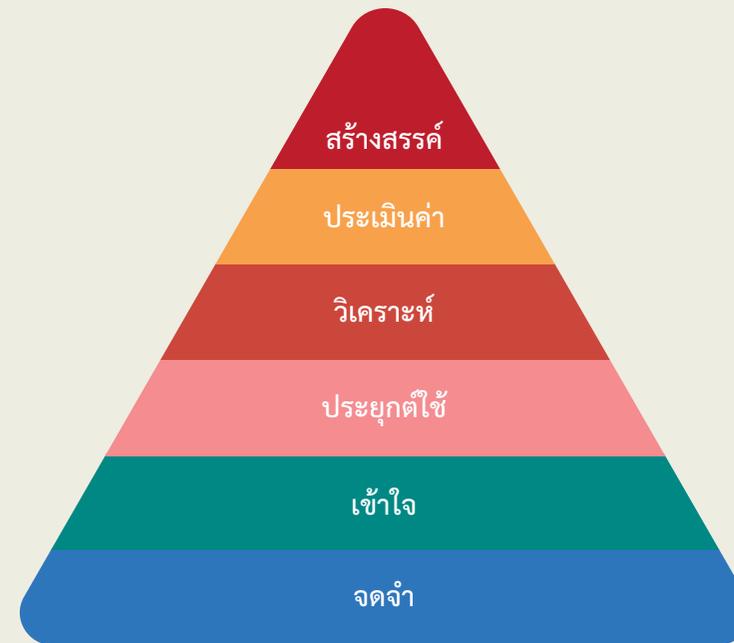
- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ
- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหนูตัวที่ ๓ ได้
- ถ้าสามารถเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ นักเรียนจะเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ให้เป็นอย่างไร

อนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูมสามารถแสดงได้ ดังภาพ

อนุกรมวิธานของบลูม



อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม



ภาพที่ ๖ เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม



๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ แบบต่าง ๆ

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

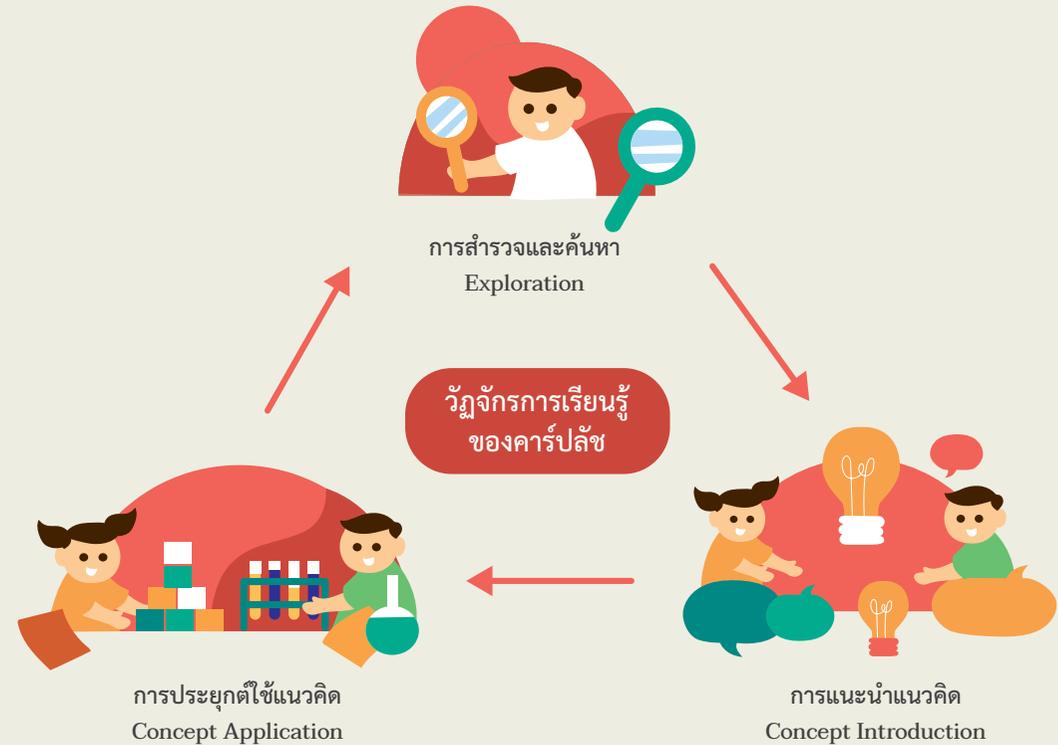
งานวิจัยมากมายได้ยืนยันว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบ มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะและค้นหาสิ่งต่าง ๆ แล้วทำความเข้าใจเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ อย่างราบรื่นเหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและมั่นคง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และช่วยให้ผู้เรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วย

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัส (Karplus Learning Cycle Model)

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

แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว
- **ขั้นแนะนำแนวคิด**
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือผู้สอน หรือจากการอ่านหนังสือเรียน
- **ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด**
เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่



ภาพที่ ๗ วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัส



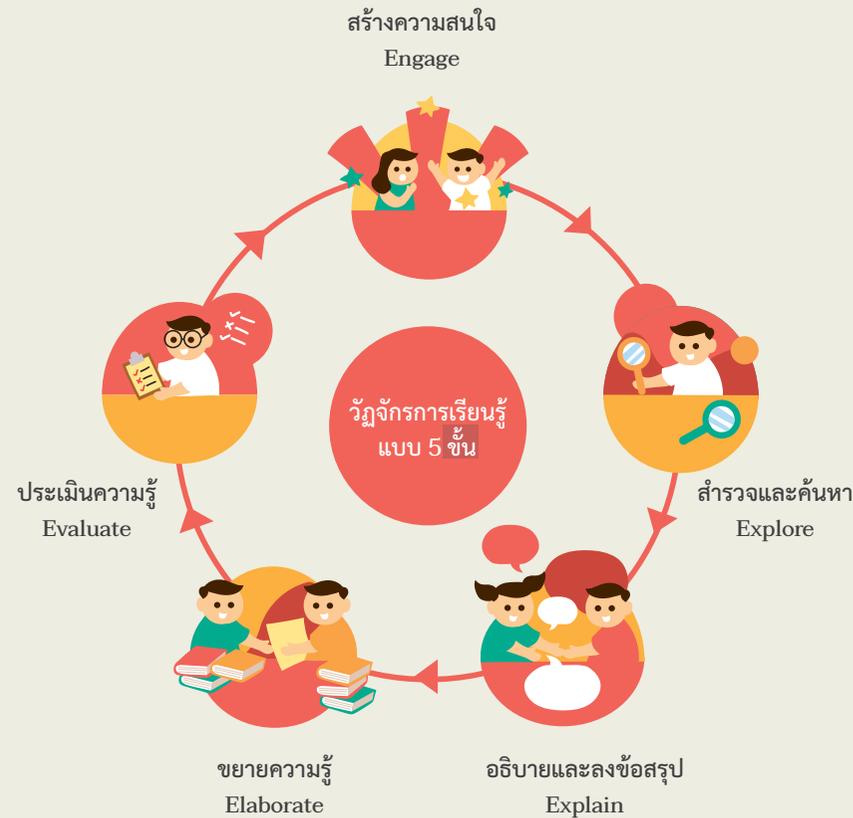
วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle Model)

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

ตารางที่ ๔ การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

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

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



ภาพที่ ๘ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

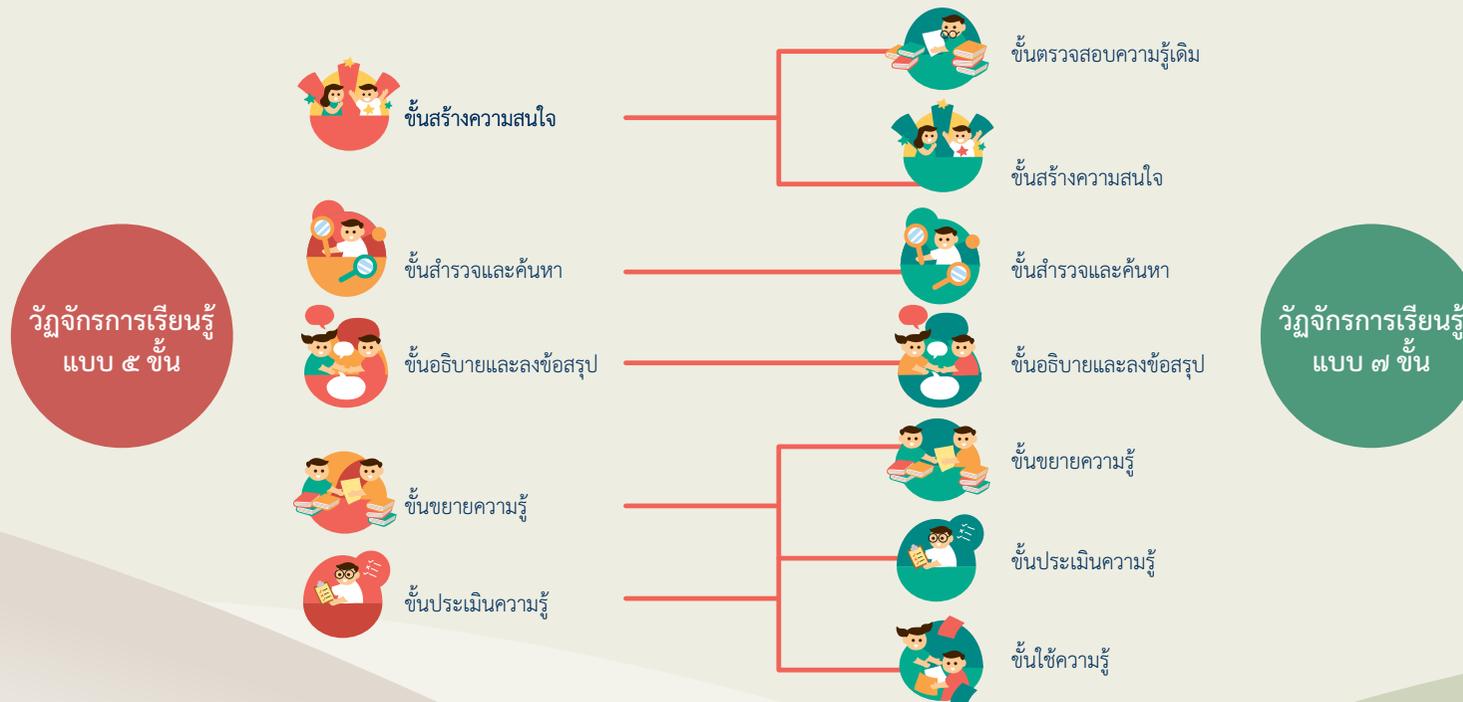
แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสร้างความสนใจ**
เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม
- **ขั้นสำรวจและค้นหา**
เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**
เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
- **ขั้นขยายความรู้**
เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ
- **ขั้นประเมินความรู้**
เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด



วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น (7E Learning Cycle Model)

จากงานวิจัยเรื่องนักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร (How students learn science in the classroom, 2005) นักการศึกษาของสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา ๒ ขั้น จากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น เพื่อป้องกันการละเลยในเรื่องความรู้อื่นของผู้เรียนซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผู้เรียนควรได้รับการประเมินและขยายการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน ขั้นตอนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินความรู้ และขั้นใช้ความรู้ ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ ๘



ภาพที่ ๘ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น

แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม**

เป็นการค้นหาและวินิจฉัยความรู้ที่ติดตัวมาของผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นความรู้ที่สับสนหรือขัดขวางการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้นในห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้ชัดเจน และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- **ขั้นสร้างความสนใจ**

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ

- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

- **ขั้นขยายความรู้**

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน

- **ขั้นประเมินความรู้**

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

- **ขั้นใช้ความรู้**

เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่อยู่นอกห้องเรียนหรืออยู่ในชีวิตจริง โดยที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน



๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

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

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

จุดประสงค์สำคัญของการประเมินการเรียนรู้ คือการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนหรือหลักสูตรวางไว้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในปัจจุบันก็คือ ผู้บริหาร ผู้สอน ตลอดจนผู้ปกครองเป็นจำนวนมากยังให้ความสำคัญกับการประเมินผลสรุปรวม ที่เน้นการทำข้อสอบ รวมถึงการให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ของการประเมินผลสรุปรวมที่ปรากฏในรูปของระดับผลการเรียน (Grade) หรือลำดับของผู้เรียนในชั้นเรียน (Rank) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้เรียนมากกว่าการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองของผู้เรียนแต่ละคน สิ่งต่างๆ เหล่านี้จึงก่อให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบท่องจำเพื่อสอบ หรือการเรียนรู้เพื่อแข่งขัน ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้แบบผิวเผินมากกว่าการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองซึ่งผลลัพธ์ของการเรียนรู้จะยั่งยืนกว่า (กุศลสิน, ๒๕๕๕; ขจรศักดิ์, เพ็ญจันทร์ และวราภรณ์ทิพา รอดแรงคำ, ๒๕๔๘)

แนวคิดของการประเมินการเรียนรู้

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

๑. เพื่อค้นหาและวินิจฉัยว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ มีทักษะความชำนาญในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อย่างไรและในระดับใด เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ
๒. เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้กับผู้เรียนว่ามีการเรียนรู้อย่างไร
๓. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบระดับพัฒนาการด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน

หน้าที่สำคัญของผู้สอนในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน คือเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนในระหว่างการเรียนการสอน ตีความหมายข้อมูลหลักฐานเหล่านั้น โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นไปตามหลักสูตร แล้วให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนว่ามีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับใด มีจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องหรือไม่ ว่าจะพัฒนาอะไร และควรทำอย่างไรเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ผู้สอนยังมีหน้าที่ติดตามตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง (Tunstall and Gipps, 1996; Harlen, 1998) สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การเรียนรู้ของผู้เรียนนอกจากจะใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในการพัฒนาตนเองแล้วยังใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอนเพื่อปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไปให้สอดคล้องกับจุดอ่อน ข้อบกพร่อง หรือความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนอีกด้วย (Bell and Cowie, 1999; Black and Wiliam, 1998)



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

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

แนวทางการประเมินการเรียนรู้

การเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

๑. ต้องวัดและประเมินทั้งความรู้ ความคิด ความสามารถ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน
๒. วิธีการวัดและประเมินต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
๓. ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จาก การวัดและประเมินอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่
๔. ผลการวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผล และลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล
๕. การวัดและประเมินต้องมีความเที่ยงตรงและเป็นธรรม ทั้งในด้านของวิธีการวัด โอกาสของการประเมิน

บทบาทของผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองในการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน

๑. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองไม่ควรให้ความสำคัญกับการประเมิน การเรียนรู้สรุปรวมและผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินดังกล่าว (เช่น ระดับผลการเรียน ลำดับของผู้เรียน และการรับรองมาตรฐานของสถาน ศึกษา) แต่เพียงอย่างเดียว จนทำให้การประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวม เป็นตัวกำหนดการเรียนการสอนและการประเมินผลในห้องเรียนทั้งหมด หรือทำให้การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนไม่ได้รับความสนใจและถูก ละเลยในการปฏิบัติ
๒. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองควรให้ความสำคัญกับการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน และเชื่อมโยงการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมเข้าด้วยกัน โดยทำความเข้าใจ บทบาทของการประเมินทั้งสองแบบว่า การประเมินการเรียนรู้ระหว่าง เรียนมุ่งเน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับในระหว่างการเรียนการสอนเพื่อให้ ผู้เรียนพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ และเพื่อให้ครูผู้สอน ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมมุ่งเน้นการให้สารสนเทศเชิงสรุป เกี่ยวกับการเรียนรู้ในภาพรวมของผู้เรียนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่ง การประเมินผลทั้งสองแบบต่างก็เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน
๓. ผู้บริหารควรส่งเสริมให้ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียน และได้รับประสบการณ์ตรงจากการประเมินการ เรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียนของตนเอง นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้ ผู้สอนทำงานวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) เพื่อทำความเข้าใจ เกี่ยวกับผลของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่มีต่อการพัฒนา การเรียนรู้ของผู้เรียนและการพัฒนาการสอนของผู้สอน
๔. ผู้สอนควรปรับเปลี่ยนความเชื่อบางประการที่ขัดขวางการใช้การประเมิน การเรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียน (Black and Wiliam, 1998; Black and Harrison, 2001) ดังต่อไปนี้
 - การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและ ทรัพยากร
 - การสอน คือ การถ่ายโอนความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน ส่วนการ เรียนรู้คือ การที่ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้ที่ผู้สอนถ่ายโอนไปให้ ได้โดยไม่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียน กับเพื่อนร่วมชั้น
 - ผู้เรียนแต่ละคนมีระดับสติปัญญาที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิด (Fixed I.Q.) และจะคงที่ไปตลอดชีวิต โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้จาก ระบบโรงเรียน
 - การประเมินการเรียนรู้ไปสู่ผู้เรียนในกระบวนการประเมินการ เรียนรู้ระหว่างเรียน ทำให้ครูผู้สอนสูญเสียอำนาจการควบคุม ชั้นเรียน



๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้

๑. ผู้บริหาร

เป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดในการสนับสนุนให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมาย ผู้บริหารต้องมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา กระบวนการเรียนรู้และธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจะได้สนับสนุน ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

- งบประมาณจัดซื้อสื่อการเรียนรู้ จัดทำและจัดหาแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน
- ให้ความสำคัญ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
- นิเทศ ติดตามผลการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

๒. ครูผู้สอน

เป็นผู้ที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อออกแบบหรือเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตร เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างหลากหลายและอิสระ ทั้งนี้ผู้สอนจึงจำเป็นต้อง

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างดี สามารถสืบเสาะ ค้นหาความรู้ได้ด้วยตัวเอง สนใจใฝ่หาความรู้อย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาตนเอง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผู้เรียน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกใช้สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลวิธีสอน วิธีการประเมินการเรียนรู้ ทั้งระหว่างเรียนและสรุปรวม ตลอดจนสามารถเลือกใช้กลวิธีและการประเมินการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม
- มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในอาชีพครูในฐานะครูวิชาชีพ
- มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

๓. ผู้เรียน

องค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนก็คือผู้เรียน โดยแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งบุคลิกภาพ สติปัญญา ความถนัด ความสนใจและความสมบูรณ์ของร่างกาย ตลอดจนความแตกต่างในเรื่องรูปแบบและวิธีการเรียนรู้ เช่น โดยการฟัง โดยการมองเห็น โดยการได้หยิบจับ สัมผัส หรือลงมือทำ ซึ่งผู้สอนต้องออกแบบการเรียนรู้ให้หลากหลาย สอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนเพื่อให้ทุกคนสามารถเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนี้ผู้เรียนควรมีโอกาสร่วมคิดร่วมวางแผนในการจัดการเรียนการสอน และมีโอกาสเลือกวิธีเรียนได้อย่างหลากหลายตามความเหมาะสมภายใต้การแนะนำของผู้สอน

๔. สภาพแวดล้อมและบรรยากาศการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องมีวิธีการที่จะจัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาทางวิชาการ เช่น จัดห้องชวนคิด ห้องกิจกรรมวิทยาศาสตร์ จัดระบบนิเวศจำลอง จัดบริเวณโรงเรียนเป็นแหล่งเรียนรู้ทางชีววิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ มีการดัดแปลงห้องเรียนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ดี และจัดกิจกรรมที่เอื้อให้ผู้ปกครอง และชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนด้วย



เอกสารอ้างอิง

- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๕). การผนวกการประเมินระหว่างเรียนในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. *วารสารครุวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*. น. ๕๕-๖๐.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. (เอกสารอัดสำเนา).
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). เพราะเหตุใดจึงต้องเปลี่ยนแปลงการสอนเพื่อศตวรรษที่ ๒๑. *วารสารครุวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๓). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์*. *วารสารครุวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.
- ขจรศักดิ์ บั้วระพันธ์, เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ. (๒๕๔๘). *การสำรวจแนวคิดของนักศึกษาครุวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ ๓ เกี่ยวกับ แรงและการเคลื่อนที่*. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, ๑๑ (ฉบับพิเศษ: ม.อ.วิชาการ): ๔๕-๖๙.
- คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, ทบวงมหาวิทยาลัย. ๒๕๒๓. *ชุดการเรียนการสอน หน่วยที่ ๙ การใช้คำถาม* (เอกสารอัดสำเนา).
- จริยา เสถบุตร. (๒๕๔๗). *การประเมินการปฏิบัติตามสภาพจริง : วิธีดำเนินงานเชิงคุณภาพในการประเมินค่าทางการศึกษา*. คู่มืออาจารย์ การพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. ขอนแก่น: สำนักนวัตกรรมการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.
- ทีศนา แฉมมณี. (๒๕๔๕). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (๒๕๕๗). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑*. สืบค้น ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๐, จาก <http://www.royin.go.th>
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (๒๕๔๐). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (๒๕๔๔). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๔๔*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (๑๑ มีนาคม ๒๕๕๘). *การรู้ดิจิทัล (Digital literacy)*. สืบค้นเมื่อ ๕ ธันวาคม ๒๕๖๐, จาก <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/142-knowledges/2632>.



- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (editors). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bell, B. and Cowie, B. (1999). *Formative assessment and science education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, B. and Cowie, B. (2001). *The characteristics of formative assessment in science education*. *Science Education*, 85, 536-553.
- Black, D. and Wiliam, D. (1998). *Inside the black box: Raising standards through classroom assessment*. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.
- Black, P. and Harrison, C. (2001). *Feedback in questioning and marking: the science teacher's role in formative assessment*. *School Science Review*, 82(301), 55-61.
- Bybee, R.W. (2015). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. Virginia: National Science Teacher Association Press.
- Cowie, B. and Bell, B. (1999). A model of formative assessment in science education. *Assessment in Education*, 6(1), 101-116.
- Cunningham, R.T. (1971). *Developing Teacher Competencies*. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice-Hall.
- Harlen, W. (1995). To the rescue of formative assessment. *Primary Science Review*, 37, 14-16.
- Harlen, W. (1998). Classroom assessment: a dimension of purposes and procedures. Paper presented at the Annual Conference of the New Zealand Association for Research in Education, Dunedin, New Zealand.
- Harlen, W. (2001). *Primary science: Taking the plunge*. Portsmouth, NH: Heinemann
- Magnusson, S. J. and Palincsar, A. S. (2005). How students learn science in the classroom, p.460



- Musikul, K. (2010, June). *Exploring primary students' understanding about the world before they come to science classroom*. Paper presented at the annual meeting of the Australasian Science Education Association, Port Stephen, New South Wales, Australia
- Kozlow, M.J. and Nay, M.A. (1976). An approach to measuring scientific attitudes. *Science Education* 60:2147-2172
- McComas, W.F. and Almazroa, H. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science and Education*, 7, 511-532.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Padilla, M. J. (1990). Research Matters to the Science Teacher. NARST Publication, No. 9004.
- Rowe, M.B. (1974). Wait-time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence on Language, Logic, and Fate Control: Part One-Wait-Time. *Journal of Research in Science Teaching*. 11, 81-94.
- Tunstall, P. and Gipps, C. (1996). Teacher feedback to young children in formative assessment: A typology. *British Educational Research Journal*, 22(4), 389-404.
- Wilson, J., Murdoch, K. (2006). *How to Succeed with Thinking: Little books of big ideas*. Curriculum Corporation.



ส่วนที่ ๒

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้



ฟิสิกส์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณ และกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- ผลการเรียนรู้ 1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งเน้นการสืบเสาะหาหลักการและองค์ความรู้ต่างๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยเฉพาะที่เกี่ยวกับระบบและกลไกทางกายภาพ ประวัติความเป็นมาของพัฒนาการทางฟิสิกส์ ฟิสิกส์กับการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการแสวงหาคำความรู้ใหม่ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูล (ความน่าเชื่อถือ และความถูกต้องของข้อมูล)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการตั้งคำถามหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะค้นพบทางฟิสิกส์ และนักวิทยาศาสตร์ที่รู้จัก ยกตัวอย่างเกี่ยวกับการค้นพบทางฟิสิกส์ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และบุคลิกลักษณะอันพึงประสงค์ของนักวิทยาศาสตร์ จัดกิจกรรม เช่น เกม ละครทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาคำความรู้ทางฟิสิกส์ จัดกิจกรรมเกี่ยวกับการค้นพบทางฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการค้นหาหลักการหรือองค์ความรู้ทางฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาคำความรู้ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกิจกรรม ให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นการเชื่อมโยงการค้นพบในอดีตกับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการนำเทคโนโลยีไปใช้ค้นหาคำความรู้ใหม่ในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจให้นักเรียนเสนอสถานการณ์ที่สามารถนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นเครื่องมือหาคำตอบ จากนั้นนำเสนอผล ให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาคำความรู้ทางฟิสิกส์ จากการสรุปและการเขียนผังมโนทัศน์ ประวัติความเป็นมาของพัฒนาการทางฟิสิกส์ ฟิสิกส์กับการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการแสวงหาคำความรู้ใหม่ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <p>การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงานและจากการนำเสนอผล</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)

2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ
3. การคิดและการแก้ปัญหา (กิจกรรม เกมหรือละครวิทยาศาสตร์)

ด้านจิตวิทยาาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ 2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ในการวัดปริมาณต่างๆ ต้องเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด การนำเสนอผลการวัดที่ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดและหน่วยของการวัด <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด ใช้เครื่องมือวัดได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง คำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัด เลขนัยสำคัญและหน่วยของการวัด การใช้จำนวน (ความชันของกราฟ พื้นที่ใต้กราฟ) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนกราฟ) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟเส้นตรง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและ การนำเสนอผลการวัด) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการตั้งคำถามหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเหตุผลและความจำเป็นที่ต้องวัดได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ รวมทั้งความเป็นมาของการวัดและหน่วย จัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดชนิดต่างๆ ที่หลากหลาย รวมทั้งการใช้งานให้เหมาะสม ให้นักเรียนทำกิจกรรมการใช้เครื่องมือวัด เช่น เครื่องชั่งสปริง เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ ไมโครมิเตอร์ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกทักษะการใช้เครื่องมือวัดวิธีการวัด การอ่านค่าที่วัดได้ และนำเสนอผลการวัดที่ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงความคลาดเคลื่อน เลขนัยสำคัญ หน่วย และสัญลักษณ์วิทยาศาสตร์ ตั้งคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมในข้อ 3 จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับข้อจำกัดของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด ความคลาดเคลื่อน เลขนัยสำคัญ หน่วย และสัญลักษณ์วิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยนำข้อมูลความสัมพันธ์ของปริมาณสองปริมาณที่กำหนดให้ เช่น มวลกับปริมาตรของวัตถุ กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ แรงดึงกับระยะยืดของสปริง ปริมาตรกับอุณหภูมิของแก๊ส ความเร็วกับเวลาที่มีความเร่งคงตัว มาเขียนกราฟ รวมทั้งวิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง เช่น ความชัน จุดตัดแกน พื้นที่ใต้กราฟ ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการใช้คณิตศาสตร์ในการศึกษา ค้นคว้า และการสื่อสารสำหรับฟิสิกส์ ให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เหตุผลความจำเป็น ที่ต้องวัดได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง ความเป็นมาของการวัดหน่วย และสัญลักษณ์วิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายร่วมกันและการสรุป เครื่องมือวัด การเลือกใช้เครื่องมือวัดและวิธีการวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด จากการทำกิจกรรมการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การนำเสนอผลการวัดที่ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัด เลขนัยสำคัญ หน่วย และสัญลักษณ์วิทยาศาสตร์ จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การเขียนกราฟ การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การใช้จำนวน การจัดกระทำและสื่อความหมายเสนอข้อมูล การตีความหมายและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำกิจกรรม และการนำเสนอผลการวัด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความรอบคอบ
3. ความอยากรู้อยากเห็น

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

ความอยากรู้อยากเห็น ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำกิจกรรม และการนำเสนอผลการวัด

ผลการเรียนรู้ 3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัว จากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัว รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกันในรูปแบบกราฟและสมการ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก และผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้ง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (การวัดระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษ) การใช้จำนวน (ความเร็ว ความเร่ง จากความชันของกราฟหรือสมการ) การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (เขียนกราฟจากข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุ) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (วิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการตั้งคำถามหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และนำเสนอผล อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ เช่น ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว และความเร็ว ยกสถานการณ์เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับตำแหน่ง จากนั้น อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ การนำตำแหน่งไปใช้หาระยะทางและการกระจัด เพื่อนำไปสู่ อัตราเร็วและความเร็ว โดยมีการเน้นว่า การกระจัด ความเร็ว และความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ ส่วนระยะทางและอัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ ยกสถานการณ์เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับความเร่ง จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะหนึ่ง ความเร่งเฉลี่ย และความเร่งขณะหนึ่ง โดยใช้มือดึงแถบกระดาษผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา วิเคราะห์ และนำเสนอผล จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ในการเคลื่อนที่ของวัตถุใด ๆ ความเร็วและความเร่งอาจไม่คงตัว ให้นักเรียนทดลองการเคลื่อนที่แนวราบที่มีความเร่งคงตัว พร้อมทั้งเขียนกราฟความเร็วกับเวลา จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $v = u + at$ $\Delta x = \left(\frac{u+v}{2} \right) t$ $\Delta x = ut + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = u^2 + 2a\Delta x$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงตัว และปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการอภิปรายร่วมกัน การสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก และผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตั้ง จากการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจากกราฟ การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงที่มีความเร่งคงตัว จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน
3. ความรอบคอบ

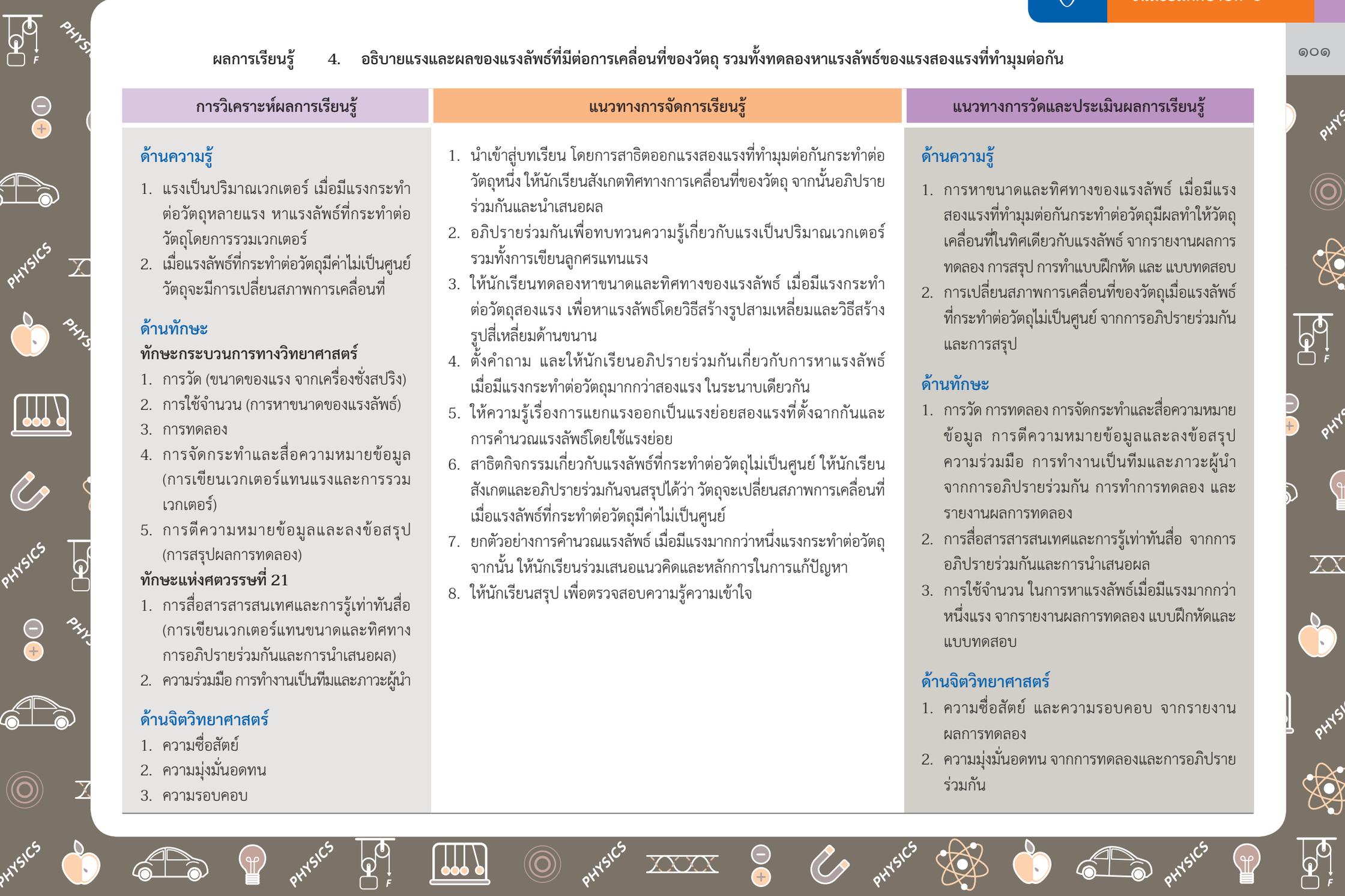
แนวทางการจัดการเรียนรู้

6. ให้นักเรียนทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจากการตกแบบเสรีของวัตถุ นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน
7. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนวตรง ทั้งความเร็วคงตัวและความเร่งคงตัว โดยวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจากกราฟหรือเขียนกราฟจากข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุ
8. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงที่มีความเร่งคงตัว โดยให้นักเรียนร่วมเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
9. ให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ 4. อธิบายแรงและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งทดลองหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุหลายแรง หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุโดยการรวมเวกเตอร์ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (ขนาดของแรง จากเครื่องชั่งสปริง) การใช้จำนวน (การหาขนาดของแรงลัพธ์) การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนเวกเตอร์แทนแรงและการรวมเวกเตอร์) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การเขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการสาธิตออกแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันกระทำต่อวัตถุหนึ่ง ให้นักเรียนสังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนั้นอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ รวมทั้งการเขียนลูกศรแทนแรง ให้นักเรียนทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุสองแรง เพื่อหาแรงลัพธ์โดยวิธีสร้างรูปสามเหลี่ยมและวิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ตั้งคำถาม และให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหาแรงลัพธ์ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุมากกว่าสองแรง ในระนาบเดียวกัน ให้ความรู้เรื่องการแยกแรงออกเป็นแรงย่อยสองแรงที่ตั้งฉากกันและการคำนวณแรงลัพธ์โดยใช้แรงย่อย สาธิตกิจกรรมเกี่ยวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ ให้นักเรียนสังเกตและอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ ยกตัวอย่างการคำนวณแรงลัพธ์ เมื่อมีแรงมากกว่าหนึ่งแรงกระทำต่อวัตถุ จากนั้น ให้นักเรียนร่วมเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ เมื่อมีแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันกระทำต่อวัตถุมีผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ จากรายงานผลการทดลอง การสรุป การทำแบบฝึกหัด และ แบบทดสอบ การเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ จากการอภิปรายร่วมกันและการสรุป <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำการทดลอง และ รายงานผลการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาแรงลัพธ์เมื่อมีแรงมากกว่าหนึ่งแรง จากรายงานผลการทดลอง แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน



ผลการเรียนรู้ 5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ อธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความเฉื่อยเป็นสมบัติของวัตถุที่ด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ 2. สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุอธิบายได้ด้วยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3. เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุที่จุดเดียวกันหรือแนวเดียวกัน โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 4. เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 5. เมื่อมีแรงกิริยากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีแรงปฏิกิริยากระทำโต้ตอบด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงกันข้าม ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน 6. การแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุทำได้โดยการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ และใช้หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุได้ 7. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การปล่อยวัตถุให้ตกในแนวตั้งจนกระทบพื้น ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุ ขณะที่วัตถุอยู่ในมือ ขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ ขณะที่วัตถุกระทบพื้น และขณะที่วัตถุหยุดนิ่ง 2. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ กรณีวัตถุอยู่นิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับความเฉื่อยและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 3. ตั้งคำถามเกี่ยวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 4. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุกับความเร่งเมื่อมวลของวัตถุมีค่าคงตัว อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ตามสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$ 5. สหিতเกี่ยวกับแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา เช่น การออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงสองอันที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน อภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุและใช้หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ จากนั้นให้นักเรียนฝึกการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความเฉื่อย กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากการอภิปรายร่วมกัน การสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำกับวัตถุอิสระ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมาย ข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จากรายงานผลการทดลอง การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทำการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การวัด (ความถูกต้องของการวัดและหน่วย)
2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน)
3. การทดลอง
4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง)
5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

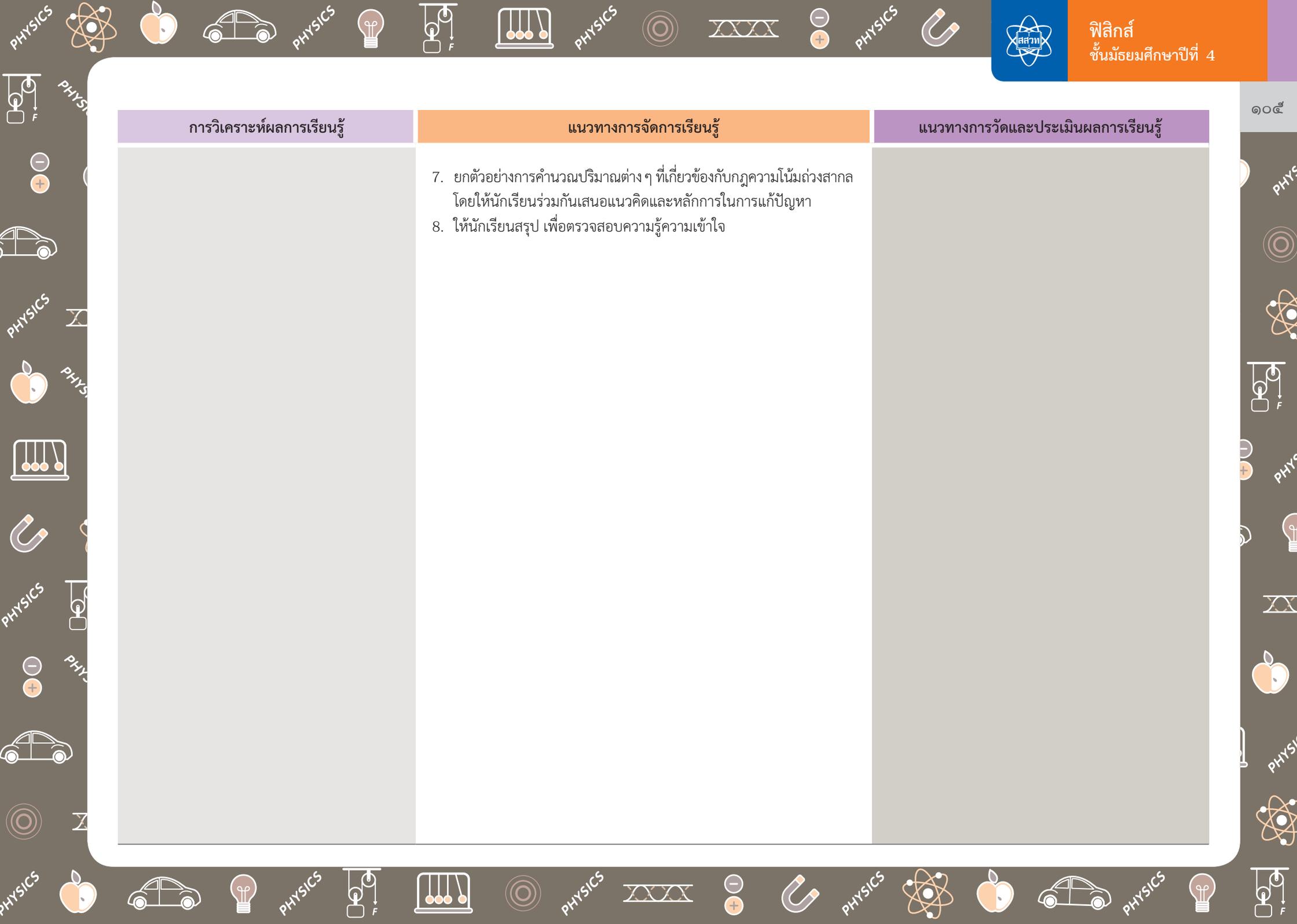
ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน
3. ความรอบคอบ

7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยให้นักเรียนร่วมเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กฎความโน้มถ่วงสากลกล่าวถึงแรงดึงดูดระหว่างวัตถุสองชิ้นมีค่าขึ้นอยู่กับมวลและระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง รอบ ๆ วัตถุจะมีสนามโน้มถ่วง ซึ่งทำให้วัตถุอื่นที่อยู่ใกล้สนามโน้มถ่วงนั้นมีน้ำหนัก <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง และน้ำหนัก)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้วิจารณญาณ</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเกี่ยวกับการตกของวัตถุสู่พื้นที่เป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดวัตถุ อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับกฎความโน้มถ่วงสากลและยกตัวอย่างประกอบ เพื่อให้ทราบว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงคูกรียา-ปฏิกรียา ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ ให้ความรู้และความหมายของสนามโน้มถ่วง (g) โดย $g = \frac{F_G}{m}$ จากนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับค่าสนามโน้มถ่วงในกรณีเมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ห่างจากผิวโลก ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าค่าสนามโน้มถ่วงของโลกที่ตำแหน่งใดจะแปรผกผันกับระยะทางที่ตำแหน่งนั้นห่างจากศูนย์กลางของโลกยกกำลังสอง ให้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวลและน้ำหนักของวัตถุ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าน้ำหนักเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เป็นไปตามความสัมพันธ์ $W = mg$ ตั้งคำถามเกี่ยวกับน้ำหนักของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ที่ผิวโลกและห่างจากผิวโลกออกไป จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าน้ำหนักของวัตถุจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ห่างจากศูนย์กลางโลก ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นเกี่ยวกับสนามโน้มถ่วงของดาวอื่น ๆ และน้ำหนักของวัตถุบนดาวนั้น ๆ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้น อภิปรายร่วมกัน และนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กฎความโน้มถ่วงสากล จากการอภิปรายร่วมกับการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ สนามโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงและน้ำหนักของวัตถุ กรณีที่วัตถุอยู่ที่ผิวโลกและที่ตำแหน่งใด ๆ ห่างจากผิวโลก ตลอดจนน้ำหนักของวัตถุบนดาวอื่น ๆ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎความโน้มถ่วงสากล ค่าสนามโน้มถ่วงและน้ำหนักของวัตถุบนดาวอื่น ๆ จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้วิจารณญาณ จากการอภิปรายร่วมกัน</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎความโน้มถ่วงสากล โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา</p> <p>8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ</p>	

ผลการเรียนรู้ 7. วิเคราะห์และอธิบายแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อวัตถุมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่หรือกำลังเคลื่อนที่บนพื้นผิวใด ๆ จะมีแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ขณะวัตถุจะเคลื่อนที่หรือกำลังเคลื่อนที่ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างพื้นผิวคู่นั้น การเพิ่มและลดแรงเสียดทาน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (แรงดึงสูงสุดก่อนที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ และแรงดึงเมื่อวัตถุเคลื่อนที่) การวัด (การอ่านค่าแรงจากเครื่องชั่งสปริง) การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน) การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับน้ำหนัก) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกสถานการณ์การออกแรงกระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่งแล้ววัตถุยังคงอยู่นิ่ง ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ และนำเสนอผล สาธิตการผลึกวัตถุ ให้นักเรียนสังเกตแรงที่ผลึกวัตถุ ในขณะที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ ขณะที่วัตถุกำลังจะเคลื่อนที่และขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตมีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ตั้งคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานและแรงปฏิกิริยาตั้งฉากกับพื้น จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา ให้นักเรียนยกตัวอย่างประโยชน์ของการเพิ่มและลดแรงเสียดทานในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แรงเสียดทาน และปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการอภิปรายร่วมกัน การสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ประโยชน์ของการเพิ่มและลดแรงเสียดทาน ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน จากการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำการทดลองและรายงานผลการทดลอง การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน ความซื่อสัตย์ และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>6. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตมีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none">1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none">1. ความอยากรู้อยากเห็น2. ความซื่อสัตย์3. ความมุ่งมั่นอดทน4. ความรอบคอบ		

ผลการเรียนรู้ 8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์วัตถุจะอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่และเมื่อผลรวมโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะอยู่ในสมดุลต่อการหมุน การแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุทำได้โดยการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระและใช้หาแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสมดุลกล เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์ของแรงคู่ควบนั้นจะเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน เมื่อมีแรงคู่ควบหลายคู่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุสมดุลต่อการหมุน ผลรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบเป็นศูนย์ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (แรงที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล) การวัด (การอ่านค่าแรงจากเครื่องชั่งสปริง) การใช้จำนวน (หาแรงและโมเมนต์ของแรงเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล) การทดลอง 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับสมดุลต่อการเคลื่อนที่ ซึ่งมีทั้งสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาสมดุลของแรงสามแรง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าวัตถุที่อยู่ในสภาพสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แนวแรงทั้งสามต้องพบกันที่จุดหนึ่ง และแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับโมเมนต์ โดยให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์โมเมนต์ที่มีผลต่อการหมุน เช่น การใช้แรงผลักประตูที่ตำแหน่งต่างๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหาโมเมนต์ในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นไปตามสมการ $M = Fl$ ให้นักเรียนยกสถานการณ์เกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุน และอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนเมื่อผลรวมโมเมนต์เป็นศูนย์ ให้ความรู้เกี่ยวกับสมดุลกลว่า วัตถุอาจจะอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่หรือสมดุลต่อการหมุน ในกรณีที่ว่าวัตถุอยู่ในสมดุลทั้งสองแบบจัดเป็นสมดุลสมบูรณ์ ยกสถานการณ์เกี่ยวกับสมดุลกล และให้นักเรียนเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> สมดุลกล สมดุลสถิต สมดุลจลน์ สมดุลต่อการเคลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และโมเมนต์ของแรง จากการเขียนผังมโนทัศน์ การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ สมดุลกล การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ แรงคู่ควบ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต การวัด การทดลอง การจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันการทำการทดลองและรายงานผลการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

- การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนเวกเตอร์แทนแรงและการรวมเวกเตอร์)
- การตีความหมายและลงข้อสรุป (เกี่ยวกับสมดุลของวัตถุ การอภิปรายเกี่ยวกับแรงคู่ควบ)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์
- ความมุ่งมั่นอดทน
- ความรอบคอบ

แนวทางการจัดการเรียนรู้

- ยกตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับแรงคู่ควบ เช่น การหมุนพวงมาลัยรถยนต์ ขณะเลี้ยวโค้ง หรือ การบิดลูกบิดประตู จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงในการหมุนพวงมาลัยรถยนต์ หรือแรงที่ใช้บิดลูกบิด และนำเสนอผล
- อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าแรงคู่ควบเกิดจากแรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากัน กระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามและแนวแรงขนานกัน
- ตั้งคำถามเกี่ยวกับผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าแรงคู่ควบทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่ แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน เนื่องจากมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบ เป็นไปตามสมการ

$$M = Fl$$

โดยมีค่าไม่ขึ้นกับจุดหมุน

- ยกสถานการณ์เกี่ยวกับสมดุลของวัตถุที่มีแรงคู่ควบกระทำ และให้นักเรียนเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ เพื่อนำมาอธิบายสมดุลของวัตถุ จากนั้น อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า เมื่อมีแรงคู่ควบหลายคู่กระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุสมดุลต่อการหมุน ผลรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบเป็นศูนย์
- ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลกล แรงคู่ควบ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
- ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องสมดุลกลและแรงคู่ควบไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
- ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลกล จากรายงานผลการทดลอง การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง
- ความมุ่งมั่นอดทน จากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ศูนย์กลางมวลเป็นจุดที่เสมือนเป็นที่รวมมวลของวัตถุทั้งก้อน อาจอยู่ในหรือภายนอกวัตถุก็ได้ เมื่อออกแรงกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่โดยไม่หมุน แต่ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเกิดการหมุน 2. ศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นจุดที่เสมือนเป็นตำแหน่งที่รวมน้ำหนักของวัตถุ ถ้าสนามโน้มถ่วงมีค่าสม่ำเสมอศูนย์กลางมวลกับศูนย์ถ่วงจะเป็นตำแหน่งเดียวกัน 3. ตำแหน่งของศูนย์ถ่วงมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (ตำแหน่งของศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงของวัตถุ) 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (จากการทำกิจกรรม) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนออกแรงผลักวัตถุที่ตำแหน่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่โดยไม่หมุนแล้วลากเส้นแนวแรงบนวัตถุนั้น จากนั้นทำซ้ำโดยออกแรงหลาย ๆ แนวที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปโดยไม่หมุน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าแนวแรงเหล่านั้นจะมาตัดกันที่ตำแหน่งหนึ่ง โดยให้ความรู้เพิ่มเติมว่าตำแหน่งนั้น เรียกว่า ศูนย์กลางมวล 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับวัตถุแข็งเกร็ง ตำแหน่งของศูนย์กลางมวลจะอยู่ที่ตำแหน่งเดิมตลอด ซึ่งอาจอยู่ในหรือภายนอกวัตถุก็ได้ เมื่อออกแรงกระทำผ่านศูนย์กลางมวล วัตถุจะมีการเคลื่อนที่โดยไม่หมุน แต่ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวล วัตถุจะเกิดการหมุน 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับการหาศูนย์ถ่วงของวัตถุ โดยการนำวัตถุรูปทรงใด ๆ มาแขวน จากนั้นลากเส้นตามแนวเส้นเชือก ทำซ้ำโดยเปลี่ยนตำแหน่งที่แขวนวัตถุ สังเกต อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเมื่อเปลี่ยนจุดแขวนวัตถุ แนวแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุจะตัดกันที่จุดหนึ่งซึ่งเสมือนว่าน้ำหนักรวมของวัตถุทั้งหมดจะอยู่ที่จุดตัดของแนวแรง และแรงดึงดูดของโลกต้องกระทำผ่านจุดนี้ไม่ว่าจะแขวนวัตถุในตำแหน่งใดก็ตาม เรียกตำแหน่งนี้ว่า ศูนย์ถ่วงของวัตถุ 4. ให้ความรู้ ว่า ในกรณีสนามโน้มถ่วงมีค่าสม่ำเสมอทั่วปริมาตรของวัตถุ ศูนย์กลางมวลกับศูนย์ถ่วงจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่จนทำให้แต่ละส่วนของวัตถุนั้นอยู่ในสนามโน้มถ่วงที่มีค่าไม่สม่ำเสมอ ศูนย์ถ่วงและศูนย์กลางมวลจะอยู่คนละตำแหน่งกัน 5. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับเสถียรภาพของวัตถุ โดยออกแรงกระทำต่อวัตถุที่มีความสูงให้วัตถุขยับหมุนหรือเอียงไปจากเดิมเล็กน้อย สังเกตระดับของศูนย์ถ่วงที่เปลี่ยนไปจากเดิม อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าหากศูนย์ถ่วงสูงชันกว่าระดับเดิม วัตถุจะอยู่ในสมดุลเสถียร ถ้าศูนย์ถ่วง 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ศูนย์กลางมวล และศูนย์ถ่วงของวัตถุรูปทรงใด ๆ จากการนำเสนอชิ้นงาน การสรุป การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>การสังเกต การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกันและการทำกิจกรรม</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<p>ต่ำกว่าระดับเดิมวัตถุอยู่ในสมดุลไม่เสถียร และถ้าศูนย์กลางมวลอยู่ระดับเดิมวัตถุจะอยู่ในสมดุลเสถียร</p> <ol style="list-style-type: none"> ยกสถานการณ์ เช่น รถบรรทุกผลผลิตทางการเกษตร รถโดยสารสองชั้น อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างศูนย์กลางมวลของวัตถุกับเสถียรภาพของวัตถุ จนสรุปได้ว่า วัตถุที่มีศูนย์กลางมวลต่ำจะมีเสถียรภาพมากกว่าวัตถุที่มีศูนย์กลางมวลสูง ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 10. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อมีแรงคงตัวกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่จะเกิดงาน โดยหางานได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดในแนวเดียวกันหรือหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงและการกระจัด งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเป็นปริมาณที่บ่งบอกกำลัง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟ) การใช้จำนวน (หางานจากสมการหรือพื้นที่ใต้กราฟ) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับงานในความหมายของวิชาฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างเกี่ยวกับงานในกรณีที่แรงขนานกับแนวการเคลื่อนที่และแรงทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ แล้วตั้งคำถามว่างานในกรณีทั้งสองมีค่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ให้ความรู้และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหางานเนื่องจากแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวตรง จนสรุปได้ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับแรงและการกระจัดที่อยู่ในแนวเดียวกัน ตามสมการ $W = F\Delta x \cos \theta$ ให้ความรู้และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหางานจากพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการกระจัด (โดยแรงและการกระจัดอยู่ในแนวเดียวกัน) ยกสถานการณ์การทำงานที่มีปริมาณงานเท่ากันแต่ใช้เวลาต่างกัน จากนั้นให้ความรู้เรื่อง กำลัง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเฉลี่ยกับงานและเวลา ตามสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานและกำลังเนื่องจากแรงคงตัว โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>งานและกำลัง จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานและกำลัง จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

ผลการเรียนรู้ 11. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เรียกว่า พลังงานกล งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กัน โดยงานที่ทำมีผลทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง หรือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษ และค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง) การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น) การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนกราฟความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับแรง งานและพลังงาน) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายและที่มาของพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นและพลังงานกล จากนั้นร่วมกันอภิปรายจนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ $E_p = mgh$ $E_{ps} = \frac{1}{2}ks^2$ $E = E_k + E_p$ ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $W = \frac{1}{2}mv^2$ <p>(ในกรณีที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง และ W เป็นงานของแรงลัพธ์)</p> อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์กับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ จนสรุปได้ทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ ดังนี้ $W = \Delta E_k$ <p>(W เป็นงานของแรงลัพธ์)</p> 	<p>ด้านความรู้</p> <p>พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น พลังงานกลและความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์กับพลังงานจลน์ จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันการทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายและนำเสนอผล ใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานกล ได้แก่ พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความซื่อสัตย์และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน
3. ความรอบคอบ

แนวทางการจัดการเรียนรู้

4. ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$W = mgh$$

(W เป็นงานของแรงที่ใช้ดึงมวลให้เปลี่ยนระดับด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ)

5. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงและระยะทางที่สปริงยืดออก จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับงานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ

$$F = kx$$

และ

$$W = \frac{1}{2} kx^2$$

(W เป็นงานของแรงที่ใช้ดึงสปริงออกเป็นระยะ x ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ)

6. ให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของแรงอนุรักษ์ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงสปริง อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า แรงอนุรักษ์เป็นแรงที่ทำให้เกิดงานที่ไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่
7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานและพลังงาน โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นแรงอนุรักษ์ ผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล การใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล อธิบายปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษ) การใช้จำนวน (คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ จากสมการ) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (วิเคราะห์จากแถบกระดาษ) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เช่น การปล่อยวัตถุที่มีความสูงต่างกัน แล้วตั้งคำถามว่า พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงอย่างไรให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล นำแถบกระดาษที่ติดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาจากการปล่อยวัตถุตกแบบเสรีมาวิเคราะห์ เพื่อคำนวณพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ และอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว ทบทวนความรู้เกี่ยวกับแรงอนุรักษ์ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นแรงอนุรักษ์ ผลรวมของพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ของวัตถุที่ตำแหน่งใด ๆ จะมีค่าคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>กฎการอนุรักษ์พลังงานกล จากการสรุป การเขียนผังมโนทัศน์ การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การวัด และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการสรุป การทำกิจกรรมและบันทึกผลการทำกิจกรรม ใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล จากบันทึกผลการทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

ผลการเรียนรู้ 13. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด อาศัยความรู้เกี่ยวกับงานและสมมูลกล ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่องานที่ให้แก่เครื่องกล เรียกว่า ประสิทธิภาพของเครื่องกลอย่างง่าย อัตราส่วนระหว่างแรงที่ได้กับแรงที่ให้ เรียกว่า การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกล ซึ่งเป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงการผ่อนแรงหรือการอำนวยความสะดวกของเครื่องกลชนิดนั้น <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดที่ใช้ความรู้เกี่ยวกับงานและโมเมนต์ และจากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องกลอย่างง่ายที่ใช้ความรู้เกี่ยวกับงานและโมเมนต์ในการอธิบาย ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมการอธิบายการทำงานของเครื่องกล โดยใช้หลักของงานและสมมูลกล กรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน แต่ในความเป็นจริงจะมีแรงเสียดทานหรือแรงต้านเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ ทำให้งานที่ได้จากเครื่องกลน้อยกว่างานที่ให้แก่เครื่องกล ให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้รับจากเครื่องกลกับงานที่ให้แก่เครื่องกล ซึ่งเรียกว่าประสิทธิภาพของเครื่องกล จากนั้นยกสถานการณ์การหาประสิทธิภาพของเครื่องกลบางชนิด อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการบอกค่าของประสิทธิภาพของเครื่องกลบอกเป็นร้อยละของอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่องานที่ให้แก่เครื่องกล และมีค่าน้อยกว่า 100 ตามสมการ $\text{Efficiency} = \frac{W_{\text{output}}}{W_{\text{input}}} \times 100\%$ <ol style="list-style-type: none"> ตั้งคำถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวัน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ยกตัวอย่างเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเครื่องกลอย่างง่าย โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา 	<p>ด้านความรู้</p> <p>หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายและประสิทธิภาพของเครื่องกลอย่างง่ายโดยใช้ความรู้เรื่องงาน จากการสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ และความมุ่งมั่นอดทน จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

6. ให้ความรู้เกี่ยวกับการได้เปรียบเชิงกลว่า เป็นปริมาณที่ได้จากการเปรียบเทียบขนาดของแรงที่ได้จากเครื่องกลกับปริมาณของแรงที่กระทำต่อเครื่องกล ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการได้เปรียบเชิงกล มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$$

ในกรณีที่เครื่องกลมีประสิทธิภาพ 100%

$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{s_{in}}{s_{out}}$$

จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องกลอย่างง่ายที่สามารถผ่อนแรงหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน โดยพิจารณาจากค่าการได้เปรียบเชิงกล

7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกลอย่างง่าย และการได้เปรียบเชิงกล โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการตลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงตลกับโมเมนตัม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> โมเมนตัมเป็นปริมาณที่อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ สำหรับวัตถุหนึ่งโมเมนตัมมีค่าขึ้นกับมวลและความเร็ว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลง โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงตล ซึ่งหาได้จากอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ การตลเป็นปริมาณที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ มีความสัมพันธ์กับแรงตลและเวลา และหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (โดยอาศัยความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน) การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโมเมนตัมของวัตถุ การตล และแรงตล) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนปล่อยวัตถุมวลต่างกันให้ตกกระทบมือจากระดับความสูงเดียวกัน และปล่อยวัตถุขึ้นเดียวกันจากระดับความสูงต่างกันให้กระทบมือ เปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการหยุดวัตถุในแต่ละกรณี อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ให้ความรู้เกี่ยวกับโมเมนตัมของวัตถุว่าเป็นปริมาณของการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีความสัมพันธ์กับมวลและความเร็วตามสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ ให้นักเรียนใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจนสรุปได้ว่า ผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ ตามสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ ในกรณีที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงตล ให้ความรู้เกี่ยวกับการตลว่า เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงตลกับเวลา ตามสมการ $\vec{I} = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t$ หรือหาการตลจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ให้นักเรียนใช้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า การตลมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมตามสมการ $\left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แรงที่ใช้ในการหยุดวัตถุที่มีโมเมนตัมต่างกันจากการอภิปรายร่วมกัน ผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการตลของวัตถุ จากการสรุปการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ แรงตล การตลทั้งการใช้สมการและพื้นที่ใต้กราฟ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none">1. ความอยากรู้อยากเห็น2. ความรอบคอบ	<ol style="list-style-type: none">6. ยกสถานการณ์เกี่ยวกับโมเมนตัม การดล และแรงดลที่พบในชีวิตประจำวัน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับโมเมนตัมของวัตถุ การดล และแรงดล โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ	

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านความรู้

1. การชนกันของวัตถุและการติดตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวตรง เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ โมเมนตัมรวมของระบบมีค่าคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
2. การชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบคงตัว เป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์รวมของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

ด้านทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การวัด (ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษ)
2. การใช้จำนวน (ผลรวมโมเมนตัมก่อนและหลังชนและผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังชน)
3. การทดลอง
4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (จากผลการทดลอง)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยยกตัวอย่างและอธิบายเกี่ยวกับการชนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน
2. อภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับโมเมนตัมและพลังงานจลน์ จากนั้นให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันของวัตถุ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ การชนทุกแบบและการติดตัวแยกจากกันของวัตถุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม สำหรับการชนแบบยืดหยุ่นผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัว แต่การชนแบบไม่ยืดหยุ่นผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าไม่คงตัว
3. ยกสถานการณ์เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในหนึ่งมิติที่พบในชีวิตประจำวัน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน และนำเสนอผล
4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุและการติดตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
5. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ด้านความรู้

การชนของวัตถุในแนวตรงในแนวตรงทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันของวัตถุ เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม จากการอภิปรายร่วมกัน การสรุป การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

1. การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน การทำการทดลองและรายงานผลการทดลอง
2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอผล
3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุและการติดตัวแยกจากกันของวัตถุ เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง
2. ความมุ่งมั่นอดทนและความอยากรู้อยากเห็น จากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน
3. ความรอบคอบ
4. ความอยากรู้อยากเห็น



ผลการเรียนรู้ 16. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในสองมิติ โดยแนวการเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งพาราโบลา และการเคลื่อนที่ในแนวราบมีความเร็วคงตัว ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว 2. ในกรณีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในสนามโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่แบบเสรี <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ระยะในแนวตั้งที่วัตถุเคลื่อนที่ได้) 2. การทดลอง 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (เขียนกราฟจากข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุ) 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) 5. การใช้จำนวน (ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยสาธิตการโยนวัตถุให้เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวการเคลื่อนที่และสาเหตุที่ทำให้การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง และนำเสนอผล 2. ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวระดับของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นวิถีโค้งพาราโบลา 3. ให้ความรู้ว่าการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วยเคลื่อนที่ในแนวราบที่มีความเร็วคงตัว ส่วนในแนวตั้งมีความเร่งคงตัวซึ่งเป็นการเร่งโน้มถ่วงของโลก 4. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการกระจัดและความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการแนวระดับ $\Delta x = u_x t$ แนวตั้ง $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ 5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทั้งในกรณีที่วัตถุมีความเร็วต้นในแนวราบและทำมุมกับแนวราบ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา 6. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในกรณีที่วัตถุมีความเร็วต้นในแนวราบและทำมุมกับแนวราบ โดยสังเกตจากการอภิปรายร่วมกัน และการวิเคราะห์</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานผลการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทนและความอยากรู้อยากเห็น จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน
3. ความรอบคอบ
4. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้ 17. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> วัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม จะมีแรงกระทำในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมวล อัตราเร็ว และรัศมีการเคลื่อนที่ของวัตถุ การโคจรของดาวเทียมอธิบายได้โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (คาบการแกว่งของวัตถุ) การทดลอง การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (เขียนกราฟที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีการเคลื่อนที่และคาบ) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการสาธิตการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของวัตถุ นำวัตถุผูกกับเชือกแล้วเหวี่ยงวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับ ให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงดึงในเส้นเชือกเมื่อเหวี่ยงวัตถุด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุและทิศทางของความเร็วของวัตถุและนำเสนอผล ให้ความรู้เกี่ยวกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลาง คาบ ความถี่และอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับด้วยอัตราเร็วคงตัว ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วและมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีความสัมพันธ์ ตามสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ ให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$ ยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์รถจักรยานยนต์ที่กำลังเลี้ยวโค้งบนถนนราบและถนนเอียง การโคจรของดาวเทียมเป็นวงกลมรอบโลก และการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้า ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับด้วยอัตราเร็วคงตัว จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนผังมโนทัศน์</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานผลการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์และความรอบคอบ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทนและความอยากรู้อยากเห็น จากการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none">1. ความซื่อสัตย์2. ความมุ่งมั่นอดทน3. ความรอบคอบ4. ความอยากรู้อยากเห็น	<ol style="list-style-type: none">6. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา7. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ	



ฟิสิกส์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

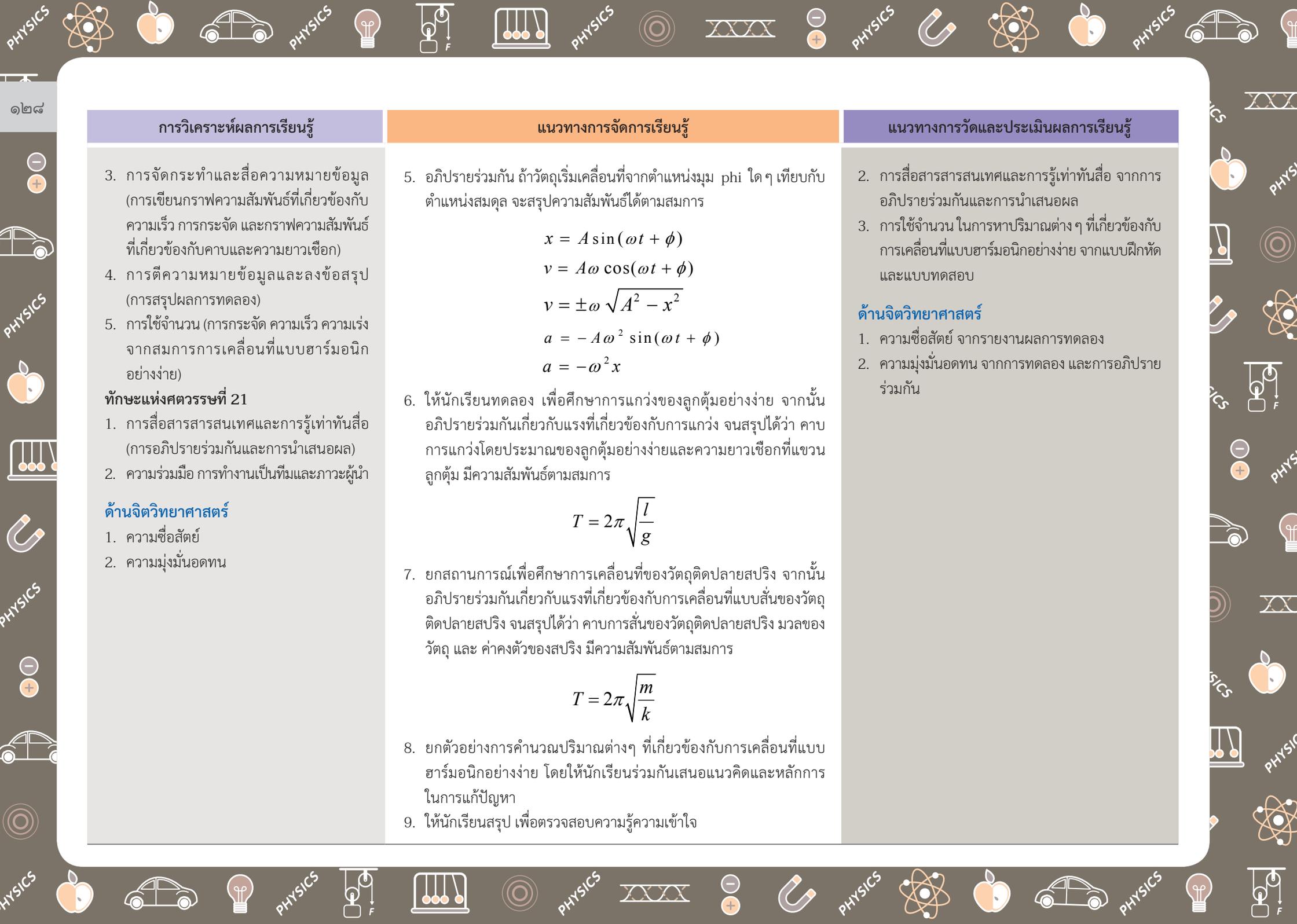
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สาระฟิลิสิกส์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบสั่นที่มีแอมพลิจูดคงตัว โดยมีความเร่งไม่คงตัว และมีทิศทางตรงข้ามกับทิศของการกระจัด 2. เมื่อฉายแสงให้ขนานกับระนาบการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ เงาของวัตถุบนฉากจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวตรง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 3. การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยเชือกทำมุมเล็กๆ กับแนวตั้งและการเคลื่อนที่ของวัตถุติดปลายสปริงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ระยะห่างระหว่างจุดบนแถบกระดาษและคาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย) 2. การทดลอง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนเกี่ยวกับแอมพลิจูด คาบและความถี่ จากนั้นสาธิตการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายและการเคลื่อนที่ของวัตถุติดปลายสปริงที่เป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา โดยให้นักเรียนสังเกต อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ และนำเสนอผล 2. ให้ความรู้ว่า การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเป็นการเคลื่อนที่แบบสั่น และในกรณีแอมพลิจูดคงตัว เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการกระจัด ความเร็ว ความเร่งของวัตถุ และแรงที่กระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย 3. ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการกระจัดและความเร็วของรถทดลองที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายในช่วงเวลาครึ่งคาบ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า การกระจัดและเวลา รวมทั้งความเร็วและเวลามีความสัมพันธ์กันเป็นรูปฟังก์ชันแบบไซน์ 4. ยกสถานการณ์การหมุนแผ่นกลมที่มีดินน้ำมันติดอยู่บนแผ่นบริเวณขอบด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วฉายแสงขนานลำใหญ่ในแนวขนานกับระนาบของแผ่นกลมเพื่อให้เกิดเงาบนฉาก ซึ่งตั้งฉากกับลำแสง เงาของวัตถุบนฉากจะเคลื่อนที่กลับไปมาในแนวตรงแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย อภิปรายร่วมกัน จนได้ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมกับการเคลื่อนที่แบบสั่น 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการวิเคราะห์ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนผังมโนทัศน์ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลาและความเร่งกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จากการเขียนกราฟ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเคลื่อนที่แบบวงกลม จากการวิเคราะห์และสรุปเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ของการกระจัด ความเร็ว ความเร่งของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายและการเคลื่อนที่แบบวงกลม <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนกราฟความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว การกระจัด และกราฟความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับคาบและความยาวเชือก)

4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง)

5. การใช้จำนวน (การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง จากสมการการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)

2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์

2. ความมุ่งมั่นอดทน

5. อภิปรายร่วมกัน ถ้าวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งมุม phi ใดๆ เทียบกับตำแหน่งสมดุล จะสรุปความสัมพันธ์ได้ตามสมการ

$$x = A \sin(\omega t + \phi)$$

$$v = A\omega \cos(\omega t + \phi)$$

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi)$$

$$a = -\omega^2 x$$

6. ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย จากนั้น อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงที่เกี่ยวข้องกับการแกว่ง จนสรุปได้ว่า คาบการแกว่งโดยประมาณของลูกตุ้มอย่างง่ายและความยาวเชือกที่แขวนลูกตุ้ม มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

7. ยกสถานการณ์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุติดปลายสปริง จากนั้น อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบสั้นของวัตถุติดปลายสปริง จนสรุปได้ว่า คาบการสั้นของวัตถุติดปลายสปริง มวลของวัตถุ และ ค่าคงตัวของสปริง มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

8. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา

9. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล

3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง

2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุ และการเกิดการสั่นพ้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อให้วัตถุสั่นหรือแกว่งอย่างอิสระ วัตถุจะสั่นหรือแกว่งด้วยความถี่ธรรมชาติ ซึ่งมีค่าคงตัว เมื่อมีแรงกระตุ้นต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยความถี่ของการให้แรงกระตุ้นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ วัตถุจะสั่นหรือแกว่งโดยมีแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (การแกว่งของลูกตุ้ม) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (เกี่ยวกับการเกิดการสั่นพ้อง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนเกี่ยวกับความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ซึ่งเป็นค่าที่ขึ้นกับความยาวเชือก จนสรุปได้ว่า ความยาวเชือกค่าหนึ่งความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย จะมีค่าคงตัว จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับความถี่ธรรมชาติ ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยตั้งลูกตุ้มแล้วปล่อยให้แกว่งอย่างอิสระ แล้วคอยผล็ลูกตุ้มเบา ๆ เป็นจังหวะที่ไม่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ สังเกตแอมพลิจูดการแกว่งของลูกตุ้ม จากนั้น ให้นักเรียนผล็ลูกตุ้มเป็นจังหวะให้ตรงกับความถี่ธรรมชาติของการแกว่ง สังเกตแอมพลิจูดการแกว่งของลูกตุ้ม อภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปว่า เมื่อลูกตุ้มถูกกระตุ้นให้แกว่งด้วยความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติ นั้น จะทำให้ลูกตุ้มแกว่งด้วยแอมพลิจูดมากขึ้นเรียกว่าเกิดการสั่นพ้อง สาธิตเกี่ยวกับการสั่นพ้องของลูกตุ้มที่แขวนบนลวดซึ่งตั้งด้วยเชือกที่มีความยาวต่าง ๆ โดยให้ลูกตุ้มคู่หนึ่งแขวนด้วยเชือกที่มีความยาวเท่ากัน จากนั้นทำให้ลูกตุ้มลูกหนึ่งของลูกตุ้มที่แขวนด้วยเชือกที่มีความยาวเท่ากันแกว่ง ให้นักเรียนสังเกตและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ลูกตุ้มลูกอื่น ๆ จะแกว่งด้วย แต่ลูกตุ้มที่แขวนด้วยเชือกที่มีความยาวเท่ากันจะแกว่งโดยมีแอมพลิจูดกว้างที่สุด เนื่องจากเกิดการสั่นพ้อง ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการสั่นของสะพานทาโคมา จากภาพหรือวีดิทัศน์ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการสั่นของสะพานทาโคมาเป็นผลมาจากการสั่นพ้อง อาจให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากการสั่นพ้องในชีวิตประจำวันและแนวทางการแก้ไข จากนั้น ให้นักเรียนนำเสนอผล ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ความถี่ธรรมชาติ ของการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย การสั่นพ้อง จากการอภิปรายร่วมกัน ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกัน การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเคลื่อนที่แบบคลื่นเป็นการถ่ายโอนพลังงานจากการรบกวน จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง การถ่ายโอนพลังงานนี้อาจอาศัยตัวกลางหรือไม่อาศัยตัวกลาง 2. คลื่นกลจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลางออกเป็นคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว 3. คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกันบรรยายได้ด้วย การกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น หน้าคลื่น เฟส แอมพลิจูด ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ และอัตราเร็วคลื่น 4. อัตราเร็วของคลื่นชนิดเดียวกัน ในตัวกลางหนึ่ง ๆ มีค่าคงตัว และมีความสัมพันธ์กับความถี่และความยาวคลื่น 5. การแผ่ของหน้าคลื่นอธิบายด้วยหลักการของฮอยเกนส์ 6. เมื่อคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะเกิดการรวมการกระจัดของคลื่น โดยอาจรวมแบบเสริมกันหรือหักล้างกันตามหลักการซ้อนทับ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนการเกิดคลื่น เช่น สาธิตการสลับเชือกที่มีเม็ดโฟมติดอยู่ให้เกิดคลื่นในเส้นเชือก ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของเม็ดโฟมและเส้นเชือก จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า คลื่นเป็นการถ่ายโอนพลังงานจากการรบกวนผ่านตัวกลาง โดยอนุภาคตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่น 2. ยกตัวอย่างเกี่ยวกับคลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงาน โดยใช้ตัวกลางและไม่ใช้ตัวกลางจนสรุปได้ว่า คลื่นกลใช้ตัวกลาง ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน 3. สาธิตการเกิดคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวางโดยใช้ชดลวดสปริง ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของตำแหน่งหนึ่งบนชดลวดสปริงและการเคลื่อนที่ของคลื่น จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง และนำเสนอผล 4. สาธิตการเกิดคลื่นผิวน้ำโดยใช้ถาดคลื่นหรือกล่องคลื่น ให้นักเรียนสังเกตการกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น ความยาวคลื่น และแอมพลิจูด จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับหน้าคลื่นและเฟส จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น จนได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $v = f\lambda$ <ol style="list-style-type: none"> 5. ให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการของฮอยเกนส์ เพื่ออธิบายการแผ่ของหน้าคลื่น อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเกิดหน้าคลื่นใหม่และนำเสนอผล 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการซ้อนทับของคลื่น จากนั้นสาธิตการทำให้เกิดคลื่นตกจากปลายชดลวดสปริงทั้งสองปลาย เมื่อสลับปลายทั้งสองพร้อมกันไปในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงกันข้ามให้นักเรียนสังเกต จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปว่า ถ้ามีคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเคลื่อนที่แบบคลื่น การจำแนกชนิดของคลื่น ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วคลื่น ความยาวคลื่น ความถี่ หลักของฮอยเกนส์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการเขียนผังมโนทัศน์ 2. หลักของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ ในสถานการณ์ต่าง ๆ จากการวาดภาพ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวนในการหาอัตราเร็ว ความยาวคลื่น และความถี่ของคลื่น จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (เคลื่อนในเส้นเชือก เคลื่อนในขดลวดสปริง เคลื่อนผิวน้ำ และการซ้อนทับของคลื่นในขดลวดสปริง) 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคลื่น) 3. การใช้จำนวน (อัตราเร็ว ความยาวคลื่น และความถี่จากสมการ) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<p>รวมการกระจัดแบบเสริมหรือแบบหักล้าง ตามหลักการซ้อนทับ โดยหลังจากที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่กันแล้ว แต่ละคลื่นยังคงมีรูปร่างและเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. ยกตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็ว ความยาวคลื่น และความถี่ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา 8. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 4. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสะท้อนของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปตกกระทบสิ่งกีดขวาง แล้วกลับสู่ตัวกลางเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน หรือเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน 2. การหักเหของคลื่นเกิดเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน จะมีอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเห 3. คลื่นอาพันธ์สองขบวนมาซ้อนทับกันจะเกิดการแทรกสอด ซึ่งมีทั้งแบบเสริมและแบบหักล้าง การแทรกสอดของคลื่นทำให้เกิดคลื่นนิ่ง 4. เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบขอบของสิ่งกีดขวาง จะมีคลื่นแผ่ไปด้านหลังของสิ่งกีดขวางนั้น เนื่องจากการเลี้ยวเบนของคลื่น <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำ เมื่อเกิดการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ และการเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นบนเส้นเชือก) 2. การทดลอง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน ตั้งคำถามเพื่ออภิปรายร่วมกันว่า เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปในตัวกลางและพบสิ่งกีดขวาง ตัวกลางใหม่ ขอบวัตถุ หรือ คลื่นอีกขบวน คลื่นจะแสดงพฤติกรรมอย่างไรบ้าง 2. สาธิตการเคลื่อนที่ของคลื่นในเส้นเชือกครั้งแรก ปลายข้างหนึ่งผูกไว้กับหลัก ครึ่งหลังปลายอีกข้างหนึ่งผูกไว้กับหลักอย่างหลวม ๆ ให้นักเรียนสังเกตคลื่นก่อนและหลังกระทบหลักทั้งสองครั้ง ร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับ การสะท้อนของคลื่นและรูปร่างของคลื่นสะท้อน 3. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำโดยใช้ถาดคลื่น จากนั้นอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกันเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ จนสรุปได้ตามกฎการสะท้อน 4. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาการหักเหของคลื่นผิวน้ำโดยใช้ถาดคลื่น จากนั้นอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกันเกี่ยวกับการหักเหของคลื่นผิวน้ำ จนสรุปความหมายของการหักเหของคลื่นและกฎการหักเหได้ตามสมการ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ 5. สาธิตการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ S_1 และ S_2 ให้นักเรียนสังเกต และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำ จนสรุปได้ว่าการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำมีทั้งการแทรกสอดแบบเสริมเรียกว่า ปฏิบัพ และการแทรกสอดแบบหักล้างเรียกว่า บัพ โดยเมื่อ S_1 และ S_2 ให้คลื่นที่มีเฟสตรงกัน จะได้ความสัมพันธ์ของตำแหน่งปฏิบัพและบัพ ตามสมการ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนผังมโนทัศน์</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหและการแทรกสอด จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (เกี่ยวกับสมบัติของคลื่น)
4. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหและการแทรกสอด)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน

แนวทางการจัดการเรียนรู้

ตำแหน่งปฏิบัติ

$$|S_1P - S_2P| = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

ตำแหน่งบัพ

$$|S_1Q - S_2Q| = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

นำรูปแบบการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำที่สังเกตได้มาอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าการแทรกสอดของคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทำให้เกิดคลื่นนิ่งซึ่งมีปฏิบัติและบัพเป็นตำแหน่งที่อยู่กับที่

6. สาธิตการเกิดคลื่นนิ่งบนเส้นเชือก ให้นักเรียนสังเกต และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นตกระทบกับคลื่นสะท้อนได้เป็นคลื่นนิ่ง
7. สาธิตการเกิดการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำเมื่อคลื่นผ่านขอบสิ่งกีดขวาง ให้นักเรียนสังเกต อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลัง
8. สาธิตการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ เมื่อคลื่นผ่านช่องเปิดที่มีความกว้างของช่องต่างกัน ให้นักเรียนสังเกต อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล
9. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อน การหักเห และการแทรกสอด โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา
10. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ 5. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดของอนุภาคกับความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เสียงเป็นคลื่นกลเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและเสียงที่ได้ยินเกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นผ่านตัวกลางจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ทำให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของเสียง เสียงจึงเป็นคลื่นตามยาว อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ เสียงมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและการกระจัดของคลื่นเสียง) การใช้จำนวน (อัตราเร็วเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิ) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนเกี่ยวกับการเกิดเสียง โดยให้นักเรียนเคาะลิ่มเสียงหรือเปล่งเสียงในลักษณะต่างๆ เช่น การพูด การร้องเพลง จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปว่า เสียงเป็นคลื่นกลเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง สาธิตการเคลื่อนที่ของเสียงผ่านตัวกลาง เช่น โทรศัพท์กระป๋อง การวางแหล่งกำเนิดเสียงไว้ในภาชนะที่สามารถสูบอากาศออกได้ ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงต้องอาศัยตัวกลาง ให้ความรู้ที่ เสียงเป็นคลื่นตามยาวเกิดจากการสั่นของโมเลกุลอากาศในแนวการเคลื่อนที่ของเสียง ทำให้เกิดการอัดและขยายของโมเลกุลอากาศ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาแผนภาพการอัดและการขยายของโมเลกุลอากาศ กราฟระหว่างความดันกับตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน และกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคในตัวกลางกับตำแหน่งที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน อภิปรายร่วมกันจนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันและการกระจัดที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีคลื่นเสียงผ่าน ให้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติความเป็นคลื่นของเสียง และอัตราเร็วของเสียงที่มีความสัมพันธ์กับความถี่และความยาวคลื่น ตามสมการ $v = f\lambda$ ให้ความรู้เกี่ยวกับอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสตามสมการ $v_t = 331 + 0.6t$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การเกิดเสียง อัตราเร็วของเสียง สมบัติของคลื่นเสียง และปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากการอภิปรายร่วมกัน ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและการกระจัดของตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีคลื่นเสียงผ่าน จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนกราฟ การแทรกสอดของคลื่นเสียง จากการเขียนแผนภาพของแนวบัพ ปฏิบัพ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกัน การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วเสียงในอากาศ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<p>เมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง -50 องศาเซลเซียสถึง +50 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ตัวกลางเป็นของแข็งหรือของเหลว อัตราเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวกลางนั้น</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. สาธิตการสะท้อนของเสียง โดยนำสิ่งกีดขวางผิวเรียบแข็งมาวางหน้าแหล่งกำเนิดเสียง ให้ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเล็กน้อย ให้นักเรียนยืนหลังแหล่งกำเนิดเสียงและสังเกตเสียงที่ได้ยิน จากนั้น นำสิ่งกีดขวางออก โดยให้แหล่งกำเนิดเสียงยังอยู่ที่เดิม และให้นักเรียนสังเกตเสียงที่ได้ยินและเปรียบเทียบกับเสียงที่ได้ยินในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง อภิปรายร่วมกัน เพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นเสียงเมื่อตกกระทบสิ่งกีดขวาง 7. ยกสถานการณ์การเกิดฟ้าแลบฟ้าร้องแล้วตั้งคำถามว่า เพราะเหตุใดบางครั้งเกิดฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเสียงมีการหักเห 8. สาธิตการแทรกสอดของเสียงโดยใช้ลำโพงสองตัวที่เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์และให้นักเรียนฟังเสียงที่ได้ยินที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณด้านหน้าลำโพง จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า เสียงมีการแทรกสอดแบบเสริมและแบบหักล้าง ทำให้ได้ยินเสียงดังและค่อยตามตำแหน่งต่างๆ 9. สาธิตการเลี้ยวเบนของเสียงโดยใช้ลำโพงเป็นแหล่งกำเนิดเสียงวางไว้ด้านหลังแผ่นกั้น หรือหลังประตูห้องเรียน ให้นักเรียนสังเกตเสียงที่ได้ยินเมื่ออยู่หลังแผ่นกั้นหรือหลังประตู จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเสียงเลี้ยวเบนอ้อมไปด้านหลังสิ่งกีดขวางได้ 10. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วของเสียงในอากาศ โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวคิดและหลักการในการแก้ปัญหา 11. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ปริมาณที่บอกถึงความดังของเสียงเรียกว่า ความเข้มเสียงซึ่งมีค่าขึ้นกับกำลังของแหล่งกำเนิดเสียง และพื้นที่ที่รับเสียง ระดับเสียง เป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียงให้ใกล้เคียงกับความรู้สึกของผู้ฟัง โดยเป็นการเปรียบเทียบความเข้มเสียงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่ง ๆ กับความเข้มเสียงน้อยที่สุดที่ทำให้หูคนปกติเริ่มได้ยิน องค์ประกอบที่ทำให้ได้ยินเสียง เช่น ความเข้มเสียง ระดับเสียง ความถี่เสียง และส่วนประกอบของหู เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เนื่องจากมีคุณภาพเสียงต่างกัน เสียงที่มีระดับความเข้มเสียงมาก อาจทำให้เกิดอันตรายต่อหู ตลอดจนเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ ล้วนจัดเป็นมลพิษทางเสียง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ความเข้มเสียงและระดับเสียง)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกตัวอย่างกิจกรรมที่ทำให้เกิดเสียงดังและค่อย เช่น พุดหรือเปิดเพลงจากลำโพงด้วยเสียงดังและค่อย ตั้งคำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ได้ยินเสียงดังและค่อย จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน และนำเสนอผล สาธิตการใช้เครื่องวัดระดับความเข้มเสียงโดยปรับระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงและกำลังของแหล่งกำเนิดเสียง เพื่อแสดงปัจจัยที่ทำให้ได้ยินเสียงดังและค่อย ให้ความรู้เกี่ยวกับกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $I = \frac{P}{A}$ $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ความเข้มเสียงและระดับเสียง สาธิตเกี่ยวกับระดับสูงต่ำของเสียง โดยให้ฟังเสียงจากสื่อเสียงที่มีความถี่ต่างกันหรือเสียงจากเครื่องดนตรีที่โน้ตต่างกัน ให้นักเรียนสังเกตและอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปว่า ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับช่วงความถี่ของเสียงที่ได้ยิน และช่วงระดับความเข้มเสียงที่ได้ยินแล้วไม่เป็นอันตรายต่อหู ส่วนประกอบของหู จากนั้น นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง ความเข้มเสียง ระดับเสียง คุณภาพเสียง และองค์ประกอบของการได้ยิน จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนผังมโนทัศน์ มลพิษทางเสียง ผลกระทบและการป้องกันแก้ไข จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการรายงาน การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ความเข้มเสียงและระดับเสียง จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)</p> <p>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาาสตร์</p> <p>1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความรอบคอบ</p>	<p>7. สาธิตการเล่นโน้ตดนตรีตัวเดียวกัน จากเครื่องดนตรีต่างชนิดกัน ให้นักเรียนสังเกตเสียงที่ได้ยิน และดูรูปคลื่นเสียงจากจอแสดงผล อภิปราย ร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เสียงที่แตกต่างกันเนื่องจากคุณภาพเสียงต่างกัน</p> <p>8. ให้ความรู้เกี่ยวกับมลพิษทางเสียง จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นผลกระทบและ แนวทางป้องกันแก้ไขมลพิษทางเสียง แล้วนำเสนอผล</p>	

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อให้เสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน จะเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อ คลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่ต่างกันมาแทรกสอดกัน จะเกิดบีตทำให้เกิดเสียงดังและค่อยสลับกันเป็นจังหวะ คลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากัน มาแทรกสอดกัน จะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ผู้ฟังเคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ทั้งแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟังด้วยความเร็วต่างกัน จะได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไป ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียง ทำให้เกิดคลื่นกระแทกของเสียง ความรู้เรื่องเสียงนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันด้านต่างๆ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเกี่ยวกับความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุ จากนั้นตั้งคำถามว่าเสียงมีการสั่นพ้องได้หรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า เมื่อให้เสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในท่อ จะเกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในท่อ โดยความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $f_n = n \frac{v}{4L} \text{ เมื่อ } n = 1, 3, 5, \dots$ สาธิตการเกิดบีตโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดบีต สาธิตการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง โดยให้เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปตกกระทบตั้งฉากกับตัวกั้นหน้าตรง ให้นักเรียนสังเกตเสียงที่ได้ยินที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและตัวกั้น อภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง สาธิตการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์โดยใช้คลื่นน้ำ เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นน้ำเคลื่อนที่ ให้นักเรียนสังเกตความยาวคลื่นด้านหน้า และความยาวคลื่นด้านหลังของแหล่งกำเนิดคลื่น เทียบกับความยาวคลื่นในขณะที่แหล่งกำเนิดคลื่นหยุดนิ่ง จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความยาวคลื่นของคลื่นน้ำ อัตราเร็วของคลื่นน้ำและความถี่ปรากฏในบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของแหล่งกำเนิดคลื่น และนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน การเกิดบีต การเกิดคลื่นนิ่งของเสียง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ และคลื่นกระแทก จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนผังมโนทัศน์ การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน จากการเขียนแผนภาพการเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นเสียงในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเสียงในชีวิตประจำวัน จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานผลการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>3. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคลื่นนิ่งและการสะท้อนของเสียงในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผลการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ ความซื่อสัตย์</p>	<ol style="list-style-type: none"> 6. ยกสถานการณ์เกี่ยวกับเสียงที่สังเกตได้เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ให้นักเรียนอภิปรายเทียบกับคลื่นน้ำ จนสรุปได้ว่าความถี่ปรากฏด้านหน้าและด้านหลังของแหล่งกำเนิดเสียง มีค่าเปลี่ยนไปจากความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ในกรณีที่ผู้ฟังมีการเคลื่อนที่เทียบกับแหล่งกำเนิดเสียง และนำเสนอผล 7. สาธิตการเกิดคลื่นกระแทกจากคลื่นน้ำ เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วของคลื่น จากนั้นยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียงมากกว่าอัตราเร็วเสียง อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าคลื่นกระแทกเกิดเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ทะลุหน้าคลื่นของเสียงออกมาได้ 8. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 9. ตั้งคำถามเกี่ยวกับประโยชน์และการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเสียงในชีวิตประจำวันและในด้านเทคโนโลยี ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ประโยชน์ของเสียง และนำเสนอผล 	

ผลการเรียนรู้ 8. ทดลองและอธิบายสมบัติการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง สมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติงจะเกิดการแทรกสอด ทำให้เกิดการเสริมกันเป็นแถบสว่างและหักล้างกันเป็นแถบมืด เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนและเกิดการแทรกสอด ทำให้เกิดการเสริมกันเป็นแถบสว่างและหักล้างกันเป็นแถบมืด <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (แถบมืดและแถบสว่าง จากสลิตคู่เกรตติง และสลิตเดี่ยว) การวัด (ระยะห่างของแถบมืดและแถบสว่าง) การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนผ่าน สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนใช้สลิตคู่ เกรตติง และสลิตเดี่ยว ส่องดูแสงจากหลอดไฟ สังเกตและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตเห็นมีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร เกิดขึ้นได้อย่างไร และนำเสนอผล ให้ความรู้ที่ว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงมีสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบน ให้นักเรียนทดลองการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติงช่องของสลิตคู่และเกรตติงคลื่นแสงที่ออกจากแต่ละช่องจะทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมเกิดเป็นแถบสว่างและการแทรกสอดแบบหักล้างเกิดเป็นแถบมืด และร่วมกันวิเคราะห์ตำแหน่งแถบมืดและแถบสว่าง ได้ความสัมพันธ์กันตามสมการสำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$ $\frac{dx}{D} = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$ <p>แถบมืด</p> $d \sin \theta = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ $\frac{dx}{D} = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$	<p>ด้านความรู้</p> <p>การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่าน สลิตคู่ เกรตติง และสลิตเดี่ยว จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตคู่ เกรตติง และสลิตเดี่ยว จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน

สำหรับเกรตติง
แถบสว่าง

$$d \sin \theta = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\frac{dx}{D} = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$$

4. ให้นักเรียนทดลองการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า เมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว จะมีการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดแบบหักล้างเกิดเป็นแถบมืดและแบบเสริมเกิดเป็นแถบสว่าง และร่วมกันวิเคราะห์ตำแหน่งแถบมืด ได้รับความสัมพันธ์กันตามสมการแถบมืด

$$d \sin \theta = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\frac{dx}{D} = n \lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

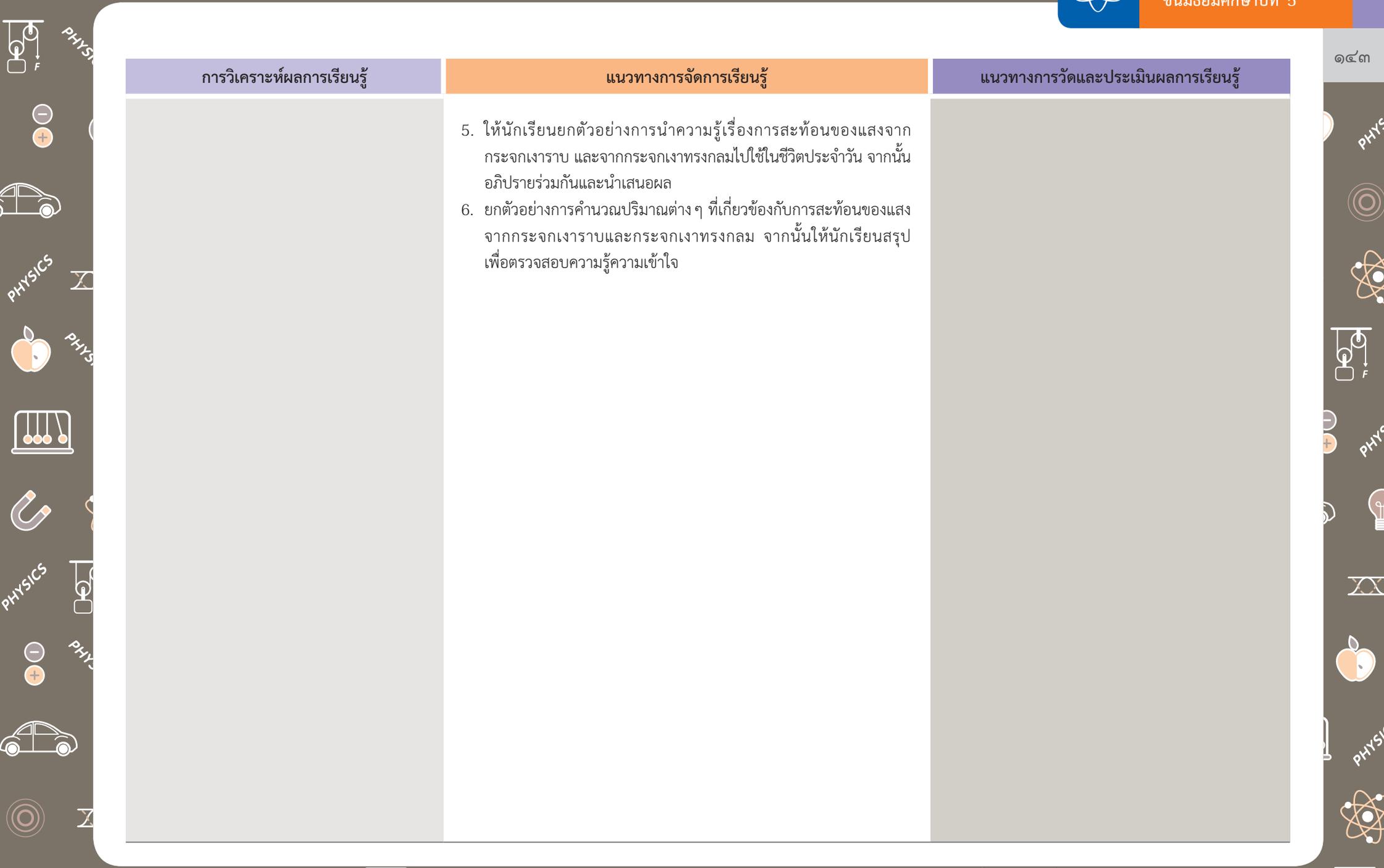
5. ให้นักเรียนสังเกตความเหมือนหรือความแตกต่างของลวดลายการแทรกสอดผ่านสลิตคู่ เกรตติง และสลิตเดี่ยว พร้อมทั้งเขียนแผนภาพจากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน
6. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนผ่าน สลิตคู่ เกรตติง และสลิตเดี่ยว จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 9. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุเมื่อแสงตกกระทบกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุที่เรียบ จะเกิดการสะท้อนเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง วัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จะเกิดภาพจากการสะท้อนของแสง</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ระยะวัตถุและระยะภาพ) 2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม) 3. การทดลอง 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบผิววัตถุ จากนั้นตั้งคำถามว่า เมื่อรังสีแสงตกกระทบวัตถุที่มีผิวเรียบ ผิวโค้ง และผิวขรุขระ รังสีสะท้อนจะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ให้นักเรียนทดลองการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุ อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อน 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสง โดยใช้กฎการสะท้อนของแสงเมื่อแสงจากวัตถุที่มีขนาดตกกระทบกระจกเงาราบ จากนั้นให้นักเรียนเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ $s' = -s$ 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนรังสีของแสงที่ตกกระทบกระจกเงาทรงกลม และการสะท้อนแสง จากนั้นให้นักเรียนเขียนรังสีของแสง โดยใช้กฎการสะท้อนของแสง เมื่อแสงจากวัตถุที่มีขนาดตกกระทบกระจกเงาทรงกลม ให้นักเรียนเขียนรังสีการสะท้อนของแสงเพื่อระบุตำแหน่งของภาพและขนาดภาพจากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสะท้อนแสง การสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จากการอภิปรายร่วมกัน 2. ความรู้ในการเขียนรังสีของแสงสะท้อน เพื่อหาตำแหน่งภาพและขนาดภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบ และจากกระจกเงาทรงกลมไปใช้ในชีวิตประจำวัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล
- ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ



ผลการเรียนรู้ 10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุมหักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริงและความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อแสงผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน อัตราเร็วของแสงจะเปลี่ยนไป อัตราส่วนของอัตราเร็วแสงในสุญญากาศกับอัตราเร็วแสงในตัวกลางใด มีค่าคงตัว เรียกว่าดรรชนีหักเหของตัวกลางนั้นและการหักเหของแสงจะเป็นไปตามกฎการหักเหของคลื่น ตำแหน่งภาพของวัตถุที่เกิดจากการหักเหของแสง ซึ่งเรียกว่า ความลึกปรากฏ จะอยู่คนละตำแหน่งกับตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า ความลึกจริง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมุมตกกระทบ มุมหักเห และดรรชนีหักเห เมื่อแสงมีมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90 องศา เรียกมุมตกกระทบนี้ว่า มุมวิกฤตและเมื่อมุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต จะเกิดการสะท้อนกลับหมด <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (ตำแหน่งตัวอักษร) การวัด (มุมตกกระทบและมุมหักเห) การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการสาธิตกิจกรรม เช่น นำวัตถุใววางบนหนังสือให้นักเรียนสังเกตตำแหน่งของตัวหนังสือ อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับตำแหน่งจริงกับตำแหน่งที่เห็นเป็นตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ และนำเสนอผล ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ θ_1 กับมุมหักเห θ_2 นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \text{ค่าคงตัว}$ จากนั้นให้ความรู้ เมื่อแสงตกกระทบในตัวกลางที่หนึ่งแล้วหักเหไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ซึ่งเป็นตัวกลางคูใดๆ จะมีอัตราส่วนดังกล่าวเป็นค่าคงตัว เรียกว่า กฎของสเนลล์ ให้ความรู้เรื่องดรรชนีหักเหของแสงผ่านตัวกลางใดๆ เป็นอัตราส่วนของอัตราเร็วแสงในสุญญากาศต่ออัตราเร็วแสงในตัวกลางใดๆ จากนั้นเชื่อมโยงกับความรู้ในข้อ 2 จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ สาธิตโดยการให้ลำแสงตกกระทบจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อย โดยปรับมุมตกกระทบให้โตขึ้นเรื่อยๆ ให้นักเรียนสังเกต จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า มีมุมตกกระทบมุมหนึ่งที่ทำให้มีมุมหักเหเท่ากับ 90 องศา เรียกมุมตกกระทบนี้ว่า มุมวิกฤต ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การหักเหของแสง ความลึกจริง ความลึกปรากฏ มุมวิกฤต และการสะท้อนกลับหมด จากการอภิปรายร่วมกัน ความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ มุมหักเห ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง ความลึกปรากฏ และกฎของสเนลล์ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากกรอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

- 4. การทดลอง
- 5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

- 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
- 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- 1. ความซื่อสัตย์
- 2. ความมุ่งมั่นอดทน

แนวทางการจัดการเรียนรู้

และเมื่อมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต แสงจะสะท้อนกลับหมด สาธิต โดยนำแก้วน้ำไปวางบนกระดาษที่มีตัวอักษร ให้นักเรียนสังเกตตำแหน่ง ตัวอักษรในแนวตั้ง ในขณะที่ไม่มีน้ำกับเมื่อค่อยๆเติมน้ำลงไป อภิปราย ร่วมกัน จนสรุปได้ว่าตำแหน่งของตัวอักษรที่เห็นแตกต่างกันระหว่างไม่มีน้ำ กับมีน้ำระดับสูงต่างๆ เป็นผลมาจากการหักเหของแสง โดยตำแหน่งภาพ ของวัตถุที่เกิดจากการหักเหของแสง เรียกว่า ความลึกปรากฏ จะอยู่คนละ ตำแหน่งกับตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า ความลึกจริง ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับดรรชนีหักเหตามสมการ

$$\frac{s'}{s} = -\frac{n_2}{n_1}$$

- 5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ 11. ทดลองและเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>วัตถุอยู่หน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุ โดยตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพ หาได้จากการเขียนแผนภาพของรังสีแสง</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ตำแหน่งวัตถุ และตำแหน่งภาพ) 2. การทดลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การใช้จำนวน (ตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความพยายามมุ่งมั่น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับการหักเหแสงเมื่อผ่านตัวกลางสองชนิด ตั้งคำถามเกี่ยวกับลักษณะของแสงที่หักเหผ่านเลนส์บาง ทั้งเลนส์นูนและเลนส์เว้า จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ให้นักเรียนทดลองการหักเหแสงผ่านเลนส์นูน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส รวมทั้งขนาดของภาพ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ และ $M = \frac{y'}{y}$ 3. ยกตัวอย่างการคำนวณระยะวัตถุ ระยะภาพ ความยาวโฟกัส ชนิดของภาพ และขนาดของภาพ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 4. ตั้งคำถามเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเขียนรังสีของแสงเพื่อหาตำแหน่ง ขนาดของภาพ ชนิดของภาพที่เกิดจากเลนส์บาง และการนำความรู้เรื่องการหักเหแสงไปใช้ในประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากการอภิปรายร่วมกัน 2. การเขียนแผนภาพ การหักเหแสงผ่านเลนส์บาง จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส จากการวิเคราะห์กราฟผลการทดลอง <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาระยะวัตถุ ระยะภาพ ความยาวโฟกัสชนิดของภาพและขนาดของภาพ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 12. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลม มิราจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อแสงขาวผ่านปริซึม จะเกิดการกระจายของแสงออกมาเป็นสเปกตรัมของแสง อธิบายโดยใช้กฎการหักเหของแสง ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น รุ้ง การทรงกลมและมิราจ อธิบายได้ด้วยกฎการสะท้อนและการหักเหของแสง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผลการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับการหักเหและการสะท้อนของแสง จากนั้นให้นักเรียนศึกษาจากวีดิทัศน์เกี่ยวกับการกระจายของแสงขาวผ่านปริซึม ทบทวนกฎของสเนลล์และให้ความรู้เกี่ยวกับดรรชนีหักเหของแสงในตัวกลางใดๆ มีค่าขึ้นกับความยาวคลื่นทำให้แสงขาวที่ตกกระทบปริซึมด้วยมุมตกกระทบค่าหนึ่ง แสงที่หักเหในปริซึมจะกระจายออกมาเป็นแถบสีต่างๆ เรียกว่า สเปกตรัมของแสง จากนั้นสังเกตการเกิดรุ้ง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า รุ้งที่เกิดขึ้นมีสองชนิด คือรุ้งปฐมภูมิและรุ้งทุติยภูมิ ซึ่งมีการเรียงแถบสีต่างกัน เกิดจากมุมที่แสงตกกระทบละอองน้ำในอากาศต่างกัน ให้นักเรียนสืบค้นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น การทรงกลมและมิราจแต่ละชนิด นำเสนอและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าปรากฏการณ์ข้างต้น อธิบายได้ด้วยหลักการสะท้อน การหักเห และการสะท้อนกลับหมดของแสง 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การกระจายแสงเมื่อผ่านปริซึม จากการอภิปรายร่วมกัน ความรู้เรื่องการหักเหแสงผ่านตัวกลางโดยใช้กฎของสเนลล์ จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนแผนภาพรังสีแสง การเกิดรุ้ง รุ้งปฐมภูมิ รุ้งทุติยภูมิ จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนแผนภาพรังสีแสง การทรงกลม และมิราจ จากการเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. อัตรการให้พลังงานแสง หรือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก ใช้บอกความสว่าง ความสว่างมีผลต่อการมองเห็น 2. การดูดกลืนและการสะท้อนแสงสีของวัตถุ ทำให้มองเห็นสีของวัตถุนั้น และความผิดปกติของนัยน์ตา เช่น การบอดสี จะทำให้มองเห็นสีของวัตถุเปลี่ยนไป การผสมแสงสี และการผสมสารสีจะทำให้ได้แสงสีและสารสีต่างๆ 3. ตาปกติสามารถมองเห็นวัตถุชัดเจนเมื่อแสงจากวัตถุผ่านเลนส์ตาแล้วเกิดภาพที่จอตา ในกรณีสายตาสั้นและสายตายาว เกิดจากภาพไม่เกิดที่จอตา อาจแก้ไขได้โดยใช้เลนส์ชนิดต่างๆ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (แสงสีที่เปลี่ยนไปบนฉากรู) 2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสว่าง) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการนำกล่องหลอดไฟที่บอกทั้งหน่วยวัตต์และลูเมน ให้นักเรียนสังเกตและตั้งคำถามว่า หน่วยที่ปรากฏข้างกล่องเป็นหน่วยของอะไร จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นวัตต์ มีความสัมพันธ์กับความสว่างของแสงที่ได้จากหลอดไฟในหน่วยลูเมน 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับอัตรการให้พลังงานแสงหรือ ฟลักซ์ส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงจากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ความสว่างคืออัตรส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก ตามสมการ $E = \frac{F}{A}$ 3. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับความสว่างที่เหมาะสมที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการมองเห็นสีของวัตถุ แสงสี การทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมสารสี การผสมแสงสี และความผิดปกติของนัยน์ตา ได้แก่ การบอดสี 5. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการผสมแสงสีบนฉากรู นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า การผสมแสงสีจะทำให้ได้แสงสีใหม่ที่ต่างไปจากเดิม 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับสายตาสั้น สายตายาว อภิปรายร่วมกัน และสรุปเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขความผิดปกติของสายตาโดยใช้เลนส์เว้าและเลนส์นูน จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นวิธีการแก้ไขความผิดปกติของสายตา ด้วยวิธีอื่นๆ 7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสว่าง การแก้ไขสายตาสั้นและสายตายาว จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ความสว่าง การมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี การผสมแสงสี และความผิดปกติของนัยน์ตา จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศน์และการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสว่าง การแก้ไขสายตาสั้นและสายตายาว จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

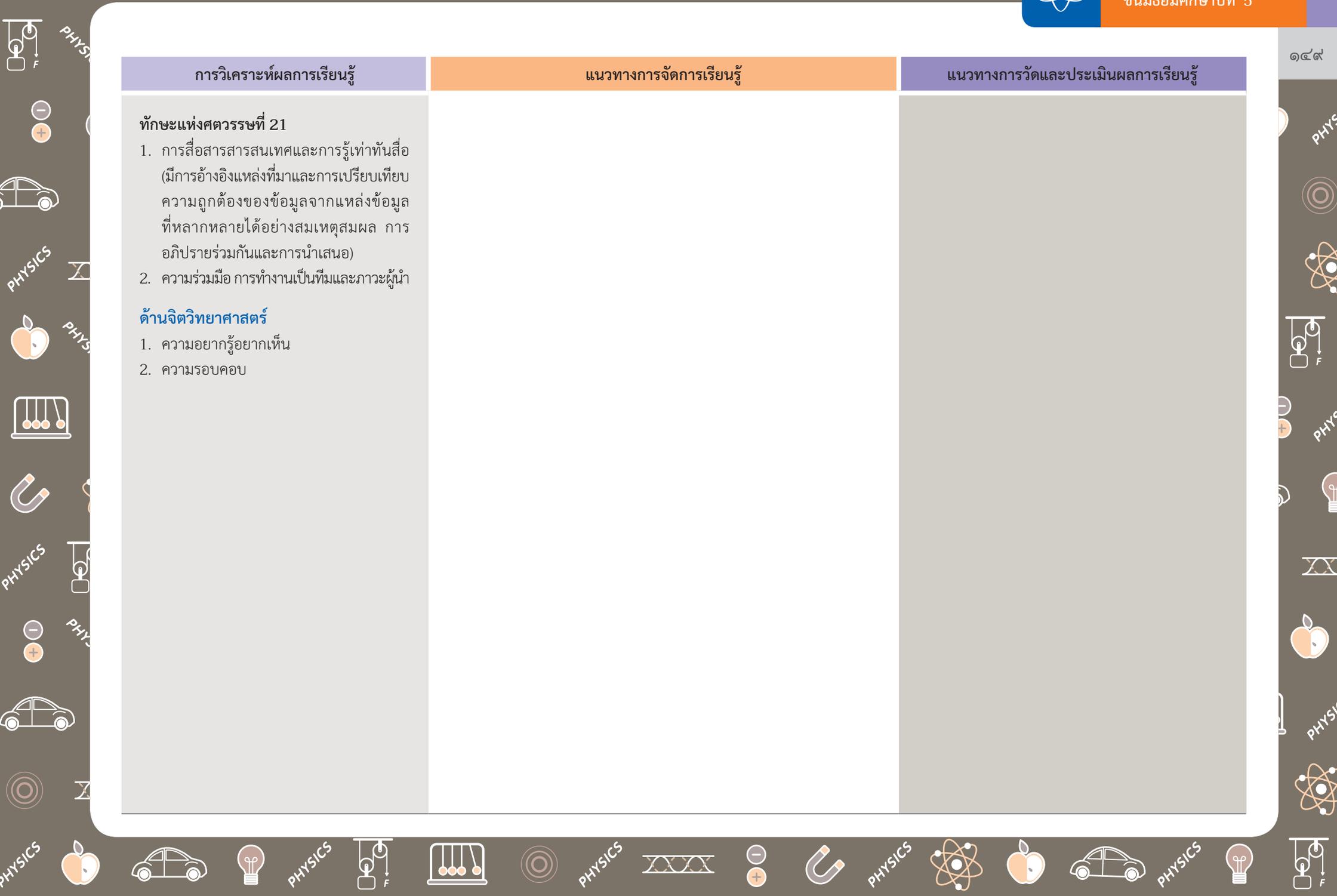
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอ)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ



3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>การนำวัตถุที่เป็นกลางมาขัดสีและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตของตัวนำ ทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้า</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (แรงดึงดูดและแรงผลักรัน ของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า) 2. การทดลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนการทำวัตถุที่เป็นกลาง มีประจุไฟฟ้าโดยเตรียมวัสดุต่างๆ เช่น แผ่นเปอร์สเปก แผ่นพีวีซี และผ้าสักหลาดมาให้นักเรียนได้ขัดสีและสังเกตผลที่เกิดขึ้น จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าที่ปรากฏบนวัสดุเป็นประจุชนิดเดียวกันหรือไม่ โดยใช้ความรู้ประจุชนิดเดียวกันจะผลักรัน ประจุต่างชนิดกันจะดูดกัน 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและชนิดของประจุไฟฟ้าจากการขัดสี จากนั้นอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 3. ให้ความรู้ที่ เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเข้าใกล้ตัวนำไฟฟ้าที่เป็นกลางจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเรียกกระบวนการนี้ว่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต 4. ให้นักเรียนทดลอง เพื่อศึกษาการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต โดยใช้ข้อเล็กโทรสโคป จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปกระบวนการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตได้ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การทำให้วัตถุมีประจุโดยการขัดสีและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงกระทำระหว่างจุดประจุมีค่าแปรผันกับผลคูณของขนาดของจุดประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (แรงไฟฟ้าระหว่างจุดประจุ)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือทดลองและการทดลองของคูลอมบ์ นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกันและให้ความรู้เกี่ยวกับแรงระหว่างจุดประจุ จนได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$ <ol style="list-style-type: none"> 2. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ และผลของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อจุดประจุ จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

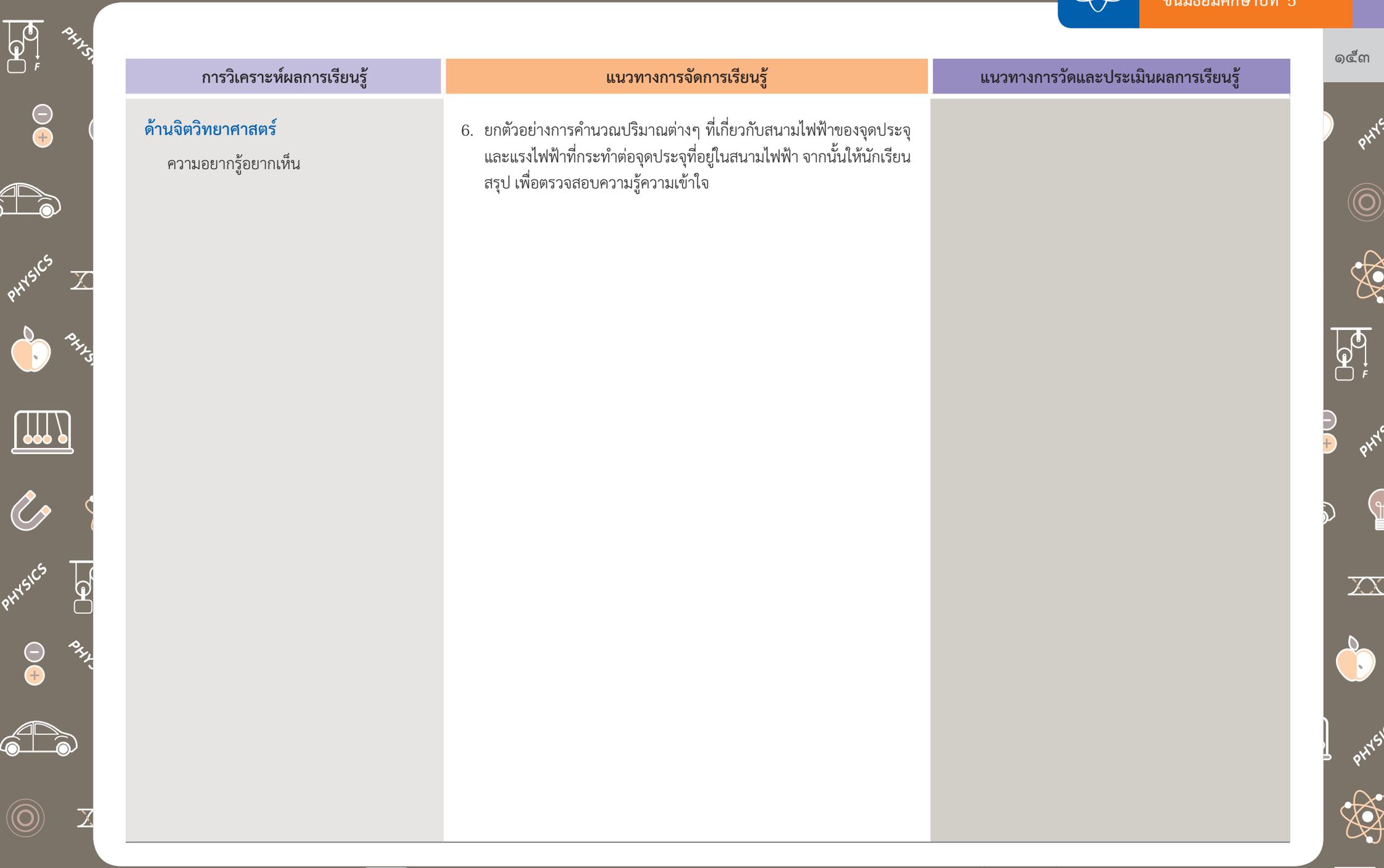
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. บริเวณรอบจุดประจุ มีสนามไฟฟ้า เมื่อนำจุดประจุอื่นไปวางจะมีแรงกระทำกับจุดประจุที่นำไปวางนั้น โดยทิศทางของสนามไฟฟ้าแสดงได้ด้วยเส้นสนามไฟฟ้า 2. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า อยู่ในสนามไฟฟ้า จะมีแรงกระทำ ซึ่งมีขนาดขึ้นอยู่กับขนาดของจุดประจุและสนามไฟฟ้า <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต (จากการทำกิจกรรมการแผ่กระจายของต่างแท็บทิม) 2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าของจุดประจุและระบบจุดประจุ) 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนศึกษา เกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ตำแหน่งใด ๆ ที่มีสนามไฟฟ้า เมื่อนำประจุไปวางจะมีแรงกระทำต่อประจุนั้น 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสนามไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมการแผ่กระจายของต่างแท็บทิมในบริเวณสนามไฟฟ้า เพื่อศึกษาลักษณะของเส้นสนามไฟฟ้า อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าใช้เขียนแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบ ๆ จุดประจุ 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับบริเวณที่มีเส้นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ แสดงว่า สนามไฟฟ้าในบริเวณนั้นมีค่าสม่ำเสมอ เช่น สนามไฟฟ้าเนื่องจากแผ่นตัวนำที่ขนานกันที่มีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการหาสนามไฟฟ้าของจุดประจุใด ๆ โดยค่าสนามไฟฟ้าของจุดประจุ มีความสัมพันธ์ ตามสมการ $E = k \frac{Q}{r^2}$ หลังจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับแรงที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและอยู่ในสนามไฟฟ้า มีความสัมพันธ์ ตามสมการ $F = qE$ 5. ให้ความรู้เกี่ยวกับสนามไฟฟ้าลัพธ์ เนื่องจากจุดประจุมากกว่าหนึ่งจุดประจุว่าสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่งใด หาค่าได้จากการรวมสนามไฟฟ้าแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าจากจุดประจุแต่ละจุดประจุที่ตำแหน่งนั้นตามสมการ $E = \sum_{i=1}^n E_i$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. แรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าของจุดประจุและระบบจุดประจุ จากการอภิปรายร่วมกัน 2. เส้นสนามไฟฟ้า จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าของจุดประจุและระบบจุดประจุ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

ความอยากรู้อยากเห็น

6. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุ และแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อจุดประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ



ผลการเรียนรู้ 4. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใดๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> บริเวณที่มีสนามไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนจุดประจุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะทำให้เกิดงานและการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ไฟฟ้า โดยงานและพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์กัน งานต่อหนึ่งหน่วยประจุในการเคลื่อนจุดประจุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น และผลต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมีความสัมพันธ์กับสนามไฟฟ้า <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (พลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า งานในการเคลื่อนประจุ สนามไฟฟ้า และความต่างศักย์)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกัน) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นงานของแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงอนุรักษ์ นำมาเปรียบเทียบกับแรงระหว่างประจุซึ่งเป็นแรงอนุรักษ์เช่นเดียวกัน จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุไฟฟ้า Q เมื่อวางประจุไฟฟ้า q ห่างเป็นระยะ r อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า พลังงานศักย์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตามสมการ $E_p = k \frac{Qq}{r}$ <ol style="list-style-type: none"> ให้ความรู้เกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุ Q ที่ระยะ r จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าศักย์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตามสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ <p>จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้ารวมของระบบที่มีประจุไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งจุดประจุ จนสรุปได้ความสัมพันธ์ ตามสมการ</p> $V = k \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i}$ <ol style="list-style-type: none"> ให้ความรู้และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างงานในการเคลื่อนประจุไฟฟ้าจากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง B กับความต่างศักย์ จนสรุปได้ว่า งานต่อประจุไฟฟ้าที่ต้องการเคลื่อน มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\frac{W_{A \rightarrow B}}{q} = V_B - V_A$	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> พลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุและระบบจุดประจุ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ งานในการเคลื่อนประจุไฟฟ้า และความต่างศักย์จากการอภิปรายร่วมกัน ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งภายในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากความสัมพันธ์ระหว่างงานในการเคลื่อนประจุไฟฟ้ากับความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งภายในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกัน ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

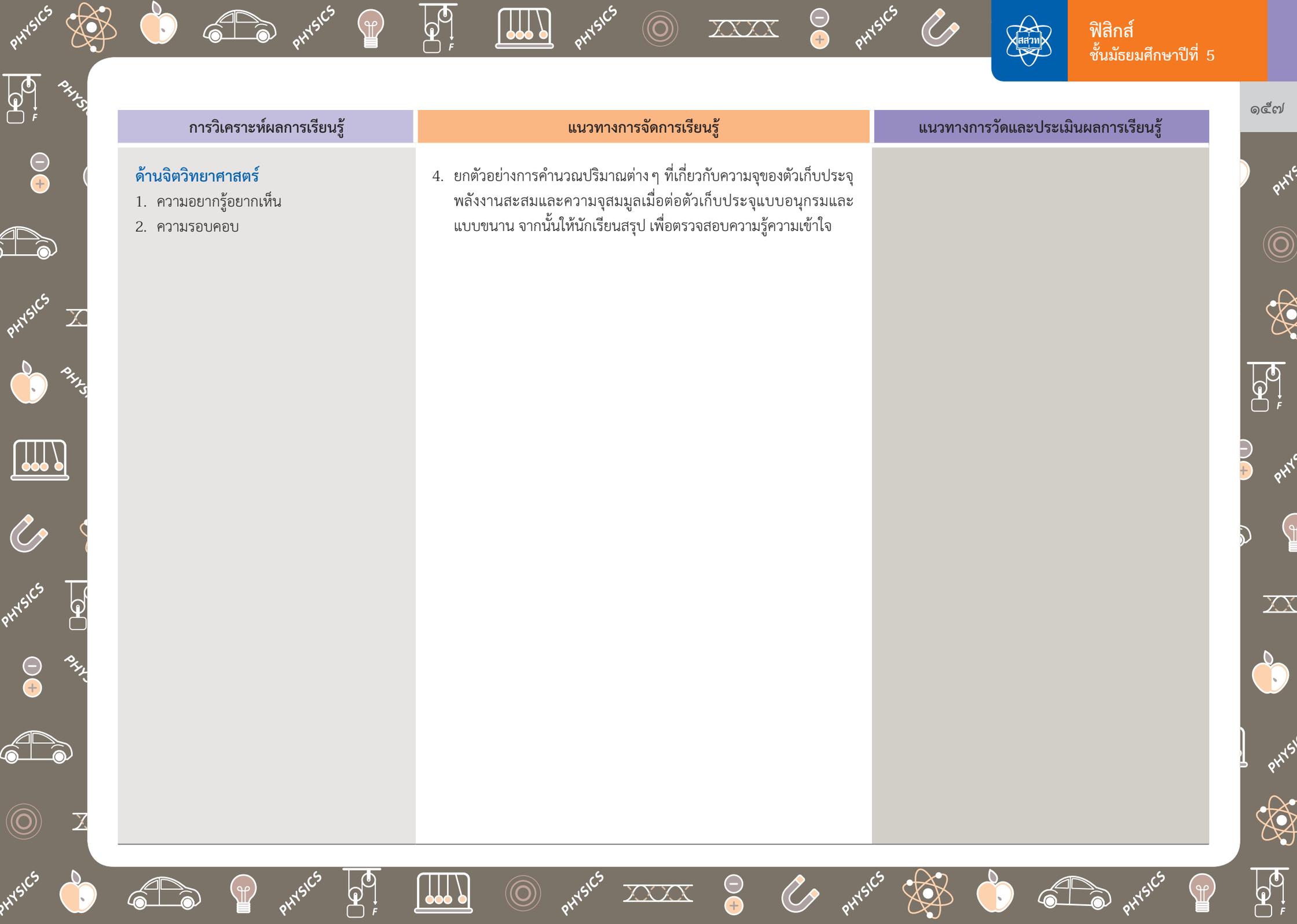
4. ให้ความรู้เกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง A และ B ซึ่งห่างกันเป็นระยะ d ในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า โดยสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ จากนั้นตั้งคำถามว่าศักย์ไฟฟ้าสองตำแหน่งนี้มีค่าเท่ากันหรือไม่ อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่ง A และ B มีความสัมพันธ์กับสนามไฟฟ้าตามสมการ

$$E = \frac{V_B - V_A}{d}$$

5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องับพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า งานในการเคลื่อนประจุในสนามไฟฟ้าและความต่างศักย์ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 5. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบาย พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บประจุหรือจ่ายประจุออกมาใช้งาน ซึ่งปริมาณประจุดังกล่าวขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และความจุ เมื่อความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลง ทำให้ปริมาณประจุและพลังงานสะสมเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย การนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรมหรือแบบขนานในวงจรมีผลต่อความจุสมมูลของตัวเก็บประจุ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ค่าความจุของตัวเก็บประจุและปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและค่าความจุสมมูล)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เรื่องศักย์ไฟฟ้า จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับความจุไฟฟ้าของวัตถุ และความหมายของความจุไฟฟ้า อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าและความต่างศักย์ ตามสมการ $C = \frac{Q}{V}$ ให้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ จากนั้นตั้งคำถาม เมื่อความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นจะผลิตต่อปริมาณประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุอย่างไร อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าเมื่อความต่างศักย์เพิ่มขึ้นปริมาณประจุจะเพิ่มขึ้น จากนั้นวิเคราะห์กราฟระหว่างความต่างศักย์กับประจุ จนสรุปได้ว่างานที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนความต่างศักย์มีความสัมพันธ์กับประจุตั้งสมการ $W = \frac{1}{2} QV$ <p>งานที่เกิดขึ้นนี้เป็นพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ ตามสมการ</p> $U = \frac{1}{2} QV$ ตั้งคำถามว่า ถ้านำตัวเก็บประจุมาต่อกันแบบอนุกรมหรือต่อแบบขนานแล้วนำไปต่อกับความต่างศักย์ V จะมีผลอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นนำเสนอผล และอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเมื่อต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลงและต่อแบบขนานความจุสมมูลเพิ่มขึ้นตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$ <p>แบบอนุกรม</p> $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ <p>แบบขนาน</p> 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ตัวเก็บประจุ และปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและค่าความจุสมมูล จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาค่าความจุของตัวเก็บประจุและปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและค่าความจุสมมูล จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับความจุของตัวเก็บประจุ พลังงานสะสมและความจุสมมูลเมื่อต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมและแบบขนาน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 6. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตนำไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์บางชนิด เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องฟอกอากาศ เครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้า และเครื่องถ่ายลายนิ้วมือ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผลการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการแตกตัวของแก๊สในลูกบอลพลาสมา จากภาพหรือวีดิทัศน์ สังเกตผลที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการนำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปประดิษฐ์อุปกรณ์ให้เกิดประโยชน์ และชี้ให้นักเรียนทราบว่าในชีวิตประจำวันมีการนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ในหลายๆ ด้าน 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตมาใช้ประโยชน์ โดยยกตัวอย่างอุปกรณ์ เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องฟอกอากาศ เครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้า และเครื่องถ่ายลายนิ้วมือ 3. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้หลักการของไฟฟ้าสถิตในการทำงาน นำเสนอผล และอภิปรายร่วมกัน 4. ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตมาใช้ประโยชน์ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>หลักการทำงานของอุปกรณ์ที่นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปประยุกต์ใช้ จากการอภิปรายร่วมกัน และการเขียนรายงาน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน 2. ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ลวดตัวนำที่ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ โดยมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำมีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ -</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านภาคตัดขวางของลวดตัวนำ จากภาพหรือวีดิทัศน์ สังเกตและอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าเป็นปริมาณที่กำหนดจากปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านภาคตัดขวางในหนึ่งหน่วยเวลา ตามสมการ $I = \frac{Q}{t}$ และการกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ มีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ กระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ให้ความรู้เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ซึ่งเกิดจากอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ ตามสมการ $I = nev_d A$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> อิเล็กตรอนอิสระ ความเร็วลอยเลื่อนของ อิเล็กตรอนอิสระ และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระ ในลวดตัวนำ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ กระแสไฟฟ้า และทิศของกระแสไฟฟ้า จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ -</p>

ผลการเรียนรู้ 8. อธิบายกฎของโอห์ม ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง อธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว ขึ้นอยู่กับชนิด พื้นที่หน้าตัดและความยาว 2. เมื่ออุณหภูมิของตัวนำคงตัวอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำ จะมีค่าคงตัว 3. เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน ทำให้มีความต้านทานสมมูลที่มีค่าแตกต่างกัน <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของโอห์ม ความต้านทาน และความต้านสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับตัวนำโลหะมีความต้านทานและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่มีผลต่อความต้านทานของตัวนำโลหะ เช่น ความยาว พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ สภาพต้านทาน สภาพนำไฟฟ้า และความนำไฟฟ้า จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $\text{ความต้านทาน } R = \rho \frac{l}{A}$ $\text{สภาพนำไฟฟ้า } \sigma = \frac{1}{\rho}$ $\text{ความนำไฟฟ้า } G = \frac{1}{R}$ 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับกฎของโอห์ม เมื่ออุณหภูมิคงตัวกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานจะมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสอง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้าตามสมการ $I = \left(\frac{1}{R}\right)V$ เรียกสมการนี้ว่า กฎของโอห์ม 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จะใช้ตัวต้านทานเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้า และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรมและแบบขนานทำให้ความต้านทานสมมูลมีค่าแตกต่างกัน จนสรุปได้ว่าในการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมจะมีความต้านทานสมมูลตามสมการ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานของตัวนำเมื่ออุณหภูมิคงที่ และกฎของโอห์ม จากการอภิปรายร่วมกัน 2. ความต้านทานสมมูลในวงจรแบบอนุกรม และแบบขนานจากการอภิปรายร่วมกัน 3. ประโยชน์ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม และแบบขนาน ในชีวิตประจำวัน จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของโอห์ม ความต้านทาน และความต้านสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

และการต่อตัวต้านทานแบบขนานจะมีความต้านทานสมมูลตามสมการ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับกฎของโอห์ม ความต้านทาน และความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ
5. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับตัวต้านทานที่มีความต้านทานขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มแสง และผลของการต่อตัวต้านทานมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. ทดลอง อธิบายและคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ในวงจรไฟฟ้า พลังงานจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ให้แก่หนึ่งหน่วยประจุเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ครบวงจรไฟฟ้าเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และเวลา ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งหน่วยเวลาเป็นปริมาณที่บอกค่าของกำลังไฟฟ้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ค่าความต่างศักย์) 2. การใช้จำนวน (แรงเคลื่อนไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า) 3. การทดลอง 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกัน) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ให้แก่หนึ่งหน่วยประจุ เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ครบวงจรไฟฟ้า 2. ให้นักเรียนทดลองเรื่องความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ที่ต่อเป็นวงจรร่วมกับตัวต้านทาน สังเกตและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความต้านทานภายใน และความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $E = V + Ir$ <ol style="list-style-type: none"> 3. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับพลังงานและกำลัง จากนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า อภิปรายร่วมกันจนสรุปความสัมพันธ์ตามสมการ $W = IVt$ $P = IV$ <ol style="list-style-type: none"> 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟให้ตรงตามความต่างศักย์ที่กำหนด เพื่อให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานตรงตามข้อกำหนดการใช้งาน ในกรณีที่มีความต่างศักย์ไม่ตรงตามที่กำหนด อาจทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเสียหายได้ 5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกัน 3. การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้ 10. ทดลองและคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนานจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลที่แตกต่างกัน ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าในวงจรจะมีค่าสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลและความต้านทานสมมูล <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด (กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน) การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง) การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกัน) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้จากการทดลองเรื่องความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ จากนั้นให้นักเรียนทดลองการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม มีค่าตามสมการ $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$ สำหรับการต่อแบบขนานที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ทุกก้อนเท่ากันจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลตามสมการ $E = E_1 = E_2 = E_3 = \dots$ ให้นักเรียนทดลองต่อแบตเตอรี่ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน แล้วนำไปต่อเป็นวงจรกับตัวต้านทานที่ต่อกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้าในวงจรมีความสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลและความต้านทานสมมูลตามสมการ $I = \frac{E}{R + r}$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูล กระแสไฟฟ้าและผลของการต่อแบตเตอรี่มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลและกระแสไฟฟ้า เมื่อต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน โดยสังเกตจากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การวัด การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานการทดลอง การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกัน การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูล ความต้านทานสมมูล ทั้งจากการต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> พลังงานทดแทน เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแสงอาทิตย์นำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานไฟฟ้าควรใช้อย่างประหยัด และควรตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการยกตัวอย่างขั้นตอนการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภท เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าได้จากพลังงานกลมาหมุนแกนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้ความรู้เกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ต้องใช้เชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา แก๊สธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสิ้นเปลือง อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิจัยและทดลองนำแหล่งพลังงานอื่น ๆ มาทดแทน เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวภาพ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพหรือวิดิทัศน์การทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงาน จนสรุปได้ว่าการเปลี่ยนพลังงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มีการเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานความร้อน พลังงานกล และพลังงานไฟฟ้าตามลำดับ ให้นักเรียนสืบค้นการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเซลล์สุริยะ จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเซลล์สุริยะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ให้นักเรียนสืบค้นวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลกระทบที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากเทคโนโลยีใหม่ๆ นำเสนอผลและอภิปราย 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และพลังงานทดแทน จากการอภิปรายร่วมกัน การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลกระทบที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยการเขียนผังมโนทัศน์ หรือเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน





ฟิสิกส์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซลีนอยด์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เส้นสนามแม่เหล็กแสดงถึงสนามแม่เหล็กที่มีอยู่ในบริเวณหนึ่ง ฟลักซ์แม่เหล็กบอกถึงเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ใด ๆ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กเป็นขนาดของสนามแม่เหล็ก หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำตรงและยาวหรือโซลีนอยด์ยาว จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต (การวางตัวของเข็มทิศและผงเหล็ก) การใช้จำนวน (ฟลักซ์แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสนามแม่เหล็ก จากนั้นให้นักเรียนศึกษาวิธีทัศนหรือทำกิจกรรม เกี่ยวกับการนำเข็มทิศมาวางใกล้แท่งแม่เหล็ก สังเกต และอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เข็มทิศที่วางใกล้แท่งแม่เหล็กจะชี้ไปในทิศทางต่างๆ ตามแนวเส้นสนามแม่เหล็ก สาธิตการแขวนแท่งแม่เหล็กขนาดเล็กให้แกว่งได้อย่างอิสระในแนวราบ แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้เสมอ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าโลกมีสนามแม่เหล็กโลก จึงมีแรงแม่เหล็กมากระทำต่อแท่งแม่เหล็ก ทำให้แท่งแม่เหล็กวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยชี้โลกเหนือเป็นแม่เหล็กขั้วใต้ ให้ความรู้เกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็ก ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก จากนั้นร่วมกันอภิปราย จนสรุปได้ว่าสนามแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กับฟลักซ์แม่เหล็กและพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ตามสมการ $B = \frac{\Delta\phi}{\Delta A}$	<p>ด้านความรู้</p> <p>สนามแม่เหล็ก และฟลักซ์แม่เหล็ก จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสังเกต จากการทำกิจกรรม การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกัน การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกัน)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

-

แนวทางการจัดการเรียนรู้

4. ให้ความรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำตรงและยาวหรือโซลีนอยด์ยาว โดยให้นักเรียนสังเกตผงเหล็กหรือการวางตัวของเข็มทิศรอบๆ เส้นลวดตัวนำและขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำตรงและยาวหรือโซลีนอยด์ยาว จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นโดยรอบ
5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟลักซ์แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ทำให้เคลื่อนที่ในแนวโค้งของวงกลม ขนาดของแรงแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กับขนาดของประจุ ความเร็ว ขนาดของสนามแม่เหล็ก และมุมระหว่างความเร็วกับสนามแม่เหล็ก เส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวด ซึ่งขนาดของแรงมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก ความยาวของเส้นลวดและทิศการวางตัวของเส้นลวดกับทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่อลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง ซึ่งเป็นผลจากสนามแม่เหล็กของลวดแต่ละเส้น 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยศึกษาการเบนของรังสีแคโทดในสนามแม่เหล็ก จากวิดิทัศน์ อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแรงที่เกิดขึ้นกับอนุภาคอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก และการเบนของรังสี จนสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นส่วนโค้งของวงกลม และแรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนมีความสัมพันธ์ ตามสมการ $F = qvB\sin\theta$ $F = qvB$ $F = \frac{mv^2}{r}$ ให้นักเรียนศึกษาแรงที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กจากวิดิทัศน์ โดยสังเกตจากการเคลื่อนที่ของเส้นลวดอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $F = ILB\sin\theta$ ให้นักเรียนศึกษาแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำเมื่อมีกระแสผ่านจากวิดิทัศน์ของเครื่องชั่งกระแส อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าเส้นลวดสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน จะมีแรงกระทำซึ่งกันและกันเนื่องจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบลวดแต่ละเส้น 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ แนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ภายใต้สนามแม่เหล็ก จากการอภิปรายร่วมกัน แรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และวางในสนามแม่เหล็กจากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกัน ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (แรงแม่เหล็กที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไหลผ่าน)
2. การใช้จำนวน (แรงแม่เหล็ก และแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้สนามแม่เหล็ก)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

ความอยากรู้อยากเห็น

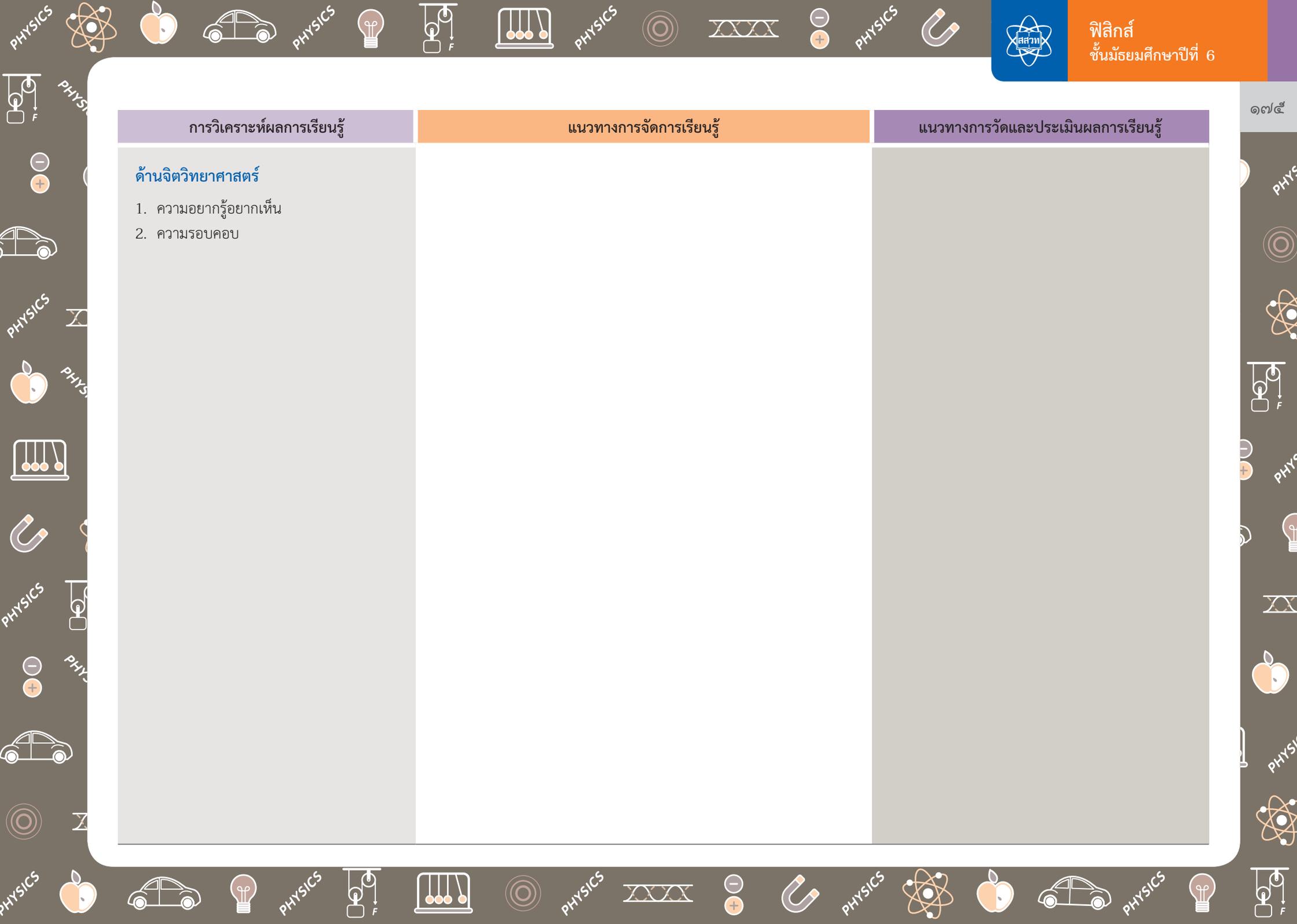
4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายหลักการการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>ขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบเกิดขึ้นกับขดลวด ทำให้ขดลวดหมุนในสนามแม่เหล็ก เป็นหลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (โมเมนต์ของแรงคู่ควบ)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจากวีดิทัศน์ อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่วางในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงคู่ควบกระทำและทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $M = NIAB\cos\theta$ 2. ยกตัวอย่างการนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไปใช้งาน เช่น มอเตอร์ของรถวิทยุบังคับ มอเตอร์สตาร์ทรถยนต์ อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด ที่ใช้มอเตอร์กระแสตรง และนำเสนอผล 3. ให้นักเรียนสืบค้นการทำงานของแกลวนอมิเตอร์ จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปว่าแกลวนอมิเตอร์ มีหลักการทำงานคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยเมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้ขดลวดหมุน มีผลให้เข็มชี้บนหน้าปัดที่ติดอยู่กับขดลวดหมุนตามไปด้วย และการทำงานของแกลวนอมิเตอร์นั้น ยังคงทำงานร่วมกับสปริงกันหอย 4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>หลักการทำงานของแกลวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดที่มี กระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน 2. ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กหรือฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวด จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก หลักการการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น แบลลาสต์ เต้าเหนี่ยวนำ มอเตอร์ไฟฟ้า และแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในมอเตอร์ไฟฟ้า อธิบายได้ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาการสว่างของหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์แบบดั้งเดิมที่ต่ออยู่กับขดลวด อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า ในขดลวดที่มีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด หรือมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านหลอดไฟฟ้าทำให้สว่างได้ ให้ความรู้เกี่ยวกับ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น มีขนาดเป็นไปตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ตามสมการ $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ และมีทิศทางเป็นไปตามกฎของเลนซ์ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ ให้นักเรียนสืบค้นการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น แบลลาสต์ เต้าเหนี่ยวนำ มอเตอร์ไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในมอเตอร์ไฟฟ้า นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า จากการเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้ 5. อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันไซน์จึงมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ การหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ จึงต้องใช้ค่าอาร์เอ็มเอส เช่น ความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนเกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสสลับเกิดจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จากการหมุนขดลวดในสนามแม่เหล็กด้วยอัตราเร็วเชิงมุมสม่ำเสมอ จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้มีการเปลี่ยนค่าตามเวลาขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวด มีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ ให้ความรู้เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด จึงไม่สามารถใช้แกลแวนอมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้ เนื่องจากเข็มของแกลแวนอมิเตอร์แกว่งตลอดเวลาอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ที่จะนำมาใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเรียกว่าค่าอาร์เอ็มเอสมีความสัมพันธ์ตามสมการ $I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ $V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ <p>จากนั้นให้ความรู้ที่ว่าค่าอาร์เอ็มเอสนี้ให้ผลทางพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่ากับไฟฟ้ากระแสตรง จึงเรียกค่าอาร์เอ็มเอสนี้ว่า ค่ายังผล และเมื่อใช้มิเตอร์ชนิดกระแสสลับวัด ค่าที่วัดได้เรียก ค่ามิเตอร์</p> ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลงและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดตัวนำ 3 ชุด แต่ละชุดทำมุม 120 องศาต่อกัน ทำให้ได้กระแสสลับ 3 เฟส หม้อแปลงไฟฟ้าใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นหรือต่ำลง โดยอาศัยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้า)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับหลักการของแรงเคลื่อน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำของไฟฟ้ากระแสสลับ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาชีวิตทัศนเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่เกิดจากแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดตัวนำ 3 ชุด อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน ให้นักเรียนศึกษาหลักการทำงานของหม้อแปลงทั้งแปลงขึ้นและแปลงลง จากชีวิตทัศน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับผ่านขดลวดปฐมภูมิ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิ ตามสมการ $\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>หลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของหม้อแปลง จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้า จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น และความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ ไรส์ แสงโพลาไรส์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

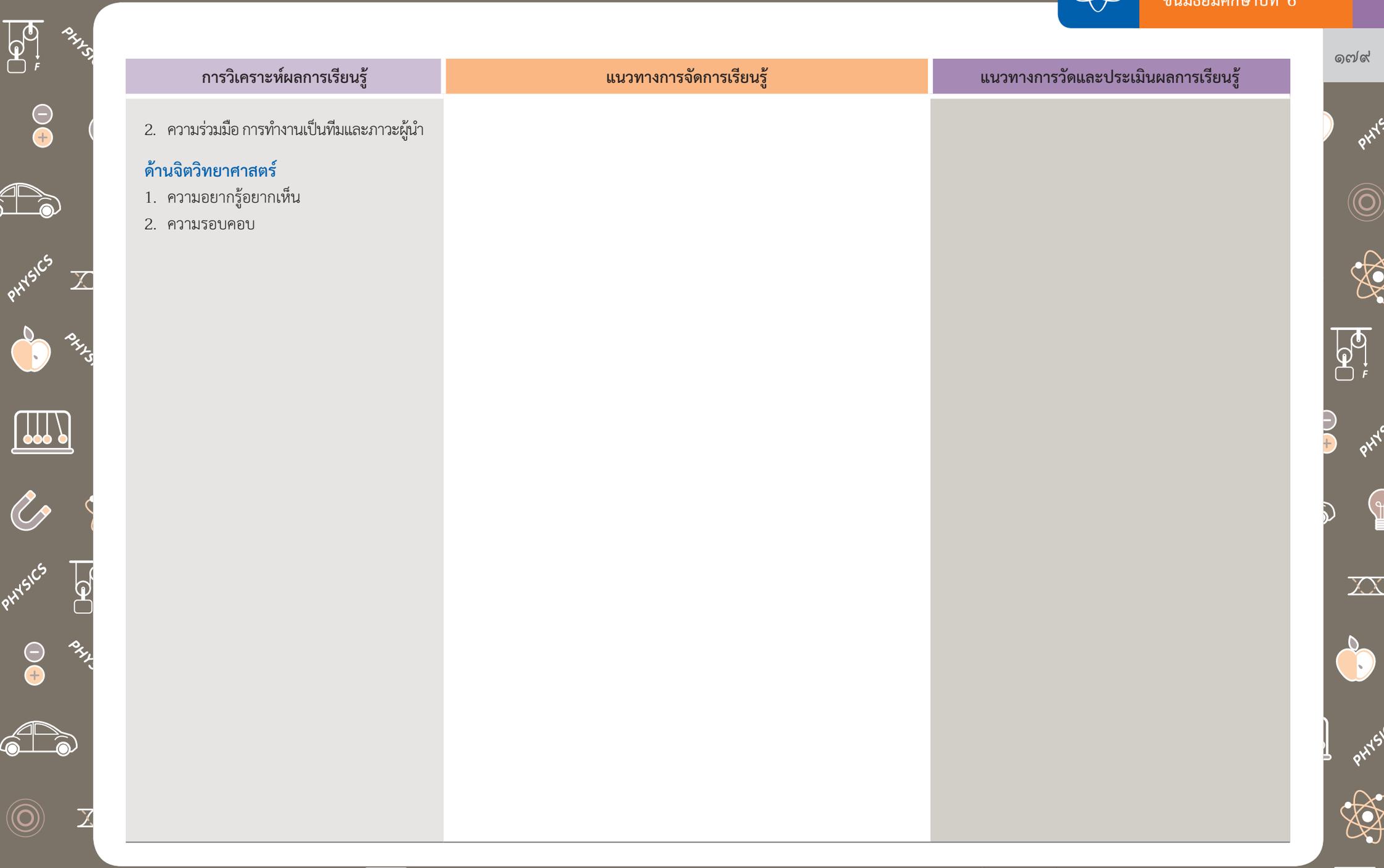
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำต่อเนื่องระหว่างสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก โดยสนามทั้งสองมีทิศทางตั้งฉากกัน และตั้งฉากกับทิศทางการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง แต่ละช่วงความถี่เรียกชื่อต่างกัน และนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน 3. คลื่นแสงที่แผ่ในทิศทางเดียวกันแต่มีระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าทุกทิศทาง เรียกว่า แสงไมโครเวฟ ไรส์ เมื่อให้แสงนี้ผ่านแผ่นโพลาไรซ์ จะทำให้เหลือแนวการสั่นเพียงแนวเดียว เรียกว่า แสงโพลาไรส์เชิงเส้น <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ด้วยความเร็วไม่คงตัว จะทำให้แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ซึ่งตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นไปตามทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ 2. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับ ลักษณะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความถี่ต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง เรียกว่า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ละช่วงความถี่มีชื่อเรียกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ เครื่องฉายรังสีเอกซ์ เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เครื่องถ่ายภาพเอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก และการรับสัญญาณดาวเทียม นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก คลื่นแสงที่แผ่ในทิศทางเดียวกันแต่มีระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าทุกทิศทาง เรียกว่า แสงไมโครเวฟ ไรส์ เมื่อให้แสงนี้ผ่านแผ่นโพลาไรซ์ จะทำให้เหลือแนวการสั่นเพียงแนวเดียว เรียกว่า แสงโพลาไรส์เชิงเส้น 4. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการนำแสงโพลาไรส์และแผ่นโพลาไรซ์ไปประยุกต์ใช้ และนำเสนอผล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมถึงการประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. การประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่างๆ จากการเขียนรายงาน 3. การประยุกต์ใช้แสงโพลาไรส์และแผ่นโพลาไรซ์ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน 2. ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ



ผลการเรียนรู้ 8. สืบค้นและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ในการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพาหะ เพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง สารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม 2. สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารมีสองชนิดคือ แอนะล็อกและดิจิทัล การส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลสามารถส่งผ่านได้ง่ายและมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับการส่งข้อความระยะไกล จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับ ความสำคัญ ความจำเป็น และพัฒนาการของการสื่อสารจากอดีตจนถึงปัจจุบัน อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับ การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพาหะในการส่งผ่านสารสนเทศ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารมี 2 ชนิด ได้แก่ สัญญาณแอนะล็อก เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดแบบต่อเนื่อง และสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเป็น 0 และ 1 หรือ สูง-ต่ำ หรือ เปิด-ปิด 3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของสัญญาณทั้ง 2 แบบ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า สัญญาณดิจิทัลสามารถส่งผ่านได้ง่ายและมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพาหะ และ ความแตกต่างระหว่างสัญญาณดิจิทัลและสัญญาณแอนะล็อก จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็นและความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

4. เข้าใจสมบัติทางกายภาพของสสาร พลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและ เปลี่ยนสถานะ สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ความดันแก๊ส ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ แรงแผ่นลมของไหล ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว สมบัติของของไหลอุดมคติ กฎของแก๊สอุดมคติ แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน และฟิวชัน การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และ ความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความหนาแน่นเป็นสมบัติของสสาร มีความสัมพันธ์กับมวลและปริมาตร 2. พลังงานความร้อนทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กับมวล ความร้อนจำเพาะและอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของสสาร 3. พลังงานความร้อนทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ มีความสัมพันธ์กับมวลและความร้อนแฝงจำเพาะของสสาร 4. การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของวัตถุเกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกัน พลังงานความร้อนถ่ายโอนจากวัตถุที่อุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุอุณหภูมิต่ำ และพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับความหนาแน่น จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมหาความหนาแน่นของน้ำ โดยชั่งน้ำหนักแล้วหามวลของน้ำและตวงปริมาตรของน้ำ คำนวณความหนาแน่นของน้ำ ตามสมการ $\rho = \frac{m}{V}$ <p>จากนั้นให้นักเรียนหาความหนาแน่นของสสารอื่นๆ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าความหนาแน่นของสสารเป็นสมบัติเฉพาะของสสาร</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในตารางแสดงความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า ความหนาแน่นของน้ำเปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับความร้อนจำเพาะของสสาร จากนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับผลของการให้พลังงานความร้อนกับวัตถุ แล้วทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป มีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณใด อภิปรายร่วมกัน โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจนสรุปได้ว่าพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป เป็นไปตามสมการ $Q = mc\Delta T$	<p>ด้านความรู้</p> <p>ความหนาแน่นของสสาร พลังงานความร้อน และการถ่ายโอนพลังงานความร้อน จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับความหนาแน่นของสสาร พลังงานความร้อน และการถ่ายโอนพลังงานความร้อน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกัน 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การใช้จำนวน (ความหนาแน่นของสสาร พลังงานความร้อน และการถ่ายโอนพลังงานความร้อน)
2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การถ่ายโอนพลังงานความร้อน)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

-

4. ให้ความรู้เกี่ยวกับความร้อนแฝงจำเพาะของสสาร จากนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับผลของการให้พลังงานความร้อนกับวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะ มีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณใด อภิปรายร่วมกัน โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจนสรุปได้ว่าพลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะ เป็นไปตามสมการ

$$Q = mL$$

5. ให้ความรู้เกี่ยวกับ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า การถ่ายโอนพลังงานความร้อนจะถ่ายโอนจากวัตถุที่อุณหภูมิสูงกว่าไปสู่วัตถุที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ตามสมการ

$$Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$$

6. ยกตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของสสาร พลังงานความร้อน และการถ่ายโอนพลังงานความร้อน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณ ความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. แรงมีผลต่อการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ ความพยายามในการคงรูปร่างของวัสดุ ต่อแรงที่กระทำ บ่งบอกถึงสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ 2. เมื่อมีแรงกระทำต่อวัสดุที่เป็นแท่งให้ยืดหรือหดตัว จะเกิดความเค้นตามยาวและความเครียดตามยาว อัตราส่วนของความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่ามอดูลัสของยัง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (ความยาวของเส้นลวดที่เปลี่ยนไป) 2. การทดลอง 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (จากการเขียนกราฟ) 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปผลการทดลอง) 5. การใช้จำนวน(ความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นยางหรือฟองน้ำ กับดินน้ำมัน เมื่อออกแรงกระทำต่อวัสดุแต่ละชนิด เปรียบเทียบกับเมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัสดุ อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ 2. สาธิตการทดลองเสมือนจริง เพื่อศึกษาความเค้นตามยาวและความเครียดตามยาว จากนั้นมอบหมายให้นักเรียนทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริงนอกเวลาเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎีการเตรียมอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง ก่อนทำการทดลองจริง 3. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษาความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $\sigma = \frac{F}{A} , \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} , \quad Y = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \text{หรือ} \quad Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$ <ol style="list-style-type: none"> 4. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่น เพื่อใช้เลือกวัสดุไปใช้ในกรณีต่างๆ เช่น โครงสร้างสิ่งก่อสร้าง สายกีตาร์ เส้นเอ็น จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 5. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ จากการอภิปรายร่วมกัน 2. สภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน จากการเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการอภิปรายร่วมกันและรายงานผลการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาวและมอดูลัสของยัง จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน 2. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 3. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none">1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบ ความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล)2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none">1. ความซื่อสัตย์2. ความมุ่งมั่นอดทน3. ความรอบคอบ		

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. น้ำหนักของของเหลวที่กระทำต่อพื้นที่ในของเหลวทำให้เกิดความดันเกจ ซึ่งมีค่าขึ้นกับความลึก ผลรวมของความดันบรรยากาศกับความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ 2. เมื่อเพิ่มความดันให้กับของเหลวที่อยู่นิ่งและเต็มภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้จะถูกถ่ายโอนไปยังทุกตำแหน่งในของเหลวและผนังภาชนะเป็นไปตามกฎของพาสคัล ซึ่งใช้อธิบายหลักการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก 3. เครื่องอัดไฮดรอลิกสามารถยกน้ำหนัก หรือแรงดันที่มีค่ามาก โดยใช้แรงพยายามที่มีค่าน้อย อัตราส่วนระหว่างแรงดันต่อแรงพยายามบ่งบอกถึงการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องอัดไฮดรอลิก <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้จำนวน (ความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องอัดไฮดรอลิกอย่างง่าย) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยสาธิตกิจกรรมการพุ่งของน้ำออกจากช่องเล็ก ๆ ขนาดเท่ากัน สามช่องข้างขวด ที่ระดับความสูงต่างกัน สังเกตผลที่เกิดขึ้นและอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า น้ำที่พุ่งออกมาตกลงบนพื้นที่ตำแหน่งห่างจากขวดต่างกัน เป็นผลจากความดันและตำแหน่งของช่องที่แตกต่างกัน 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับความดันในของเหลว เป็นความดันเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว เรียกว่า ความดันเกจ ซึ่งสามารถวัดค่าได้ โดยใช้แมนอมิเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมหาความดันในของเหลวที่ความลึกต่างกัน โดยใช้ของเหลวที่แตกต่างกัน เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความหนาแน่นและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความลึก นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ความดันเกจตามสมการ $P_g = \rho gh$ 3. ตั้งคำถามเกี่ยวกับความดันที่ความลึกต่าง ๆ ของของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะเปิดเป็นความดันเกจเพียงอย่างเดียวหรือไม่ อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า ความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ นั้น เป็นผลรวมของความดันบรรยากาศกับความดันเกจ เรียกความดันนี้ว่า ความดันสัมบูรณ์ ตามสมการ $P = P_0 + P_g$ 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ อธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์และบารอมิเตอร์ 5. ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงความดันของของเหลวในภาชนะปิดจากภาพหรือวีดิทัศน์ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มความดันให้กับของเหลวที่อยู่นิ่งและเต็มภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้จะถูกถ่ายโอนไปยังทุกตำแหน่งในของเหลวและผนังภาชนะ เป็นไปตามกฎของพาสคัล 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความดันเกจ ความดันบรรยากาศ และความดันสัมบูรณ์ จากการอภิปรายร่วมกัน 2. หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์และเครื่องอัดไฮดรอลิก จากการอภิปรายร่วมกันแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอผล 2. การสื่อสาร การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องอัดไฮดรอลิกอย่างง่าย จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความหนาแน่น และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความลึก)
3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การสรุปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความหนาแน่นและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความลึก)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

ความอยากรู้อยากเห็น

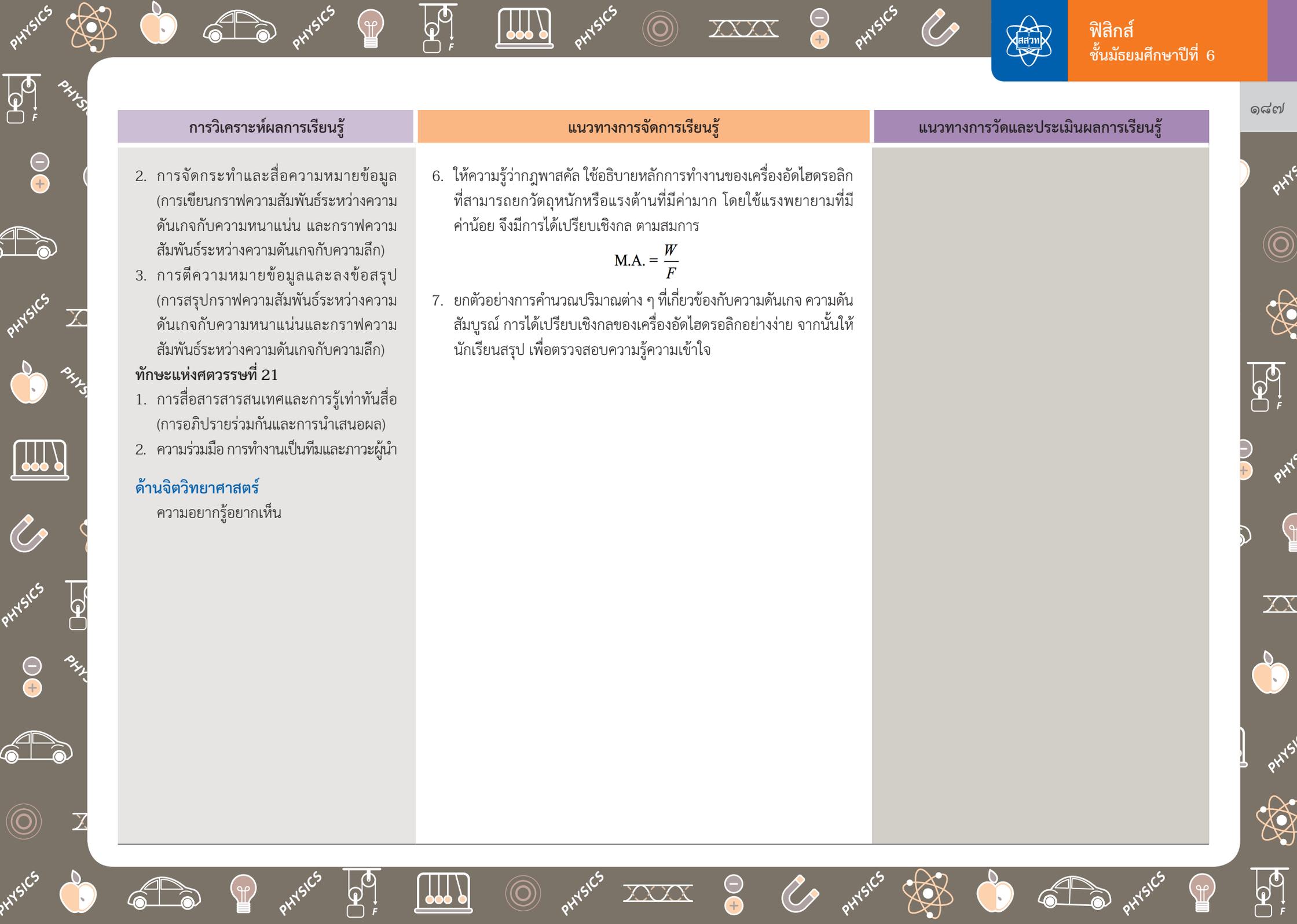
แนวทางการจัดการเรียนรู้

6. ให้ความรู้ว่ากฎพาสคัล ใช้อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกที่สามารถยกวัตถุหนักหรือแรงดันที่มีค่ามาก โดยใช้แรงพยายามที่มีค่าน้อย จึงมีการได้เปรียบเชิงกล ตามสมการ

$$M.A. = \frac{W}{F}$$

7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องอัดไฮดรอลิกอย่างง่าย จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้



ผลการเรียนรู้ 4. ทดลอง อธิบายและคำนวณแรงพยุงของของไหล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงพยุงเป็นแรงที่ของไหลกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของไหลมีค่าขึ้นกับปริมาตรของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ และความหนาแน่นของของไหลนั้น</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด (การอ่านค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งสปริง) 2. การทดลอง 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (การเขียนกราฟ) 4. การตีความหมายและลงข้อสรุป (ความสัมพันธ์ระหว่างแรงพยุงกับปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่) 5. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความพยุง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนเกี่ยวกับแรงพยุงของของเหลว จากนั้นให้นักเรียนสังเกตการกดแผ่นโฟมหรือลูกบอลพลาสติกให้จมลงในน้ำแล้วปล่อย อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าน้ำมีแรงพยุง 2. ให้นักเรียนทดลองหาขนาดของแรงพยุง โดยใช้เครื่องชั่งสปริงหาน้ำหนักของดินน้ำมันในอากาศและในน้ำ โดยจุ่มดินน้ำมันให้จมในปริมาตรต่างๆ หาผลต่างของน้ำหนักดินน้ำมันเมื่อชั่งในอากาศและในน้ำ เปรียบเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่ถูกดินน้ำมันแทนที่ในแต่ละปริมาตร นำเสนอผลการทดลองและอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า แรงพยุงขึ้นอยู่กับปริมาตรของของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่และความหนาแน่นของของเหลว 3. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ และการหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหาแรงพยุง ซึ่งหาได้จากผลต่างของความดันของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว จนสรุปได้ว่าแรงพยุงของของเหลวมีความสัมพันธ์ตามสมการ $F_B = \rho V g$ <p>จากนั้นให้ความรู้ที่ว่า สมการของแรงพยุงของของเหลว สามารถใช้ได้กับของไหลอื่นๆ เช่น อากาศ</p> 4. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความพยุงของของไหล และยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องแรงพยุงของของไหลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>การหาขนาดของแรงพยุง จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การวัด การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกันและรายงานผลการทดลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับแรงพยุงของของไหล จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทดลอง 2. ความมุ่งมั่นอดทน จากการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ของไหลอุดมคติจะมีการไหลสม่ำเสมอ ไม่หมุน ไม่คำนึงถึงความหนืด และไม่สามารถถูกอัดได้ ในการเคลื่อนที่ของของไหลอุดมคติอธิบายโดยสมการความต่อเนื่อง ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราเร็วของของไหลกับพื้นที่หน้าตัดที่ของไหลเคลื่อนที่ผ่าน ที่ตำแหน่งใด ๆ สมการแบร์นูลลีเป็นสมการที่ใช้ในการอธิบายการไหลของของไหล ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร หลักการการทำงานของอุปกรณ์บางชนิด เช่น หัวฉีดท่อน้ำดับเพลิง อุปกรณ์พ่นสี และแรงยกปีกเครื่องบิน อธิบายโดยหลักการของสมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (การใช้จำนวนในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี)</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของของไหลอุดมคติ ของไหลอุดมคติมีการไหลสม่ำเสมอ ไม่คำนึงถึงความหนืดและไม่สามารถถูกอัดได้ จากนั้นให้ความรู้ว่าการศึกษาเบื้องต้นจะถือโดยประมาณว่าน้ำและอากาศเป็นของไหลอุดมคติ ให้ความรู้เกี่ยวกับการไหลของของไหลอุดมคติ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการไหลของน้ำในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดต่างกัน จนสรุปได้ว่า อัตราการไหลของของไหลอุดมคติที่ตำแหน่งใด ๆ ในท่อของการไหลอธิบายได้ด้วยสมการความต่อเนื่องตามสมการ $Av = \text{ค่าคงตัว}$ ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานอธิบายของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านท่อจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่งซึ่งอยู่ต่างระดับ โดยความสัมพันธ์พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร พลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงตัว}$ ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการการทำงานของหัวฉีดท่อน้ำดับเพลิง อุปกรณ์พ่นสี และแรงยกปีกเครื่องบิน นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน ยกตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ของไหลอุดมคติ อัตราการไหล สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี จากการอภิปรายร่วมกัน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การใช้สมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลี ไปใช้อธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ จากการเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <p>แก๊สอุดมคติมีสมบัติเฉพาะ ซึ่งความดัน ปริมาตร จำนวนโมล และอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กันตามกฎของแก๊สอุดมคติ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของแก๊สอุดมคติ)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ -</p>	<p>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับกฎของแก๊สอุดมคติ ตามสมการ</p> $PV = nRT$ <p>อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับหน่วยของปริมาณต่างๆ ในระบบเอสไอ</p> <p>2. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมการของแก๊สอุดมคติ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ</p>	<p>ด้านความรู้</p> <p>กฎของแก๊สอุดมคติ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>1. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎของแก๊สอุดมคติ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 8. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่มีแบบจำลองเฉพาะ พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สอุดมคติหนึ่งโมเลกุล เป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสอดคล้องกับแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ พลังงานจลน์ในแก๊สมีความสัมพันธ์กับความดันปริมาตร จำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิของแก๊ส อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสใช้อธิบายพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สอุดมคติหนึ่งโมเลกุลของมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและมวลของโมเลกุล <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สหนึ่งโมเลกุล อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนการชนแบบยืดหยุ่น และให้ความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และสมบัติของแก๊สตามแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการชนของโมเลกุลของแก๊สกับผนังภาชนะลูกบาศก์ จนสรุปได้ว่าความดันของแก๊สในภาชนะปิดเกิดจากผลรวมของแรงเนื่องจากโมเลกุลของแก๊ส ชนผนังภาชนะตามสมการ $PV = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m \overline{v^2} \right)$ $PV = \frac{2}{3} N \overline{E}_k$ ทบทวนความรู้เกี่ยวกับกฎของแก๊ส และให้ความรู้เกี่ยวกับความดัน ปริมาตร จำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิ จนสรุปได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $PV = Nk_B T$ จากนั้น เชื่อมโยงสมการ $PV = \frac{2}{3} N \overline{E}_k$ กับ $PV = Nk_B T$ อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สหนึ่งโมเลกุลเป็นไปตามสมการ $\overline{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$ และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสมีค่าเป็นไปตามสมการ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สหนึ่งโมเลกุล และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แบบจำลองแก๊สอุดมคติ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สหนึ่งโมเลกุล และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของแก๊สอุดมคติ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สหนึ่งโมเลกุล และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 9. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> แก๊สในภาชนะปิด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะมีงานเกิดขึ้น งานมีความสัมพันธ์กับความดันและปริมาตรที่เปลี่ยนไป ในระบบแก๊สใด ๆ เมื่อมีการรับหรือคายพลังงานความร้อน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในระบบและมีงานเกิดขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อน พลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงและงานเป็นไปตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ ซึ่งเป็นกฎการอนุรักษ์พลังงาน หลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ อธิบายได้โดยความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานในระบบแก๊ส พลังงานภายในระบบ และพลังงานความร้อน)</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับงาน และยกสถานการณ์การทำงานที่ทำโดยแก๊สที่ขยายตัวในกระบอกสูบ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรแบบความดันคงตัว อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า งานที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบมีค่าเป็นไป ตามสมการ $W = P\Delta V$ ให้ความรู้เกี่ยวกับการให้พลังงานความร้อนกับระบบแก๊ส เช่น กระบอกสูบ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในระบบและปริมาตรที่เปลี่ยนไปจะมีผลทำให้เกิดงาน จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบแก๊สมีความสัมพันธ์กับพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนไปและงาน ตามสมการ $Q = \Delta U + W$ ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบเพื่อนำไปอธิบายหลักการการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันบางชนิด เช่น เครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ หม้อความดันสูง นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ งานในระบบแก๊ส พลังงานภายในระบบ และพลังงานความร้อน จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> พลังงานความร้อน พลังงานภายในระบบและงาน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ หลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน โดยใช้ความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบ จากการเขียนรายงาน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานในระบบแก๊ส พลังงานภายในระบบ และพลังงานความร้อน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบ ความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล)
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ และการเกิดเส้นสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. วัตถุสามารถรับหรือปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทุกย่านความถี่ 2. สมมติฐานของพลังค์กล่าวว่าพลังงานที่ตัวสั่นที่ผนังของโพรงดูดกลืนหรือคายออกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าเป็นจำนวนเต็มของปริมาณพลังงานพื้นฐาน ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของผิวโพรงที่ส่งพลังงานออกมา <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับหรือปล่อยพลังงานตามสมมติฐานของพลังค์)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ -</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับวัตถุดำ เป็นวัตถุที่สามารถรับหรือปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกย่านความถี่ แบบจำลองของวัตถุดำที่นักฟิสิกส์ใช้ มักจะเป็นรูที่ผิวของโพรงที่อุณหภูมิใด ๆ 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับสมมติฐานของพลังค์ว่า พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวสั่นที่ผนังของโพรงดูดกลืนหรือคายออก มีค่าเป็นจำนวนเต็มของปริมาณพลังงานพื้นฐาน ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของผิวโพรงที่ส่งพลังงานออกมา โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ $E = n\varepsilon$ โดยในที่สุดสามารถแสดงได้ว่า $\varepsilon = hf$ 3. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับการดูดกลืนหรือคายพลังงานตามสมมติฐานของพลังค์ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>วัตถุดำและสมมติฐานของพลังค์ จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลืนหรือคายพลังงานตามสมมติฐานของพลังค์ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ และการเกิดเส้นสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> อะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์สามารถใช้คำนวณรัศมีวงโคจร และพลังงานของอิเล็กตรอน ในวงโคจรต่างๆ เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจร จะมีการรับหรือปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์พบว่าพลังงานของอะตอมไฮโดรเจนมีค่าไม่ต่อเนื่อง <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์ และรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตสเปกตรัมของแก๊สร้อน เช่น แก๊สไฮโดรเจน จากการสาธิตหรือวิดีโอ จากนั้นตั้งคำถามว่า สเปกตรัมของแก๊สร้อนที่สังเกตได้เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของอะตอมอย่างไร อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ทบทวนความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดที่ไม่สมบูรณ์ และให้ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดของโบร์ เพื่ออธิบายโครงสร้างอะตอม จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นแนวคิดของโบร์ และการนำไปอธิบายโครงสร้างอะตอมของไฮโดรเจน นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่ารัศมีวงโคจร และพลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจรต่างๆ ของอะตอมไฮโดรเจนมีความสัมพันธ์ตามสมการ $r_n = \left(\frac{\hbar^2}{mke^2} \right) n^2$ <p>รัศมีวงโคจร</p> $E_n = -\frac{1}{2} \frac{mk^2e^4}{\hbar^2} \left(\frac{1}{n^2} \right)$ <p>พลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจร</p> <ol style="list-style-type: none"> ให้ความรู้เกี่ยวกับอะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์สามารถอธิบายการเกิดสเปกตรัม จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการปล่อยสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน จนสรุปได้ว่าอะตอมแก๊สไฮโดรเจนในสถานะถูกกระตุ้นเมื่ออะตอมกลับสู่สถานะที่มีพลังงานต่ำกว่าต้องปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา โดยความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตามสมการ $\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> อะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์ จากการอภิปรายร่วมกันและการเขียนรายงาน การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์ และรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> ความรอบคอบ จากการเขียนรายงาน ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการพบอนุกรมเส้นสเปกตรัมต่าง ๆ ของอะตอมไฮโดรเจน ได้แก่ อนุกรมไลมาน อนุกรมบัลเมอร์ อนุกรมพาเชน อนุกรมแบรกกेट และอนุกรมพุนด์
5. ให้ความรู้เกี่ยวกับการทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ สนับสนุนแนวคิดของโบร์เกี่ยวกับระดับพลังงานของอะตอมไฮโดรเจนมีค่าไม่ต่อเนื่อง อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า อะตอมของไฮโดรเจนจะรับพลังงานได้เพียงบางค่าเท่านั้น
6. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการเกิดรังสีเอกซ์ลักษณะเฉพาะที่สนับสนุนแนวคิดของโบร์เกี่ยวกับระดับพลังงานไม่ต่อเนื่อง และกระบวนการเกิดขรังสีเอกซ์ทั้งแบบต่อเนื่องและรังสีเอกซ์ลักษณะเฉพาะ นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าความยาวคลื่นต่ำสุดของรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV_0}$$

7. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัอะตอมไฮโดรเจนตามแนวคิดของโบร์ และรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง จากนั้นให้นักเรียนสรุปเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ 11. อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและคำนวณพลังงานโฟตอน พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเกิดขึ้นเมื่อแสงความถี่เหมาะสมตกกระทบบนผิวโลหะ ทำให้มีโฟโตอิเล็กตรอนหลุดออกมา ซึ่งพลังงานจลน์สูงสุดขึ้นกับความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนผิวโลหะ และมีความสัมพันธ์กับความต่างศักย์หยุดยั้ง 2. ไอน์สไตน์ได้อาศัยสมมติฐานของพลังค์ที่แสงประกอบด้วยควอนตัม (ก้อน) พลังงานซึ่งเรียกว่า โฟตอน และตามแนวคิดของไอน์สไตน์ที่แสงมีสมบัติเป็นอนุภาคมาอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก 3. ฟังก์ชันงานเป็นพลังงานที่ยึดอิเล็กตรอนซึ่งมีค่าเท่ากับพลังงานของแสงที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะ 4. ปรากฏการณ์คอมป์ตันเกิดขึ้นเมื่อฉายรังสีเอกซ์ความถี่ค่าหนึ่งไปกระทบบนอิเล็กตรอนในแกรไฟต์ จะเกิดการกระเจิงแล้วให้รังสีเอกซ์ที่มีความถี่เปลี่ยนไปจากเดิม อธิบายโดยใช้หลักการตามกฎการอนุรักษ์พลังงานและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นอนุภาคของคลื่นตามปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจากภาพหรือวีดิทัศน์ ตั้งคำถามเกี่ยวกับปริมาณที่มีผลต่อการหลุดของอิเล็กตรอนจากผิวโลหะเมื่อแสงตกกระทบบนผิวโลหะ จากนั้นอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ให้นักเรียนศึกษาการทดลองเรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก จากนั้นให้อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนผิวโลหะ ต่อจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน ขึ้นกับความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนผิวโลหะและมีความสัมพันธ์กับความต่างศักย์หยุดยั้ง ตามสมการ $E_{k_{\max}} = eV_s$ 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะได้ ต้องใช้พลังงานแสงที่ตกกระทบบนผิวโลหะอย่างน้อยที่สุดเท่ากับฟังก์ชันงาน ซึ่งสัมพันธ์กับความถี่ขีดเริ่ม ตามสมการ $W = hf_0$ 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับการอธิบายของไอน์สไตน์เรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยอาศัยสมมติฐานของพลังค์และกฎการอนุรักษ์พลังงาน จนได้ความสัมพันธ์ตามสมการ $E_{k_{\max}} = hf - W$ 5. ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการนำเสนอสมการที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ไปหาค่าคงตัวพลังค์ โดยวิเคราะห์จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์หยุดยั้งกับความถี่ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. พลังงานของโฟตอน ฟังก์ชันงาน และพลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และสมบัติอนุภาคของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในปรากฏการณ์คอมป์ตันจากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. ความสอดคล้องของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกกับปรากฏการณ์คอมป์ตัน จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>

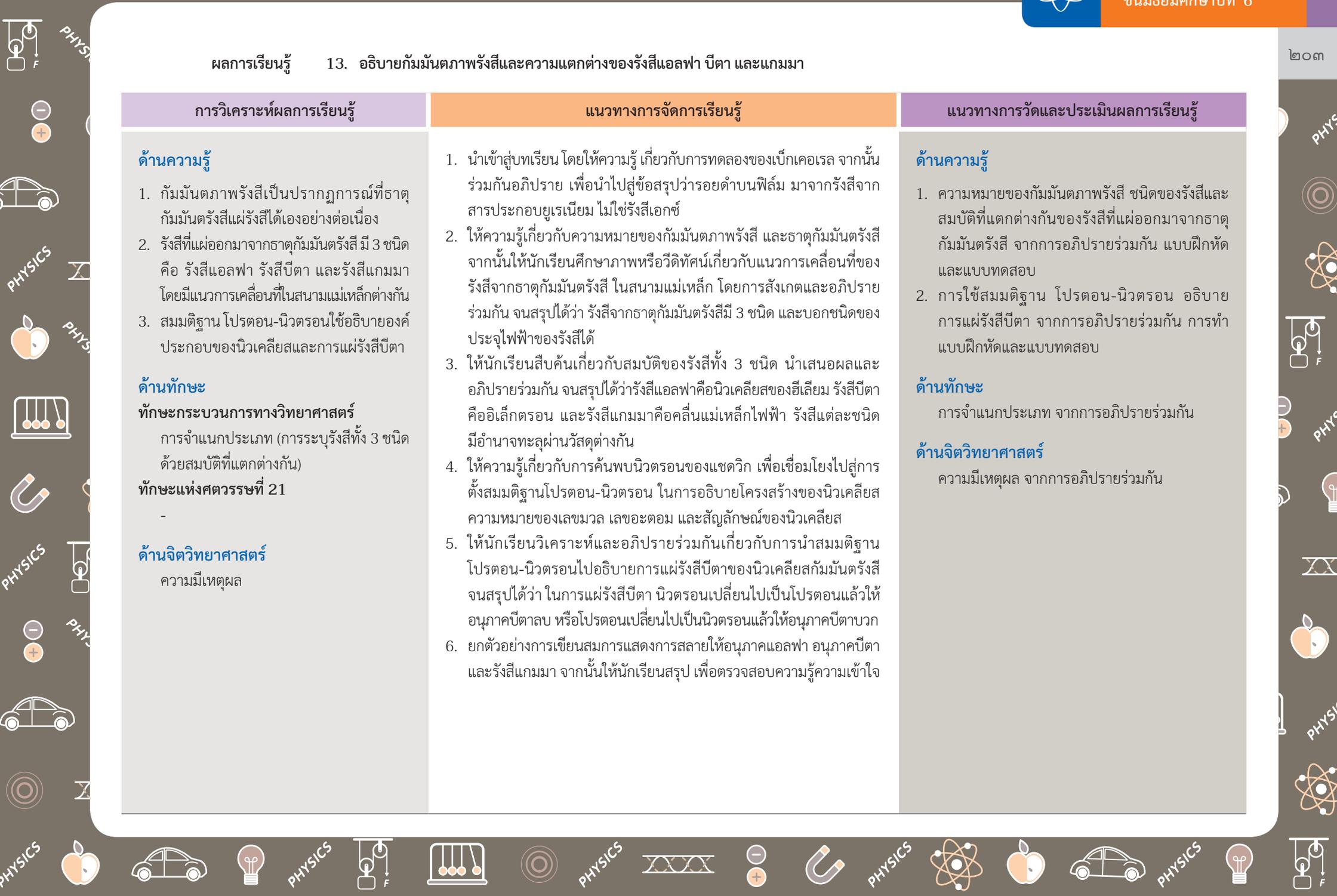
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (การวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์หยุดยั้งกับความถี่ของแสง) 2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> 6. ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการทดลองของคอมป์ตัน อภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าการชนระหว่างโฟตอนของรังสีเอกซ์กับอิเล็กตรอนในแกรไฟต์เสมือนเป็นการชนระหว่างอนุภาคกับอนุภาค ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม 7. ตั้งคำถามเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกกับปรากฏการณ์คอมป์ตัน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 8. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสง โฟโตอิเล็กทริก จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 12. อธิบายทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค รวมทั้งอธิบายและคำนวณความยาวคลื่นเดอบรอยล์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> อนุภาคขนาดเล็กที่กำลังเคลื่อนที่ แสดงสมบัติของคลื่นได้ ซึ่งมีความยาวคลื่นเรียกว่า ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ มีค่าขึ้นกับโมเมนตัมของอนุภาค ซึ่งเป็นแนวคิดของเดอ บรอยล์ คลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้ และอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ เรียกว่า ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>การใช้จำนวน (ความยาวคลื่นเดอบรอยล์)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกัน มีการอ้างอิงแหล่งที่มา และการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูล จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงสมบัติของอนุภาคได้ ในทางตรงข้ามอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้หรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับแนวคิดของ เดอ บรอยล์ จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่า อนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่แสดงสมบัติของคลื่นได้ และคลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้ สมบัตินี้เรียกว่า ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค ให้ความรู้เกี่ยวกับความยาวคลื่นเดอบรอยล์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโมเมนตัมของอนุภาค ตามสมการ $\lambda = \frac{h}{p}$ ให้นักเรียนศึกษาการทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์ กับการทดลองของ จี พี ทอมสัน นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าอิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับควมยาวคลื่นเดอบรอยล์ จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับควมยาวคลื่นเดอบรอยล์ จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

ผลการเรียนรู้ 13. อธิบายกัมมันตภาพรังสีและความแตกต่างของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> กัมมันตภาพรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่อง รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา โดยมีแนวทางการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กต่างกัน สมมติฐาน โปรตอน-นิวตรอนใช้อธิบายองค์ประกอบของนิวเคลียสและการแผ่รังสีบีตา <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจำแนกประเภท (การระบุรังสีทั้ง 3 ชนิด ด้วยสมบัติที่แตกต่างกัน)</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 -</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ ความมีเหตุผล</p>	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับการทดลองของเบ็กเคอเรล จากนั้นร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่ารอยดำบนฟิล์ม มาจากรังสีจากสารประกอบยูเรเนียม ไม่ใช่รังสีเอกซ์ ให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของกัมมันตภาพรังสี และธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวกับแนวทางการเคลื่อนที่ของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี ในสนามแม่เหล็ก โดยการสังเกตและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด และบอกชนิดของประจุไฟฟ้าของรังสีได้ ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับสมบัติของรังสีทั้ง 3 ชนิด นำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่ารังสีแอลฟาคือนิวเคลียสของฮีเลียม รังสีบีตาคืออิเล็กตรอน และรังสีแกมมาคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รังสีแต่ละชนิดมีอำนาจทะลุผ่านวัสดุต่างกัน ให้ความรู้เกี่ยวกับการค้นพบนิวตรอนของแชดวิก เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การตั้งสมมติฐานโปรตอน-นิวตรอน ในการอธิบายโครงสร้างของนิวเคลียส ความหมายของเลขมวล เลขอะตอม และสัญลักษณ์ของนิวเคลียส ให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการนำสมมติฐานโปรตอน-นิวตรอนไปอธิบายการแผ่รังสีบีตาของนิวเคลียสกัมมันตรังสี จนสรุปได้ว่า ในการแผ่รังสีบีตา นิวตรอนเปลี่ยนไปเป็นโปรตอนแล้วให้อนุภาคบีตาบวก หรือโปรตอนเปลี่ยนไปเป็นนิวตรอนแล้วให้อนุภาคบีตาบวก ยกตัวอย่างการเขียนสมการแสดงการสลายให้อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ความหมายของกัมมันตภาพรังสี ชนิดของรังสีและสมบัติที่แตกต่างกันของรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การใช้สมมติฐาน โปรตอน-นิวตรอน อธิบายการแผ่รังสีบีตา จากการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านทักษะ การจำแนกประเภท จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์ ความมีเหตุผล จากการอภิปรายร่วมกัน</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่สลายในหนึ่งหน่วยเวลา บ่งบอกถึงกัมมันตภาพ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนนิวเคลียสที่มีในขณะนั้น 2. ครึ่งชีวิต เป็นช่วงเวลาจำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น 3. จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ขณะหนึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลา <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การทดลอง 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (การเขียนกราฟ) 3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (การวิเคราะห์กราฟ) 4. การใช้จำนวน (ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับ การสลายของธาตุกัมมันตรังสี ใช้เวลานานเท่าไรและจะมีการหยุดการสลายหรือไม่ จากนั้นอภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับกัมมันตภาพ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าคงตัวการสลายและจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีในขณะนั้น ตามสมการ $A = \lambda N$ 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีในขณะนั้น กับเวลา ตามสมการ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ 4. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับ ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าครึ่งชีวิตเป็นช่วงเวลาจำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น และมีความสัมพันธ์กับค่าคงตัวการสลาย ตามสมการ $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ 5. ให้นักเรียนทดลองเพื่อศึกษา สถานการณ์จำลองการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี นำเสนอผล และอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ขณะหนึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลา 6. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความหมายของกัมมันตภาพ และครึ่งชีวิต จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีอยู่ขณะหนึ่งกับเวลา จากรายงานผลการทดลอง และ จากการอภิปรายร่วมกัน <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล และ การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป ความร่วมมือและ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทดลอง รายงานผลการทดลอง การอภิปรายร่วมกัน และ การนำเสนอผล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล 3. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความซื่อสัตย์ จากการทดลอง 2. ความมีเหตุผล จากการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความซื่อสัตย์
2. ความมีเหตุผล

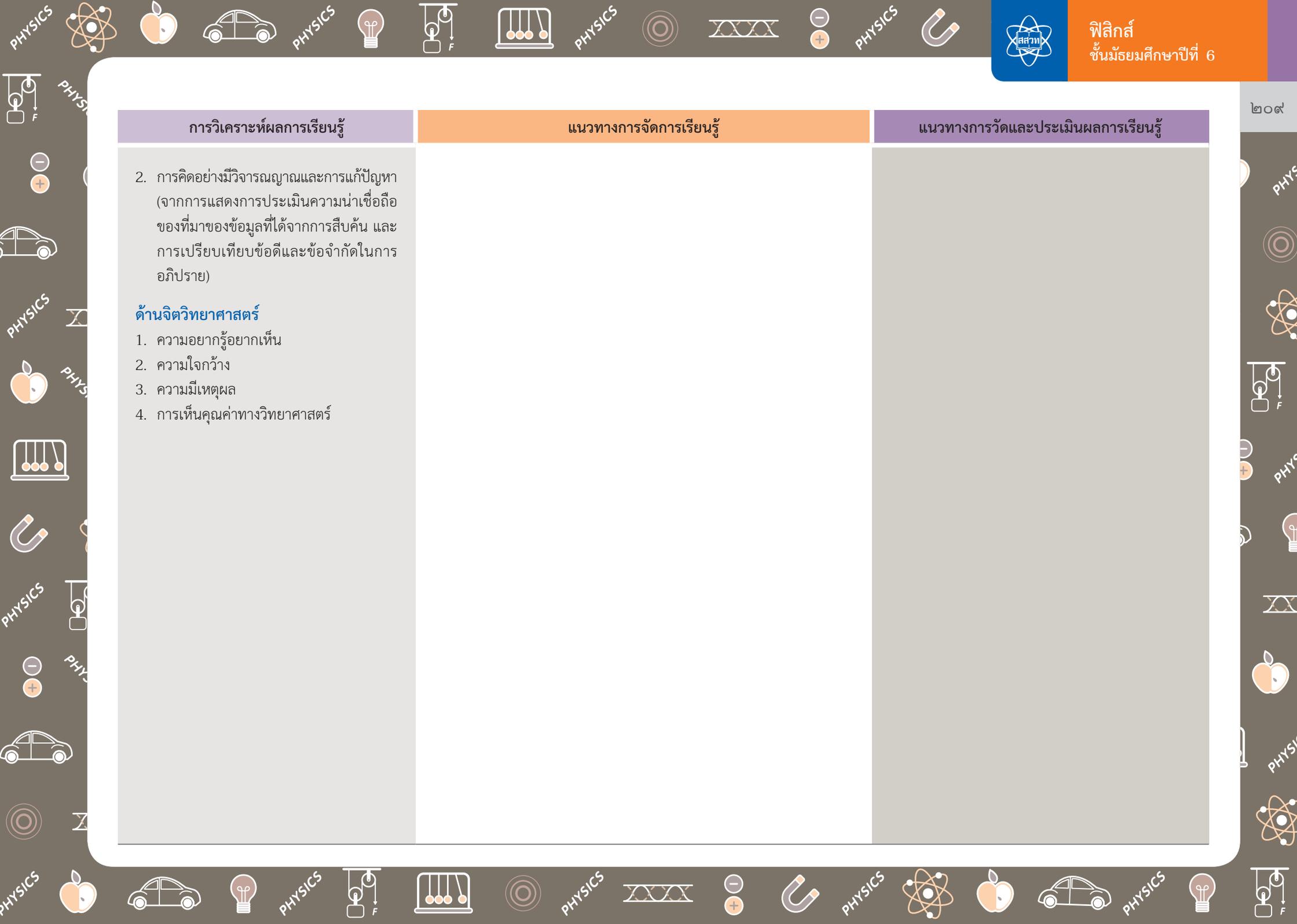
ผลการเรียนรู้ 15. อธิบายแรงนิวเคลียร์ เสถียรภาพของนิวเคลียส และพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. แรงพื้นฐานในธรรมชาติมีอยู่ 4 แรง คือ แรงอย่างเข้ม แรงอย่างอ่อน แรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง 2. นิวคลีออนยึดเหนี่ยวกันอยู่ได้ในนิวเคลียส เนื่องจากมีแรงนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นแรงยึดพิสัยใกล้ที่มีค่ามากกว่าแรงไฟฟ้า แรงนิวเคลียร์จัดเป็นแรงอย่างเข้ม ส่วนแรงที่ใช้อธิบายการสลายให้อนุภาคบีตาของนิวเคลียส กัมมันตรังสีจัดเป็นแรงอย่างอ่อน 3. กัมมันตภาพเกิดจากความไม่เสถียรของนิวเคลียสของธาตุ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของจำนวนโปรตอนต่อจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส 4. แรงนิวเคลียร์นำไปใช้อธิบายสาเหตุที่ทำให้สัดส่วนของจำนวนโปรตอนต่อจำนวนนิวตรอนของนิวเคลียสมีผลต่อความไม่เสถียรของนิวเคลียส 5. พลังงานยึดเหนี่ยวเป็นพลังงานที่ยึดนิวคลีออนในนิวเคลียสให้อยู่ด้วยกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมวลพร่อง 6. นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากจะมีเสถียรภาพสูงกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนน้อย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามเกี่ยวกับแรงพื้นฐานที่มีในธรรมชาติ อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 2. ตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุที่มีการสลายของธาตุกัมมันตรังสี อภิปรายร่วมกันและนำเสนอผล 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับนิวเคลียสของธาตุจากธาตุเบาไปหาธาตุหนัก ว่าเกี่ยวข้องกับสัดส่วนระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์กราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนและจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสต่างๆ อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า สัดส่วนของจำนวนโปรตอนต่อจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส 4. ตั้งคำถาม ทำไมโปรตอนถึงอยู่ร่วมกันในนิวเคลียสได้ ทั้งๆ ที่มีแรงไฟฟ้า ผลักกัน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าต้องมีแรงอื่นยึดโปรตอนเหล่านั้นไว้ด้วยกัน ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับ แรงนิวเคลียร์ แรงอย่างเข้มและแรงอย่างอ่อน จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 5. ให้ความรู้เกี่ยวกับผลของแรงนิวเคลียร์ จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส และการแยกนิวคลีออนในนิวเคลียสออกจากกันทำได้โดยให้พลังงานเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมวลพร่อง ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ <p>Δm คือ มวลรวมของนิวคลีออนทั้งหมดลบด้วยมวลของนิวเคลียส</p> 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน สามารถใช้อธิบายเสถียรภาพของนิวเคลียสได้ มีความสัมพันธ์ ตามสมการ $\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>แรงพื้นฐานในธรรมชาติ ความไม่เสถียรของนิวเคลียส พลังงานยึดเหนี่ยว และพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป จากการวิเคราะห์และการอภิปรายกราฟ 2. การใช้จำนวน ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับพลังงานยึดเหนี่ยวและพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน จากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็นและความมีเหตุผล จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (การวิเคราะห์และการอภิปรายกราฟ) 2. การใช้จำนวน (ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพลังงานยึดเหนี่ยวและพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน) <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>-</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมีเหตุผล 	<ol style="list-style-type: none"> 7. ให้นักเรียนวิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเลขมวลกับพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน จากนั้นอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปว่า นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูงจะมีเสถียรภาพมากกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนต่ำ 8. ยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ พลังงานยึดเหนี่ยวและพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน จากนั้นให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	

ผลการเรียนรู้ 16. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน และฟิวชัน รวมทั้งคำนวณพลังงานนิวเคลียร์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของนิวเคลียส โดยการยิงอนุภาคไปยังนิวเคลียส ทำให้ได้นิวเคลียสใหม่และมีอนุภาคอื่นถูกปล่อยออกมา ฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลมากแตกออกเป็นสองนิวเคลียสที่มีเลขมวลใกล้เคียงกัน พร้อมปล่อยพลังงานออกมา ฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลน้อยรวมตัวกันเป็นนิวเคลียสที่มีมวลมากขึ้น พร้อมปล่อยพลังงานออกมา พลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 	<ol style="list-style-type: none"> นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพของนิวเคลียส จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพของนิวเคลียส จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งทำได้โดยการยิงอนุภาคไปยังนิวเคลียส ทำให้ได้นิวเคลียสใหม่และมีอนุภาคอื่นถูกปล่อยออกมา ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับหลักการเขียนสมการปฏิกิริยานิวเคลียร์ จากตัวอย่างสมการแสดงปฏิกิริยานิวเคลียร์จนสรุปได้ว่า ผลรวมของเลขอะตอมและผลรวมของเลขมวลก่อนและหลังปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับฟิชชันและฟิวชัน อภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่าการเกิดฟิชชันและฟิวชัน จะมีพลังงานถูกปล่อยออกมา เรียกว่า พลังงานนิวเคลียร์ ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานนิวเคลียร์ รวมทั้งข้อดี ข้อจำกัด และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน ฟิวชัน และการผลิตไฟฟ้า โดยใช้พลังงานนิวเคลียร์ จากการอภิปรายร่วมกัน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อและการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล ความใจกว้าง และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายร่วมกัน</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (จากการแสดงการประเมินความน่าเชื่อถือของที่มาของข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดในการอภิปราย)</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความใจกว้าง 3. ความมีเหตุผล 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 		

ผลการเรียนรู้ 17. อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์และรังสี รวมทั้งอันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่างๆ

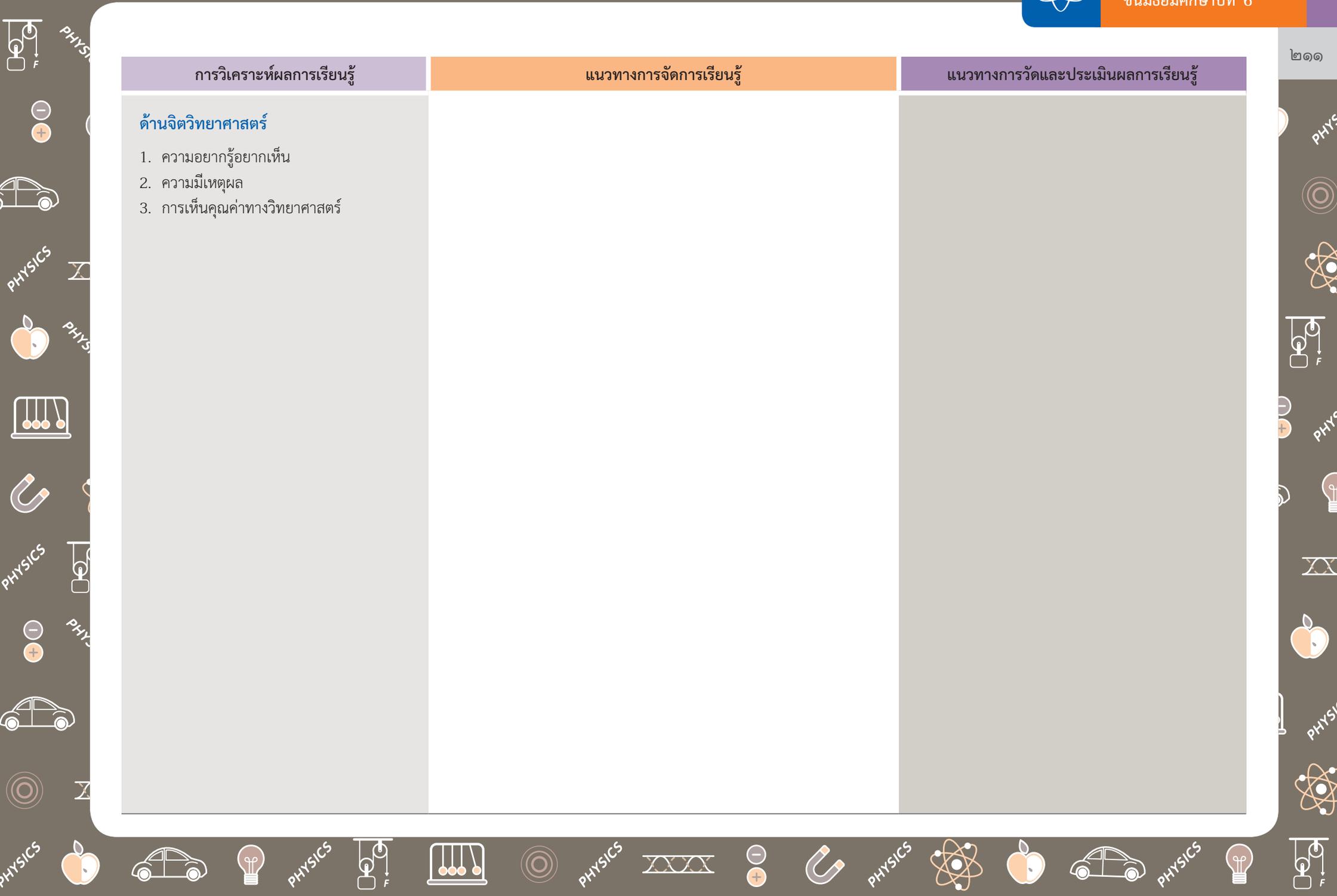
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. รังสีจากการสลายของธาตุกัมมันตรังสีนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ การเกษตร โบราณคดี อุตสาหกรรม 2. เมื่อร่างกายได้รับรังสีในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดอาการผิดปกติ 3. การป้องกันอันตรายจากรังสีสามารถกระทำได้หลายแนวทาง เช่น การลดช่วงเวลาของการได้รับรังสี การหลีกเลี่ยงแหล่งกำเนิดรังสี และ การใช้วัสดุกำบังรังสี <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (จากการแสดงการประเมินความน่าเชื่อถือของที่มาของข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และการเปรียบเทียบประโยชน์และอันตรายที่ได้รับจากรังสี) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนเกี่ยวกับรังสีที่ถูกปล่อยจากธาตุกัมมันตรังสี จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีในชีวิตประจำวัน 2. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสี จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการการทำงานของเครื่องวัดรังสี วิธีการวัด และหน่วยที่ใช้ในการวัด จากการสาธิตหรือวิดีโอทัศน์ 4. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับอันตรายจากรังสี ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อร่างกายสิ่งแวดล้อมและการป้องกันอันตรายจากรังสี จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ประโยชน์ อันตราย และการป้องกันรังสี จากการอภิปรายร่วมกัน</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายร่วมกัน</p>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
---------------------------	-------------------------	-------------------------------------

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความมีเหตุผล
3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์



ผลการเรียนรู้ 18. อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค แบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ด้านความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การศึกษาโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสด้วยเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงพบว่าโปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าเรียกว่า ควาร์ก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ด้วยแรงเข้ม 2. อนุภาคที่เป็นสื่อของแรงเข้ม ได้แก่ กลูออน และ อนุภาคที่เป็นสื่อของแรงอ่อน ได้แก่ W-โบซอน และ Z-โบซอน 3. อนุภาคที่ไม่สามารถแยกเป็นองค์ประกอบได้ รวมทั้งอนุภาคที่เป็นสื่อของแรง จัดเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน 4. แบบจำลองมาตรฐานเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมและอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐาน 5. การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ <p>ด้านทักษะ</p> <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการอภิปรายร่วมกันเพื่อทบทวนเกี่ยวกับองค์ประกอบของอะตอม รวมทั้งองค์ประกอบในนิวเคลียส จากนั้นตั้งคำถามว่า อนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของอะตอม มีองค์ประกอบที่เล็กกว่าหรือไม่ อภิปรายร่วมกัน 2. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค และแบบจำลองมาตรฐาน จากนั้นนำเสนอผลและอภิปรายร่วมกัน 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค โดยอาจใช้ภาพหรือวีดิทัศน์ประกอบ 4. ให้นักเรียนสรุป เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 	<p>ด้านความรู้</p> <p>ค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค แบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ</p> <p>ด้านทักษะ</p> <p>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล</p> <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายร่วมกัน</p>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (มีการอ้างอิงแหล่งที่มาและการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอผล) 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (จากการแสดงการประเมินความน่าเชื่อถือของที่มาของข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และการเปรียบเทียบประโยชน์และอันตรายที่ได้รับจากรังสี) <p>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมีเหตุผล 3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 		



เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2528). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1* ว 021. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2528). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2* ว 022. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2530). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 3* ว 023. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2* ว 026. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 3* ว 027. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 1* ว 422. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2* ว 021. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 3* ว 022. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 5* ว 029. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1* ว 421. กรุงเทพฯ :

โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 5 ว 024*. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2547). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์
เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

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

Brown, W. and Others. (1995). *Advanced Physics*. London : Longman,.

Giancoli, D.C. (1995). *Physics : Principle and Applications*. London : Prentice –Hall, Inc.

Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. (1993). *Fundamentals of Physics*. Fourth Edition. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Jardine, J. (1989). *Physics Through Application*. Oxford : Oxford University Press.

Jones, G. and Others. (1997). *Cambridge Coordinated Science : Physics*. Cambridge : Cambridge University Press.

Pople, S. (1989). *Complete Physics*. Oxford : Oxford University Press.

Pople, S. (1996). *Advanced Physics*. Oxford : Oxford University Press.

Serway, R.A. (1996). *Physics*. Fourth Edition. Philadelphia : Saunders College Publishing.

Serway, R.A. and Faughn, J.S. (2009). *Holt Physics*. Austin : Holt, Rinehart and Winston.



เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ว 023. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1 ว 421. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ว 021. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 3 ว 027. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2543). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 4 ว 028. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว 025. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

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



- Bauer, W and Westfall, G.D. (2010). *University Physics with Modern Physics*. Mc Graw Hill.
- Cutnell, J.D. and Johnson, K.W. (2010). *Introduction to Physics*. Eight edition. John Wiley & Sons, (Asia) Pte Ltd.
- Giancoli, D.C.(1995). *Physics : Principle and Applications*. London : Prentice –Hall, Inc.
- Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. (1993). *Fundamentals of Physics. Fourth Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Jewett, Jr. J.W. and Serway, R.A. (2010). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. Eight edition*. Brooks/Cole.
- Serway, R.A. and Faughn, J.S. (2009). *Holt Physics*. Austin : Holt, Rinehart and Winston.
- Young, H.D. and Freedman, R.A. (2008). *University Physics*. Twelfth edition. Pearson Addison Wesley.

เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 5* ว 029. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6* ว 025. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 5* ว 024. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

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

Bauer, W and Westfall, G.D. (2010). *University Physics with Modern Physics*. Mc Graw Hill.

Cutnell, J.D. and Johnson, K.W. (2010). *Introduction to Physics*. Eight edition. John Wiley & Sons, (Asia) Pte Ltd.

Devid R. Lide. (1992). *Handbook of Chemistry and Physics*. 73rd edition. CRC Press, Inc.

Giancoli, D.C. (1995). *Physics : Principle and Applications*. London : Prentice –Hall, Inc.

Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. (1993). *Fundamentals of Physics. Fourth Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Jewett, Jr. J.W. and Serway, R.A. (2010). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. Eight edition*. Brooks/Cole.

Serway, R.A. and Faughn, J.S. (2009). *Holt Physics*. Austin : Holt, Rinehart and Winston.

Young, H.D. and Freedman, R.A. (2008). *University Physics*. Twelfth edition. Pearson Addison Wesley.

คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

รศ.ดร.วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐวุฒิ	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายনীธิ์ สามารถ	นักวิชาการอิสระ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเทพนคร แสงหัวช้าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายจอมพรค นวลดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายสรจิตต์ อารีรัตน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธนรัชต์ คันทักข์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

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

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐวุฒิ	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนา	นักวิชาการอิสระ
นายบุญชัย ต้นโถง	นักวิชาการอิสระ
นายনীธิ์ สามารถ	นักวิชาการอิสระ
นายวีระพล พงศ์คดา	โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย จ.พิษณุโลก
นางน้ำค้าง รัตนพันธ์	โรงเรียนกุสุมาวดีพิทยาคม จ.บุรีรัมย์
นางสาวสายชล สุขโข	โรงเรียนจ่านกร้อง จ.พิษณุโลก
นายชูศักดิ์ วั่งเรียง	โรงเรียนตราษตระการคุณ จ.ตราด
นางสาววินัส ชาลี	โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.จำเริญตา ปริญญาธารมาศ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายรัชพล ธนาบุญงค์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปริดา พัชรมณีปกรณ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเทพนคร แสงหัวช้าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายจอมพรค นวลดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายสรจิตต์ อารีรัตน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธนรัชต์ คันทักข์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ผศ.ดร. ขวัญ อารยะธนิตกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นายวุทธิพันธ์ ปรีชญพฤทธิ์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนา	นักวิชาการอิสระ
รศ.สุพรรณ คูสำราญ	นักวิชาการอิสระ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

รศ.ดร.วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐวุฒิ	มหาวิทยาลัยมหิดล
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
นายสมพร วัฒนเวคิน	นักวิชาการอิสระ
นายสุมิตร สอนสุข	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพฯ
ดร.ปรีดา พัชรเมธีปกรณ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

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

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐวุฒิ	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
นายบุญชัย ต้นไถง	นักวิชาการอิสระ
นายনীธิ์ สามารถ	นักวิชาการอิสระ
นายณรรตธร คงเจริญ	โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จ. สุโขทัย
นางน้ำค้าง รัตนพันธ์	โรงเรียนกุสวณแดงพิทยาคม จ.บุรีรัมย์
นางสาวสายชล สุขโข	โรงเรียนจ่านกร้อง จ.พิษณุโลก
นายชูศักดิ์ วัจเรียง	โรงเรียนตราษตระการคุณ จ.ตราด
นางสาวเพ็ญพัสส์ เค้ากล้า	โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.จำเริญดา ปริญญาธารมาศ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายรัชพล ธนานูวงศ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปรีดา พัชรเมธีปกรณ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเทพนคร แสงหัวช้าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายจอมพรรค นวลดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายสรจิตต์ อารีรัตน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธนรัชต์ คันทักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ผศ.ดร. ขวัญ อารยะธนิตกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นายวุทธิพันธ์์ ปรีชญพฤทธิ์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
รศ.สุวรรณ คูสำราญ	นักวิชาการอิสระ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์	นักวิชาการอิสระ
นายบุญชัย ตันไถง	นักวิชาการอิสระ
นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.จำเริญตา ปริญญาธารมาศ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายรักษพล ธนานูวงศ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

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

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.วรรณพงษ์ เตริยมโพธิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐภูมิ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.นรพัทธ์ ศรีมโนภาช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
นายบุญชัย ตันไถง	นักวิชาการอิสระ
นายনীติ สามารถ	นักวิชาการอิสระ
นายพิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์	โรงเรียนเทพศิลา กรุงเทพฯ
นายวิศาล จิตต์วาริน	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี กรุงเทพฯ
นางสาวกวิสรา อุ่นไธสง	โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวินัย เลิศเกษมสันต์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.จำเริญตา ปริญญาธารมาศ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายรักษพล ธนานูวงศ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปรีดา พัทธมณีปกรณ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายเทพนคร แสงหัวช้าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายจอมพรรค นวลดี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายสรจิตต์ อารีรัตน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธนรัชต์ คัมภักษ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ผศ.ดร. ขวัญ อารยะธนิตกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
นายรังสรรค์ ศรีสาคร	นักวิชาการอิสระ
นายวุทธิพันธ์ ปรีชญพฤทธิ์	นักวิชาการอิสระ
นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ	นักวิชาการอิสระ
รศ.สุพรรณ คูสำราญ	นักวิชาการอิสระ
นายราม ติวารี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

