



# คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

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

วิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ  
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



จัดทำโดย  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ



# คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑  
**วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ



## คำนำ

คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา ผู้พัฒนาหลักสูตรและสื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนผู้ที่สนใจได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนหรือพัฒนาสื่อประกอบการเรียนการสอนได้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วยเป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

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



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## สารบัญ

• เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑
• ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร	๓
๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร	๔
๒. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๖
๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์	๑๔
๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	๑๗
๕. คุณภาพผู้เรียน	๓๕
๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๓๘
๗. จิตวิทยาศาสตร์	๔๖
๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑	๔๘
๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่างๆ	๖๑
๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	๖๗
๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้	๗๑
เอกสารอ้างอิง ส่วนที่ ๑	๗๓
• ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๗๗
• คณะผู้จัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร	๑๓๓



## สารบัญภาพ

ภาพที่ ๑	ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๒
ภาพที่ ๒	สาระของรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช ๒๕๖๐)	๕
ภาพที่ ๓	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชั้นนำ	๘
ภาพที่ ๔	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน	๑๒
ภาพที่ ๕	กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑	๔๑
ภาพที่ ๖	เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม	๖๐
ภาพที่ ๗	วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัลซ	๖๒
ภาพที่ ๘	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น	๖๔
ภาพที่ ๙	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น	๖๕

## สารบัญตาราง

ตารางที่ ๑	ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้	๑๓
ตารางที่ ๒	การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน	๕๓
ตารางที่ ๓	ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้	๕๔
ตารางที่ ๔	การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น	๖๓



จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์  
ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็น  
สำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และกระบวนการออกแบบ  
เชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือ  
แนวคิด (Concept) ให้เป็น  
โครงข่ายความรู้ (Network)

### การจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ผู้สอนต้อง

ศึกษาหลักสูตร และผลการเรียนรู้ให้เข้าใจ  
พิจารณาเชื่อมโยงกับผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระอื่น ๆ

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 ทุกระดับของประเทศ ผู้เขียนตำราและสื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร และสำนักพิมพ์ต่างๆ ได้ใช้ประโยชน์ในการจัดทำหรือจัดทำตำราเรียน สื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร การจัดทำแบบทดสอบและข้อสอบการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูและสถานศึกษา และอื่นๆ ให้สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตร หลีกเลี่ยงการเกิดความสับสนหรือความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ต่างๆ ที่ระบุไว้ในหลักสูตรเช่นที่ผ่านมา

คู่มือการใช้หลักสูตรฯ ฉบับนี้จำแนกเนื้อหาสาระสำคัญออกเป็น ๒ ส่วน ดังนี้

### ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร

ประกอบด้วย ที่มาของการปรับหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์และคุณภาพของผู้เรียน แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการต่างๆ 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 เปิดกว้างให้ผู้สอน และผู้ใช้หลักสูตรสามารถออกแบบและสร้างสรรค์แผนการจัดการ



เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง แต่ยังคงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

- แนวการประเมินการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และเจตคติ ที่วิเคราะห์ได้จากผลการเรียนรู้ ตลอดจนแนวการประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ตัวอย่างการนำเสนอรายละเอียดของกรวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๑

**สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**

**1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย และสัดสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลำดับชั้นหิน หรือซากธรณี แนนท์ และการนำไปใช้ประโยชน์**

**ผลการเรียนรู้**

- อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก หรือยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี</li> <li>การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความถี่ที่สัมพันธ์ของสเปกตรัมเวลา</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสหศาสตร์และการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การสร้างสรรคและนวัตกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและการอยู่ผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยร่วมอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน เชื่อมโยงโครงสร้างโลก ดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>ใช้ประเด็นคำถาม เช่น โครงสร้างภายในโลกแบ่งเป็นชั้น มีลักษณะเป็นอย่างไร วิชาใดที่เกี่ยวข้อง</li> <li>ใช้กิจกรรมสืบค้นความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างโลกตามความคิดของนักเรียนกับสื่อต่างๆ เช่น ไลน์ เฟซบุ๊ก</li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                 <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล ตามประเด็นที่กำหนดให้ ดังนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลที่ใช้ศึกษาโครงสร้างโลก เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ การศึกษาองค์ประกอบของอุกกาบาต การใช้คลื่นไหวสะเทือน</li> </ul> </li> <li>การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี</li> <li>การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล</li> <li>ความหนาและปริมาณของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น</li> <li>รอยต่อระหว่างชั้นโครงสร้างโลก เช่น แนวแบ่งเขตไมโครไวลิก แนวแบ่งเขตดูเนนเบิร์ก แนวแบ่งเขตเทห์แมน</li> </ol> </li> <li>รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก เช่น ภาพวาด แบบจำลองสามมิติ เพื่อนำเสนอตามประเด็นในข้อ 2.1 โดยมีสื่อสนับสนุนทั้งกับสื่อส่วนจริง พร้อมนำเสนอผลงานและร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังกล่าว</li> </ol> </li></ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและประเมินผลกิจกรรม</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความถี่ที่สัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม จากกราฟเชิงแนวข้อโครงสร้างโลก โดยแสดงความหนา ปริมาตร องค์ประกอบ และสถานะของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น โดยใช้สื่อที่ผู้คิด</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก</li> <li>การสื่อสารสหศาสตร์และการรู้เท่าทันสื่อ จากการใช้คลื่นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างสรรคและนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและการอยู่ผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>

ภาพที่ ๑ ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

รายละเอียดของคู่มือการใช้หลักสูตรฯ มีดังต่อไปนี้

# ส่วนที่ ๑

ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร



## ๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร

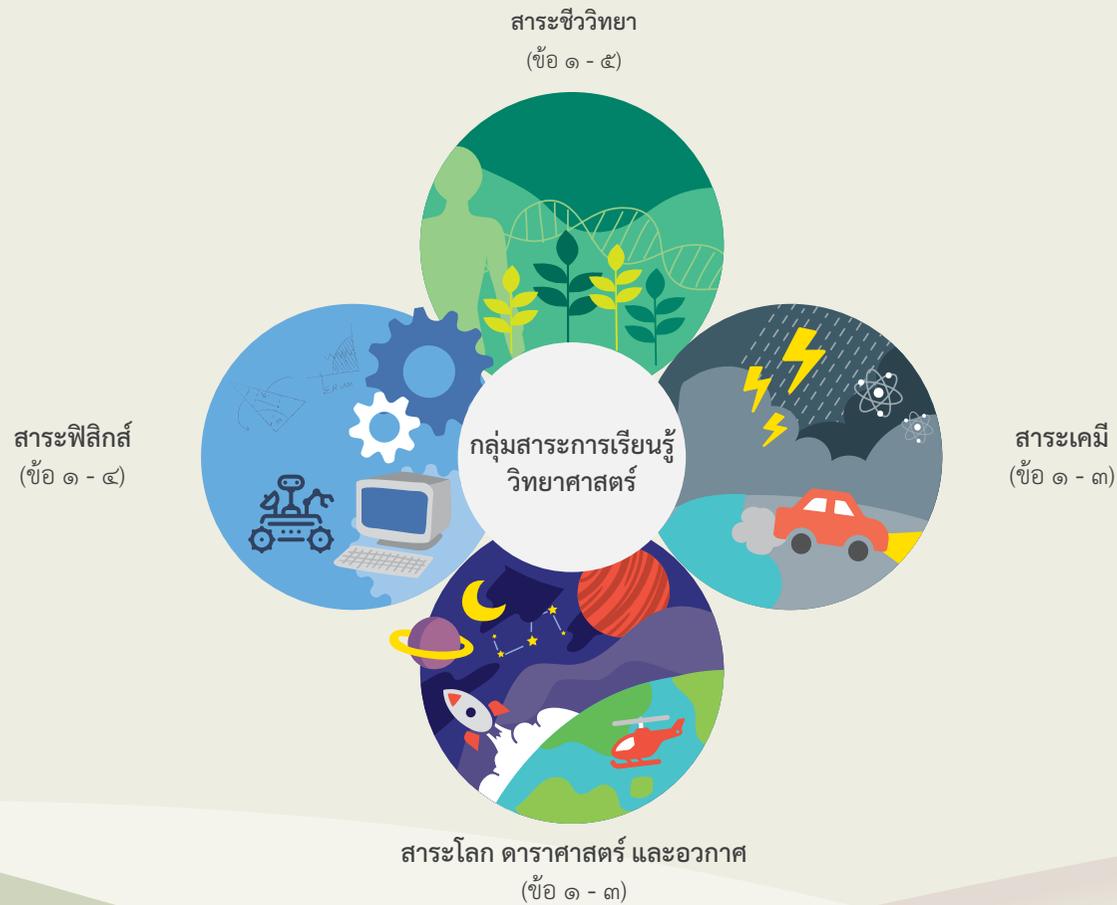
ด้วยปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในสังคมโลกแห่งศตวรรษที่ ๒๑ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (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 หรือจากแนวคิดที่ใกล้เคียงไปสู่ไกลตัว 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 เชื่อมมั่นและศรัทธาในความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

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 สามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ ๆ 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

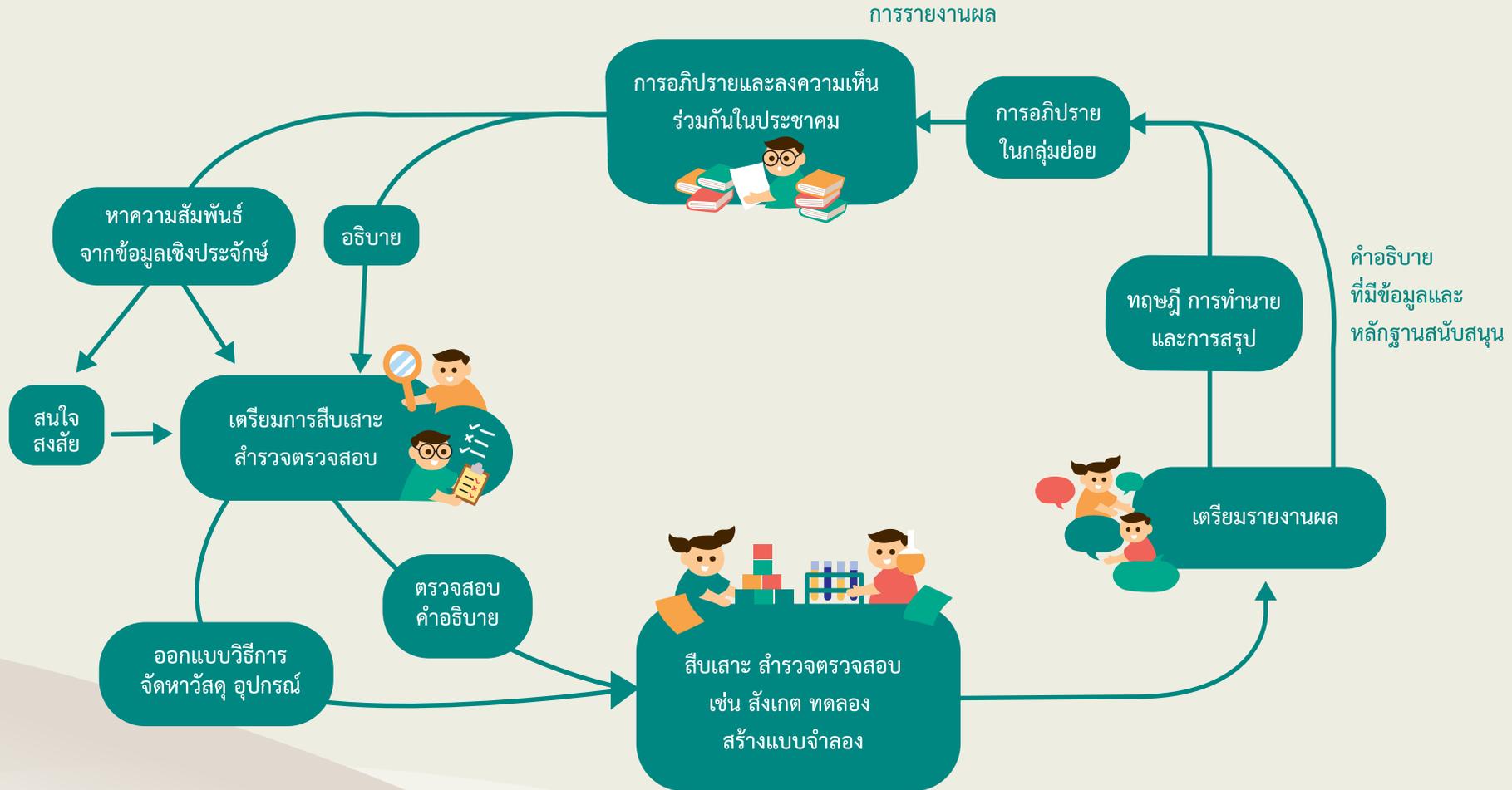
วิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่างๆ ในโลกหลายสิ่ง ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงไม่มีหน้าที่หาคำตอบหรืออธิบายในเรื่องเหล่านี้ 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 แม้ว่าไอโอสไตน์ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี 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 ดังนั้นปัจจัยต่างๆ ในสังคมมีผลต่อการสนับสนุนหรือขัดขวางกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องราวในประวัติศาสตร์ ความเชื่อตามหลักศาสนา วัฒนธรรมและค่านิยมของสังคม หรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การโคลน (Cloning) เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและเห็นว่ามีประโยชน์ แต่ในเชิงสังคมแล้ว เรื่องนี้ยังเป็นเรื่องที่มีข้อโต้แย้งอย่างกว้างขวาง และมีการยอมรับจากสังคมหลากหลายแตกต่างกันไป

#### • วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร

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

#### • วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ

นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ความมีใจกว้าง เพราะในบางครั้งความต้องการได้รับการยกย่องว่าเป็นคนแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์ก้าวไปในทางที่ผิดได้ เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกประการก็คือ การระวังอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำผลการศึกษาไปใช้

#### • นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง

ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ ค่านิยม และความเชื่อส่วนตัว

#### • วิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลายคนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่แท้ที่จริงแล้ว ทั้งสองมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์จะเน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

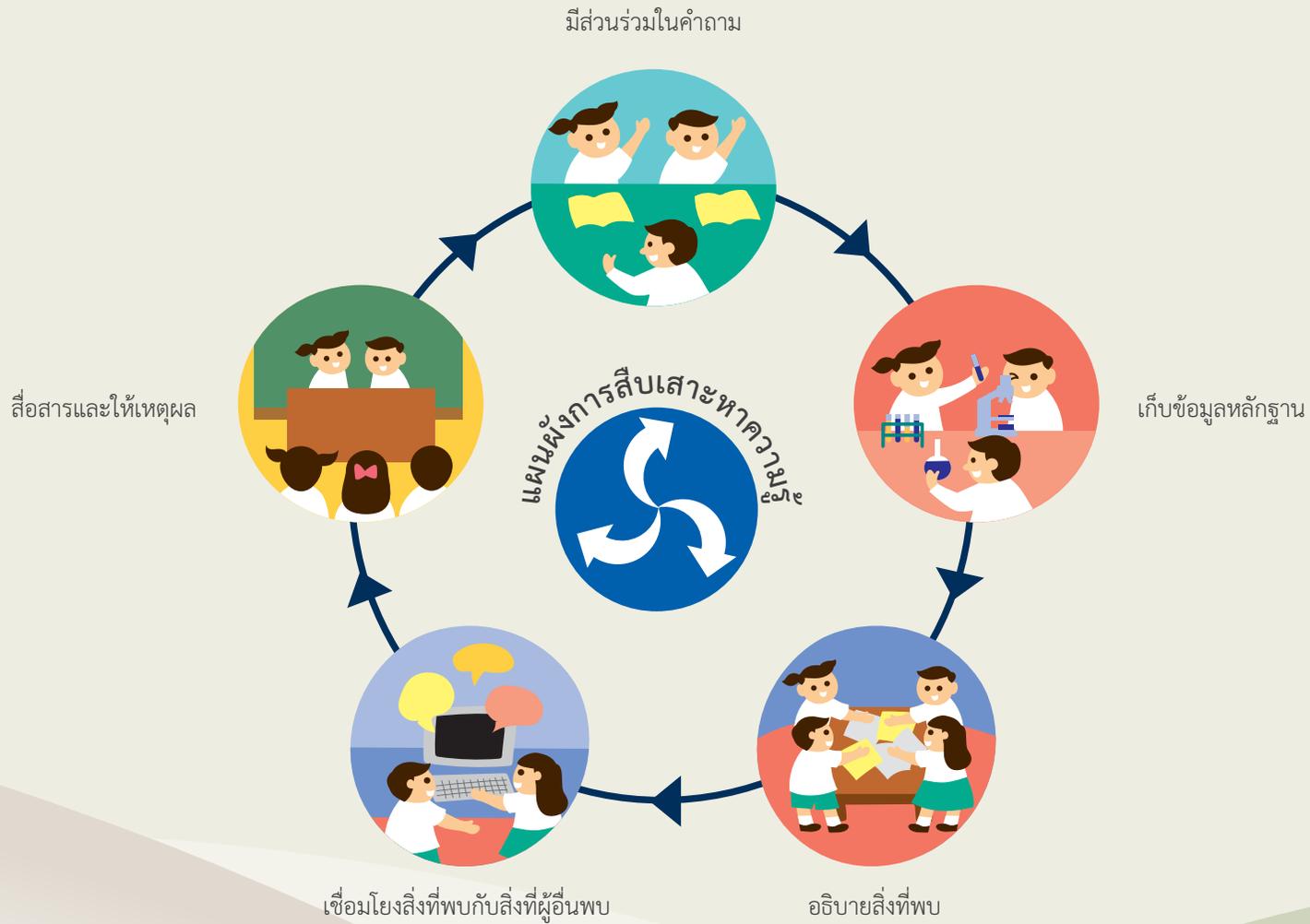
## การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

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

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้มีลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำถามทางวิทยาศาสตร์ในที่นี้หมายถึงคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน คำถามที่ดีควรเป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อตอบคำถามนั้นๆ ได้
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบ ผู้เรียนต้องลงมือทำปฏิบัติการ เช่น สังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง เพื่อนำหลักฐานเชิงประจักษ์ต่างๆ มาเชื่อมโยง หาแบบรูป และอธิบายหรือตอบคำถามที่ศึกษา

3. ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ต้องแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ สามารถจำแนก วิเคราะห์ ลงความเห็นจากข้อมูล พยากรณ์ ตั้งสมมติฐาน หรือลองข้อสรุป
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายของตนกับคำอธิบายอื่นๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถประเมิน (Judge) ข้อมูลและหลักฐานต่างๆ เพื่อตัดสินใจ (Make Decision) ว่า ควรเพิกเฉยหรือนำคำอธิบายนั้นมาพิจารณาและปรับปรุงคำอธิบายของตนเอง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถประเมินคำอธิบายของเพื่อน บุคคลอื่น หรือแหล่งข้อมูลอื่น แล้วนำมาเปรียบเทียบ เชื่อมโยง สัมพันธ์ แล้วสร้างคำอธิบายอย่างมีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับความรู้อื่นๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับแล้ว
5. 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

- สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย และผลต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลหลายด้าน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ องค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาต ตัวอย่างหินจากดวงจันทร์ ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก จึงสามารถแบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ ๒ แบบ คือ โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งได้เป็น ๓ ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก และโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล แบ่งได้เป็น ๕ ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน นอกจากนี้ยังมีการค้นพบรอยต่อระหว่างชั้นโครงสร้างโลก เช่น แนวแบ่งเขตโมโฮโรวิซิก แนวแบ่งเขตกูเทนเบิร์ก แนวแบ่งเขตเลห์แมน</li> </ul>
	๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แผ่นธรณีต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบของ ธรณีภาคซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของโครงสร้างโลก โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณียดังกล่าวอธิบายได้ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีทวีปเลื่อนและทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร โดยมีหลักฐานที่สนับสนุน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีปที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ซากดึกดำบรรพ์ ร่องรอยการเคลื่อนที่ของตะกอนธารน้ำแข็ง ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล อายุหินของพื้นมหาสมุทร รวมทั้งการค้นพบสันเขากลางสมุทร และร่องลึกก้นสมุทร</li> </ul>
	๓. ระบุสาเหตุและอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน เกิดขึ้นจากการพาความร้อนของหินหนืดภายในโลก โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีมี ๓ รูปแบบ ได้แก่ แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกออกจากกัน และแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐาน ได้แก่ ร่องลึกก้นสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุดและเทือกสันเขาใต้สมุทร และธรณีโครงสร้าง ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดธรณีพิบัติภัย เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ</li> </ul>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๔. วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การลำดับชั้นหินและธรณีประวัติ เป็นการศึกษาการวางตัว การแผ่กระจาย ลำดับอายุ ความสัมพันธ์ของชั้นหิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง และหลักฐานทางธรณีวิทยาอื่น ๆ ที่ปรากฏ ทำให้ทราบถึงประวัติเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ที่เกิดขึ้นบนโลกตั้งแต่กำเนิดโลกจนถึงปัจจุบัน</li> <li>- หลักฐานทางธรณีวิทยา ได้แก่ ซากดึกดำบรรพ์ หิน และลักษณะโครงสร้างทางธรณี ซึ่งนำมาหาอายุได้ ๒ แบบ ได้แก่ อายุเปรียบเทียบ คืออายุของซากดึกดำบรรพ์ หิน และ/หรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา เมื่อเทียบกับซากดึกดำบรรพ์ หิน และ/หรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาอื่น ๆ และอายุสัมบูรณ์ คือ อายุที่ระบุเป็นตัวเลขของหิน และ/หรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งคำนวณได้จากไอโซโทปของธาตุ</li> <li>- ข้อมูลจากอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์ สามารถนำมาจัดทำ มาตราธรณีกาลคือ การลำดับช่วงเวลาของโลกตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบัน แบ่งออกเป็น บรมยุค มหายุค ยุค และสมัย ซึ่งแต่ละช่วงเวลามีสิ่งมีชีวิต สภาพแวดล้อมและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน</li> </ul>
	<p>๕. อธิบายสาเหตุกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ภูเขาไฟระเบิด เกิดจากการแทรกดันของหินหนืดขึ้นมาตามส่วนประาะบาง หรือรอยแตกบนเปลือกโลก มักพบหนาแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นธรณีทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของหินหนืด ผลจากการระเบิดของภูเขาไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</li> </ul>
	<p>๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แผ่นดินไหวเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ของเปลือกโลกในรูปของคลื่นไหวสะเทือน แผ่นดินไหวมีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกัน ทำให้ภัยสึนามิ ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมักอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี และพื้นที่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนของแผ่นธรณี ที่ระดับความลึกต่างกัน ให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ซึ่งส่งผลให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</li> </ul>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๗. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p>	<p>- สึนามิ คือคลื่นน้ำที่เกิดจากการแทนที่มวลน้ำในปริมาณมหาศาล ส่วนมากจะเกิดในทะเลหรือมหาสมุทร โดยคลื่นมีลักษณะเฉพาะ คือความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่ออยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงคลื่นน้อย และอาจเพิ่มความสูงชันอย่างรวดเร็วเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณน้ำตื้น จึงทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งบางบริเวณเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย สึนามิก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งก่อสร้างในบริเวณชายหาดนั้น จึงต้องศึกษาแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p>
	<p>๘. ตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสม</p>	<p>- แร่ คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่มีสถานะเป็นของแข็ง เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีโครงสร้างภายในที่เป็นระเบียบ และมีสูตรเคมีและสมบัติอื่น ๆ ที่แน่นอน หรืออาจเปลี่ยนแปลงได้ภายใต้วงจำกัด ทำให้แร่มีสมบัติทางกายภาพที่แน่นอน สามารถนำมาใช้เพื่อตรวจสอบชนิดของแร่ทางกายภาพ และการทำปฏิกิริยาเคมีกับกรด</p> <p>- ทรัพยากรแร่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท เช่น อาหารและยา เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อัญมณี</p>
	<p>๙. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรหินที่เหมาะสม</p>	<p>- หิน เป็นมวลของแข็งที่ประกอบด้วยแร่ชนิดเดียวหรือหลายชนิดตั้งแต่ ๑ ชนิดขึ้นไป หรือประกอบด้วยแก้วธรรมชาติหรือสารจากสิ่งมีชีวิต ที่เกิดขึ้นเองรวมตัวกันอยู่ตามธรรมชาติ</p> <p>- หินสามารถจำแนกตามลักษณะการเกิดและเนื้อหิน ได้เป็น ๓ ประเภท ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร การระบุชื่อของหินแต่ละประเภท จะใช้ลักษณะและองค์ประกอบทางแร่ของหินเป็นเกณฑ์ หินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น วัสดุก่อสร้าง เครื่องประดับ วัตถุดิบในอุตสาหกรรม</p>
	<p>๑๐. อธิบายกระบวนการเกิด และการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยา</p> <p>๑๑. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน พร้อมนำเสนอการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม</p>	<p>- ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินเป็นทรัพยากรสิ้นเปลือง ที่มีอยู่อย่างจำกัด ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถเกิดขึ้นทดแทนได้ ในเวลาอันรวดเร็ว ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ เช่น การคมนาคม การผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- การศึกษากระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหินต้องใช้ความรู้พื้นฐานธรณีวิทยาหลายด้าน เช่น ตะกอนวิทยา การลำดับชั้นหิน ธรณีโครงสร้าง รวมทั้งวิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน
	๑๒. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายและยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์	- แผนที่ภูมิประเทศ เป็นแผนที่ที่สร้างเพื่อจำลองลักษณะของผิวโลกหรือบางส่วนของพื้นที่บนผิวโลก โดยมีทิศทางที่ชัดเจน และมาตราส่วนขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน แผนที่ภูมิประเทศมักแสดงเส้นชั้นความสูงและคำอธิบายสัญลักษณ์ ต่างๆ ที่ปรากฏในแผนที่ - แผนที่ธรณีวิทยา เป็นแผนที่แสดงการกระจายตัวของหินกลุ่มต่างๆ ที่โผล่ให้เห็นบนพื้นผิว ทำให้ทราบถึงขอบเขตของหินในพื้นที่ นอกจากนี้ยังแสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ และธรณีโครงสร้าง - ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณี สามารถนำไปใช้วางแผนการใช้ประโยชน์และประเมินศักยภาพของพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม เช่น ประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี ต่าง ๆ การวางผังเมือง การสร้างเขื่อน
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	<p>๑. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันและผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก</p> <p>๒. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก</p>	<p>- บริเวณต่าง ๆ ของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากโลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงทำมุมกับแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ส่งผลต่อการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งส่วนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศจนถึงพื้นผิวโลก จะเกิดกระบวนการสะท้อน ดูดกลืน และถ่ายโอนพลังงาน แล้วปลดปล่อยกลับสู่อวกาศแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของพื้นผิว ชนิดและปริมาณของแก๊สเรือนกระจก ละอองลอย และเมฆ ทำให้พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน</p> <p>- พลังงานจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่โลกได้รับเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่</p>
	<p>๓. อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ</p>	<p>- การหมุนเวียนของอากาศเกิดขึ้นจากความกดอากาศที่ต่างกันระหว่างสองบริเวณ โดยอากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบ และเมื่อพิจารณาในการเคลื่อนที่ของแนวตั้งจะพบว่าอากาศเหนือบริเวณความกดอากาศต่ำจะมีการยกตัวขึ้น ขณะที่อากาศเหนือบริเวณความกดอากาศสูงจะจมตัวลง โดยการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวราบและแนวตั้งนี้ ทำให้เกิดเป็นการหมุนเวียนของอากาศ</p> <p>- การหมุนรอบตัวเองของโลกจะทำให้เกิดแรงคอริโอลิสซึ่งมีผลให้ทิศทางเคลื่อนที่ของอากาศเบนไป โดยอากาศที่เคลื่อนที่ในบริเวณซีกโลกเหนือจะเบนไปทางขวาจากทิศทางเดิม ส่วนบริเวณซีกโลกใต้จะเบนไปทางซ้ายจากทิศทางเดิม เช่น ลมค้า และมรสุม</p> <p>- แรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการหมุนของลม เช่น พายุหมุนเขตร้อน ทอร์นาโด พายุวงช้าง และแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือแรงเสียดทานส่งผลต่ออัตราเร็วลม เช่น พายุไต้ฝุ่น เมื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งจะลดระดับความรุนแรงลงเป็นพายุโซนร้อนหรือดีเปรสชัน</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แต่ละบริเวณของโลกมีความกดอากาศแตกต่างกัน ประกอบกับอิทธิพลจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้อากาศในแต่ละซีกโลกเกิดการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด แบ่งออกเป็น ๓ แถบ โดยแต่ละแถบมีภูมิอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ การหมุนเวียนแถบขั้วโลก มีภูมิอากาศแบบหนาวเย็น การหมุนเวียนแถบละติจูดกลางมีภูมิอากาศแบบอบอุ่น และการหมุนเวียนแถบเขตร้อนมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น</li> <li>- บริเวณรอยต่อของการหมุนเวียนอากาศแต่ละแถบละติจูด จะมีลักษณะลมฟ้าอากาศที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณใกล้ศูนย์สูตรมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณละติจูด ๓๐ องศาอากาศแห้งแล้ง ส่วนบริเวณละติจูด ๖๐ องศา อากาศมีความแปรปรวนสูง</li> </ul>
	๕. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- น้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิและความเค็มของน้ำแตกต่างกันในแต่ละบริเวณและแต่ละระดับความลึก ซึ่งหากพิจารณามวลน้ำในแนวตั้งและใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งชั้นน้ำได้เป็น 3 ชั้นคือ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง</li> </ul>
	๖. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรได้รับอิทธิพลจากการหมุนเวียนของอากาศในแต่ละแถบละติจูดเป็นปัจจัยหลักประกอบกับแรงคอริโอลิสทำให้บริเวณซีกโลกเหนือมีการไหลเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ซึ่งกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรมีทั้งกระแสน้ำอุ่น และกระแสน้ำเย็น ส่วนการหมุนเวียนกระแสน้ำลึกเป็นการหมุนเวียนของน้ำชั้นล่าง เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำ โดยกระแสน้ำผิวหน้าและกระแสน้ำลึกจะหมุนเวียนต่อเนื่องกัน</li> </ul>
	๗. อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทร ส่งผลต่อลักษณะอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไปเช่น การเกิดน้ำมุดน้ำจืด จะส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่ง เช่น กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์ สตรีมที่ทำให้บางประเทศในทวีปยุโรปไม่หนาวเย็นจนเกินไปนักและเมื่อการหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทรแปรปรวน ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพลมฟ้าอากาศ เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของลมค้าและส่งผลกระทบต่อสภาพลมฟ้าอากาศของประเทศที่อยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก รวมถึงบริเวณอื่น ๆ บนโลก</li> </ul>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๘. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ	- เสถียรภาพอากาศ หมายถึง สภาวะของบรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งให้ก้อนอากาศเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง ในกรณีที่ก้อนอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่อยู่โดยรอบ ก้อนอากาศนั้นจะไม่สามารถยกตัวสูงขึ้นได้มากนัก และจมตัวกลับสู่ที่เดิม เรียกว่า อากาศมีเสถียรภาพ จะพบสภาวะอากาศแจ่มใส เมฆน้อยหรือปราศจากเมฆ ส่วนสภาวะอากาศไม่มีเสถียรภาพนั้น อุณหภูมิก้อนอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบทำให้ก้อนอากาศยกตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดเมฆในแนวดิ่ง เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส
	๙. อธิบายการเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง	- แนวปะทะอากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ปะทะกันของก้อนอากาศที่สมบัติต่างกันตั้งแต่สองก้อนขึ้นไป แนวปะทะอากาศแบ่งออกได้ ๔ รูปแบบคือ แนวปะทะอากาศอุ่น ซึ่งมีกพบเมฆแผ่น เช่น เมฆซีร์รัส อัลโตสเตรตัส เกิดฝนกระจายเป็นบริเวณกว้าง แนวปะทะอากาศเย็น เกิดเมฆก้อนเช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส ทำให้อากาศแปรปรวนเกิดฝนฟ้าคะนอง แนวปะทะอากาศรวมเกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสที่ส่งผลต่อการเกิดพายุฝน แนวปะทะอากาศคงที่ จะมีลักษณะอากาศแจ่มใสจนถึงมีเมฆบางส่วน และอาจส่งผลให้เกิดแนวปะทะอากาศแบบอื่นต่อไปได้
	๑๐. อธิบายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน	- โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ โดยปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่โลกได้รับเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่และมีลักษณะภูมิอากาศที่ไม่เปลี่ยนแปลง หากสมดุลพลังงานของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกและภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยมีปัจจัยหลายประการทั้งปัจจัยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและปัจจัยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงความรีของวงโคจรโลกรอบดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของแกนหมุนโลกและการหมุนควงของแกนหมุนโลก รวมทั้งชนิดและปริมาณของละอองลอย เมฆ และแก๊สเรือนกระจก ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันที่ได้จากการวิเคราะห์หลักฐานต่าง ๆ เช่น แกนน้ำแข็ง
	๑๑. วิเคราะห์ และอภิปรายเหตุการณ์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และนำเสนอแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลก การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศทั้งทางบก และทางทะเล



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- มนุษย์อาจมีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกได้โดยการลดปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานที่เกิดจากกระทำของมนุษย์
	๑๒. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ	- แบบแสดงข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้นเป็นการแสดงข้อมูลตรวจอากาศที่แสดงในรูปสัญลักษณ์หรือตัวเลขที่ปรากฏบนแผนที่อากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ความเร็วและทิศทางลม ปริมาณและชนิดของเมฆ ทำให้ทราบลักษณะอากาศ ณ สถานีนั้นๆ ในเวลาที่มีการตรวจวัด เมื่อนำข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้นมาแสดงในแผนที่อากาศ ทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะอากาศในบริเวณกว้างได้ เช่น บริเวณความกดอากาศสูง หย่อมความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน ร่องความกดอากาศต่ำ
	๑๓. วิเคราะห์ และคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ เพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ	- การแปลความหมายสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนแผนที่อากาศ ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศอื่น ๆ เช่น โปรแกรมประยุกต์เกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ เรดาร์ตรวจอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และค่าทางสถิติ สามารถนำมาวิเคราะห์รูปแบบ คาดการณ์การเกิดและการเปลี่ยนแปลง ปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้วางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ เช่น การเลือกช่วงเวลาในการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับฤดูกาล การเตรียมพร้อมรับมือสภาพอากาศแปรปรวน
ม.๖	-	-

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	<p>๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ</p>	<p>- ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีบิกแบง ระบุว่าเอกภพเริ่มต้นจาก บิกแบงที่เอกภพมีขนาดเล็กมาก และมีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของเวลาและวิวัฒนาการของเอกภพ โดยหลังเกิดบิกแบงเอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีอุณหภูมิลดลง มีสสารคงอยู่ในรูปอนุภาคและปฏิยานุภาคหลายชนิด และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีเนบิวลา กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะเป็นสมาชิกบางส่วนของเอกภพ</p>
	<p>๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ</p>	<p>- หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ ซึ่งอธิบายด้วย กฎฮับเบิล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแนวรัศมีและระยะทางของกาแล็กซีที่เคลื่อนที่ห่างออกจากโลกและหลักฐานอีกประการ คือ การค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทุกทิศทาง และสอดคล้องกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอวกาศ มีค่าประมาณ ๒.๗ เคลวิน</p>
	<p>๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะพร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก</p>	<p>- กาแล็กซี ประกอบด้วย ดาวฤกษ์จำนวนมากหลายแสนล้านดวง ซึ่งอยู่กันเป็นระบบของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเทห์ฟ้าอื่น เช่น เนบิวลา และสสารระหว่างดาว โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในของกาแล็กซีอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง</p> <p>- กาแล็กซีมีรูปร่างแตกต่างกัน โดยระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งเป็นกาแล็กซีก้นหอยแบบมีคาน มีโครงสร้าง คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล ดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ในบริเวณนิวเคลียสและจาน โดยมีระบบสุริยะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกประมาณ ๓๐,๐๐๐ ปีแสง ซึ่งทางช้างเผือกที่สังเกตเห็นในท้องฟ้าเป็นบริเวณหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือกในมุมมองของคนบนโลก แถบฝ้าสีขาวจางๆของทางช้างเผือกคือดาวฤกษ์ที่อยู่อย่างหนาแน่นในกาแล็กซีทางช้างเผือก</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์</p> <p>๕. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชัน โปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน ออกซิเจน</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นระบบดาวฤกษ์ คือ ดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันตั้งแต่ ๒ ดวงขึ้นไป ดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ เกิดจากการยุบตัวของกลุ่มสสารในเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง ทำให้บางส่วนของเนบิวลาที่มีขนาดเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่ออุณหภูมิที่แก่นสูงขึ้นจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ดาวฤกษ์ก่อนเกิดจะกลายเป็นดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์อยู่ในสภาพสมดุลระหว่างแรงดันกับแรงโน้มถ่วงซึ่งเรียกว่สมดุลอุทกสถิต จึงทำให้ดาวฤกษ์มีขนาดคงที่เป็นเวลานานตลอดช่วงชีวิตของดาวฤกษ์</li> <li>- ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ เป็นปฏิกิริยาหลักของกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ทำให้เกิดการหลอมนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสฮีเลียมที่แก่นของ ดาวฤกษ์ ซึ่งมี ๒ กระบวนการ คือ ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอนไนโตรเจน ออกซิเจน</li> </ul>
	<p>๖. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นพลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา ๑ วินาที ต่อหน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต แต่เนื่องจากตาของมนุษย์ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างที่มีค่าน้อยๆ จึงกำหนดค่าการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์ด้วยค่าโชติมาตร ซึ่งเป็นการแสดงระดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์ (หรือเทห์ฟ้าอื่น) ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต</li> </ul>
	<p>๗. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สีของดาวฤกษ์สัมพันธ์กับอุณหภูมิผิว ซึ่งนักดาราศาสตร์ใช้ดัชนีสีในการแบ่งชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ และใช้สเปกตรัมในการจำแนกชนิดของดาวฤกษ์</li> </ul>
	<p>๘. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การหาระยะทางของดาวฤกษ์ที่มีระยะทางห่างจากโลกไม่เกิน ๑๐๐ พาร์เซกมีวิธีการที่สำคัญคือ วิธีพารัลแลกซ์ โดยวัดมุมพารัลแลกซ์ของดาวฤกษ์ เมื่อโลกเปลี่ยนตำแหน่งไปในวงโคจร ทำให้ตำแหน่งปรากฏของดาวฤกษ์เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับดาวฤกษ์อ้างอิง</li> </ul>
	<p>๙. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มวลของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ก่อนเกิด ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะผลิตและใช้พลังงานมาก จึงมีอายุสั้นกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย</li> <li>- ดาวฤกษ์มีการวิวัฒนาการที่แตกต่างกัน การวิวัฒนาการและจุดจบของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ ส่วนใหญ่เทียบกับจำนวนเท่าของมวลดวงอาทิตย์</li> </ul>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๐. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต</p> <p>๑๑. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์</p>	<p>- ดาวฤกษ์จะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการตามวิวัฒนาการ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วยแผนภาพแฮร์ซปรุง-รัสเซลล์ ซึ่งเป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขีดมาตรสัมบูรณ์และดัชนีสีของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบลำดับหลัก ซึ่งเป็นแถบที่แสดงว่าดาวฤกษ์จะมีช่วงชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะสมดุล</p> <p>- ระบบสุริยะเกิดจากการรวมตัวกันของกลุ่มฝุ่นและแก๊สที่เรียกว่า เนบิวลาสุริยะ โดยฝุ่นและแก๊สประมาณร้อยละ ๙๙.๘ ของมวล ได้รวมตัวเป็นดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นก้อนแก๊สร้อน หรือพลาสมา สสารส่วนที่เหลือรวมตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ ของดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ตามลักษณะการเกิดและองค์ประกอบได้แก่ ดาวเคราะห์ชั้นใน ดาวเคราะห์น้อย ดาวเคราะห์ชั้นนอก และดวงดาวหาง</p> <p>- โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่มีสิ่งมีชีวิต เพราะโคจรรอบดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสม จึงเป็นเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต ทำให้โลกมีอุณหภูมิเหมาะสมและสามารถเกิดน้ำที่ยังคงสถานะเป็นของเหลวได้ และปัจจุบันมีการค้นพบดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะจำนวนมาก โดยมีดาวเคราะห์บางดวงที่มีลักษณะคล้ายโลก และอยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต</p> <p>- บริวารของดวงอาทิตย์อยู่รวมกันเป็นระบบภายใต้แรงโน้มถ่วงระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ ตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน ส่วนการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์เป็นไปตามกฎเคปเลอร์</p>
	<p>๑๒. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห้ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย</p>	<p>- ดวงอาทิตย์มีโครงสร้างภายในแบ่งเป็น แก่น เขตการแผ่รังสี และเขตการพาความร้อน และมีชั้นบรรยากาศอยู่เหนือ เขตพาความร้อน ซึ่งแบ่งเป็น ๓ ชั้น คือ ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ และคอโรนา ในชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์มีปรากฏการณ์สำคัญ เช่น จุดมืด ดวงอาทิตย์ การลุกจ้า ที่ทำให้เกิดลมสุริยะ และพายุสุริยะ ซึ่งส่งผลกระทบต่อโลก</p> <p>- ลมสุริยะ เกิดจากการแพร่กระจายของอนุภาคจากชั้นคอโรนาออกสู่อวกาศตลอดเวลา อนุภาคที่หลุดออกสู่อวกาศเป็นอนุภาคที่มีประจุ ลมสุริยะส่งผลทำให้เกิดหางของดาวหางที่เรืองแสงและชี้ไปทางทิศตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ และเกิดปรากฏการณ์แสงเหนือ แสงใต้</p>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<p>- พายุสุริยะ เกิดจากการปลดปล่อยอนุภาคมีประจุพลังงานสูงจำนวนมาก มักเกิดบ่อยครั้งในช่วงที่มีการลุกจ้า และในช่วงที่มีจุดมืดดวงอาทิตย์จำนวนมาก และในบางครั้งมีการพ่นก้อนมวลคอโรนา พายุสุริยะอาจส่งผลกระทบต่อสนามแม่เหล็กโลก จึงอาจรบกวนระบบการส่งกระแสไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์ของดาวเทียม นอกจากนี้ยังมักทำให้เกิดปรากฏการณ์แสงเหนือ แสงใต้ที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน</p>
	<p>๑๓. สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกต และเชื่อมโยงจุดและเส้นสำคัญของแบบจำลองทรงกลมฟ้ากับท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทรงกลมฟ้า เป็นทรงกลมสมมติขนาดใหญ่ที่มีรัศมีอนันต์ มีจุดศูนย์กลางของโลกเป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลมฟ้า มีดวงดาวและเทห์ฟ้าต่างๆปรากฏอยู่บนผิวของทรงกลมฟ้านี้ การระบุพิกัดของดวงดาวและเทห์ฟ้าต่างๆบนทรงกลมฟ้าตามระบบที่สำคัญ ได้แก่</li> <li>- ระบบขอบฟ้า เป็นระบบที่อ้างอิงจากตำแหน่งผู้สังเกตบนโลกโดยระบุพิกัดเป็นมุมทิศและมุมเงยอ้างอิงกับทิศเหนือและเส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต</li> <li>- ระบบศูนย์สูตร เป็นระบบที่อ้างอิงกับเส้นศูนย์สูตรฟ้าและจุดวิษุวัต ระบุพิกัดเป็นไรต์แอสเซนชันกับและเดคลิเนชัน</li> </ul>
	<p>๑๔. สังเกตท้องฟ้า และอธิบายเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์</p>	<p>- โลกหมุนรอบตัวเองจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ทำให้เกิดปรากฏการณ์การขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดวงดาวต่างในรอบวัน ซึ่งเส้นทางปรากฏของการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามวันเวลาและตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต ส่วนเส้นทางปรากฏของการขึ้น การตกของดาวฤกษ์จะเปลี่ยนแปลงตามละติจูดของผู้สังเกต</p>
	<p>๑๕. อธิบายเวลาสุริยคติปรากฏ โดยรวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกตในแต่ละวัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การกำหนดเวลาสุริยคติจะเทียบกับดวงอาทิตย์ โดยเวลาสุริยคติ มีทั้งเวลาสุริยคติปรากฏ และเวลา สุริยคติปานกลาง</li> <li>- เวลาสุริยคติปรากฏ เป็นเวลาที่ได้จากการสังเกต ดวงอาทิตย์จริงที่เคลื่อนที่อยู่บนท้องฟ้าของผู้สังเกต ช่วงเวลาระหว่างการเห็นจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนครั้งแรกถึงครั้งถัดไป เรียกว่า ๑ วัน สุริยคติปรากฏ</li> </ul>

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>๑๖. อธิบายเวลาสุริยคติปานกลาง และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เวลาสุริยคติปานกลางกำหนดโดยให้มีดวงอาทิตย์สมมติเคลื่อนที่บนเส้นศูนย์สูตรฟ้าด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ช่วงเวลาระหว่างการเห็นจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนครั้งแรกถึงครั้งถัดไป เรียกว่า ๑ วันสุริยคติปานกลาง ซึ่งยาว ๒๔ ชั่วโมง ๐ นาที ๐ วินาที เวลาสุริยคติปานกลางกรีนิชเป็นเวลาสุริยคติปานกลางที่ใช้เมริเดียนของหอดูดาวกรีนิชในประเทศอังกฤษเป็นตัวกำหนด ซึ่งนำมาใช้ในการกำหนดเขตเวลามาตรฐานสากลของตำแหน่งอื่นๆ บนโลก</li> </ul>
	<p>๑๗. อธิบายมุมห่างที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในวงโคจร และอธิบายเชื่อมโยงกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ที่สังเกตเห็นได้จากโลก</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โลกและดาวเคราะห์ทุกดวงหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก หรือในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากมุมมองด้านบน คนบนโลกจะสังเกตเห็นดาวเคราะห์มีตำแหน่งปรากฏแตกต่างกันในช่วงเวลาต่างๆ เพราะดาวเคราะห์มีมุมห่างที่แตกต่างกัน</li> <li>- มุมห่างของดาวเคราะห์ คือ มุมระหว่างเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างโลกกับดาวเคราะห์กับเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ เมื่อวัดบนเส้นสุริยวิถี โดยดาวเคราะห์อาจอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันออก หรือทางทิศตะวันตก ซึ่งมีการเรียกชื่อตามตำแหน่งของดาวเคราะห์ในวงโคจร ขนาดของมุมห่าง และทิศทางของมุมห่าง</li> <li>- ดาวเคราะห์ที่มีมุมห่างต่างกันจะมีตำแหน่งปรากฏบนท้องฟ้าแตกต่างกัน โดยตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์วงในจะอยู่ใกล้ขอบฟ้าในช่วงเวลาใกล้รุ่งหรือเวลาหัวค่ำ ส่วนตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์วงนอกจะสามารถเห็นได้ในเวลาอื่น ๆ นอกจากนี้มุมห่างยังสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ ทางดาราศาสตร์ เช่น ดาวเคียงเดือน ดาวเคราะห์ชุมนุม ดาวเคราะห์ผ่านหน้าดวงอาทิตย์</li> </ul>
	<p>๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวความคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p> <p>๑๙. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอกิจกรรมการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าและ/หรือกล้องโทรทรรศน์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มนุษย์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการศึกษาเพื่อขยายขอบเขตความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และในขณะเดียวกันมนุษย์ได้นำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์</li> <li>- นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดของรังสีหรืออนุภาคในอวกาศ ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสงอัลตราไวโอเล็ต และรังสีเอ็กซ์</li> </ul>



ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยานอวกาศ คือ ยานพาหนะที่นำมนุษย์หรืออุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ขึ้นไปสู่อวกาศ เพื่อสำรวจหรือเดินทางไปยังดาวดวงอื่น ส่วนสถานีอวกาศ คือ ห้องปฏิบัติการลอยฟ้า ที่โคจรรอบโลก ใช้ในการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ ในสภาพไร้น้ำหนัก</li> <li>- ดาวเทียม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าและนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การระบุตำแหน่งบนโลก การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ อุตุนิยมวิทยา โดยดาวเทียมมีหลายประเภทสามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์วงโคจรและการใช้งาน</li> </ul>

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

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

## การเทียบเคียงตัวชี้วัดในสาระพื้นฐานวิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติมโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p><b>มาตรฐาน ว ๓.๑</b> เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๖</b></p> <p>๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ</p>	<p><b>ข้อ ๓.</b> เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๖</b></p> <p>๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ</p>
<p>๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซีรวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ</p>	<p>๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซีรวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ</p>
<p>๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก</p>	<p>๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก</p>
<p>๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาดจากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์</p>	<p>๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์</p> <p>๕. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชัน โปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน ออกซิเจน</p>
<p>๕. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์</p>	<p>๖. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์</p>
<p>๖. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์</p>	<p>๗. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์</p> <p>๘. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์พารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์</p>



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
<p>๗. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์</p>	<p>๙. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพแฮร์ซปรุง-รัสเซลล์</p>
<p>๘. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต</p>	<p>๑๐. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต</p> <p>๑๑. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์</p>
<p>๙. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย</p>	<p>๑๒. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย</p>
<p>๑๐. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียมยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p>	<p>๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p> <p>๑๙. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอกิจกรรมการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าและ/หรือกล้องโทรทรรศน์</p>
<p><b>มาตรฐาน ว ๓.๒</b> เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</p> <p><b>ตัวชี้วัดชั้นปี ม.๖</b></p> <p>๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน</p>	<p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๔</b></p> <p>๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน</p>
<p>๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี</p>	<p>๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี</p>

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
๓. ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ	๓. ระบุสาเหตุและอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน และธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ
๔. อธิบายสาเหตุกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทาง การเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	๕. อธิบายสาเหตุกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทาง การเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
๕. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้น ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้น ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบ และนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย	๗. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบ และนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
<p><b>มาตรฐาน ว ๓.๒</b> เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลง ภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</p> <p><b>ตัวชี้วัด ม.๖</b></p> <p>๗. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการได้รับพลังงานจาก ดวงอาทิตย์แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของโลก</p>	<p><b>ข้อ ๒.</b> เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำใน มหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้ง การพยากรณ์อากาศ</p> <p><b>ผลการเรียนรู้ ม.๕</b></p> <p>1. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันและผลที่มีต่อ อุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก</p> <p>2. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก</p>
<p>๘. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ</p> <p>๙. อธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นผลมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลก</p>	๓. อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ
๑๐. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ	๔. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ



ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
๑๑. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำผิวน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำผิวน้ำในมหาสมุทร	๖. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร
๑๒. อธิบายผลของการหมุนเวียนของอากาศและน้ำผิวน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะภูมิอากาศ ลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	๗. อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะภูมิอากาศ ลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
๑๓. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานและภูมิอากาศของโลก พร้อมทั้งนำเสนอแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	๑๐. อธิบายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน ๑๑. วิเคราะห์ และอภิปรายเหตุการณ์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และนำเสนอแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก
๑๔. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และนำข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ มาวางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ	๑๒. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ ๑๓. วิเคราะห์ และคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ เพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ

## ๕. คุณภาพผู้เรียน

### จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

ผู้เรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ของ ๔ สาระเพิ่มเติม มีคุณภาพดังนี้

- เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
- เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เจื้อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย โพรทิสต์ ฟันหมี ฟังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์
- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์
- เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า
- เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี



- เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัมและการดล 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 แรงพุง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค
- เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและ

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

- เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศแรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศการหมุนเวียนของอากาศตามเข็มนาฬิกาและผลที่มีต่อภูมิอากาศปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร 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 การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบศูนย์กลาง เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่ จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัดสว่ 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 แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ 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 ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่างๆ ทั้งด้านองค์ความรู้ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียน นักคิด เชื่อมม่น ยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ ๒๑ อย่างมีคุณค่า

ทักษะสำคัญที่ผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

### ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

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

- **ทักษะการสังเกต (Observing)**

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

- **ทักษะการวัด (Measuring)**

เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่างๆ 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 จากแหล่งต่างๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถในการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่างๆ 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)**

เป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลอง หรือที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

- **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)**

เป็นความสามารถในการกำหนดตัวแปรต่างๆ 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 การปฏิบัติกรทดลอง 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 ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

## ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21<sup>st</sup> Century Skills)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงาน ที่เชื่อว่ามีค่าอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็นผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ โดยภาคีเพื่อทักษะ

แห่งศตวรรษที่ ๒๑ (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning, 2009) โดยกรอบความคิดนี้นำเสนอทั้งส่วนของผลลัพธ์ของผู้เรียน และระบบสนับสนุนต่าง ๆ ดังอธิบายได้ตามภาพที่ ๕



ภาพที่ ๕ กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑

ปรับปรุงจาก P21 Framework for 21<sup>st</sup> Century Learning (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning, 2009)



การที่จะประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและฝึกฝนวิทยาการความรู้และทักษะต่างๆ ได้แก่ ทักษะการใช้ชีวิตและอาชีพ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อต่างๆ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองโลกทุกวันนี้ นอกจากนี้ยังต้องมีรูปแบบและวิธีการประเมินการเรียนรู้ และทักษะเหล่านี้ต้องสอดคล้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะเหล่านี้สามารถทำได้โดยผสมผสานบูรณาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสถานศึกษาจำเป็นต้องมีการจัดระบบต่างๆ เช่น หลักสูตรสถานศึกษา สื่อการจัดการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้ส่งเสริม สนับสนุนการเรียนรู้ด้านวิชาการต่างๆ ให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้อย่างมีความสุข และเห็นประโยชน์ของการหมั่นเพียรเรียนรู้และฝึกฝนเพื่อพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นเหล่านี้และประสบความสำเร็จในอนาคต

กรอบความคิดนี้ยังอธิบายว่า ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรู้ที่บูรณาการกันระหว่างความรู้ในวิชาการ และทักษะกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคลแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่การเป็นผู้มีด้านความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21<sup>st</sup> Century Student Outcomes)

องค์ประกอบสำคัญที่เป็นผลลัพธ์ของผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ประกอบด้วย ความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนด้านความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนแห่งศตวรรษนี้จำเป็นต้องมีความรอบรู้ เรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้สอนจึงต้องออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่มีการผนวกหรือบูรณาการเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับศตวรรษที่ ๒๑ ไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือหลักสูตรสถานศึกษา เช่น การตระหนักรู้ต่อโลก ความรอบรู้ในเรื่องการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจและการประกอบการ ความรอบรู้ในเรื่องหน้าที่พลเมือง สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านศาสตร์วิทยาการต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนในศตวรรษนี้ ได้แก่

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

ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากผลลัพธ์ด้านความรู้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ ควรมีสมรรถนะที่จำเป็นอีก 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 วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลาย 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 การใช้สิทธิด้านสารสนเทศและสื่อของผู้อื่นโดยชอบธรรม



### ๓. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

เป็นการแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับคนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกียรติ มีความยืดหยุ่นและยินดีที่จะประนีประนอม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการทำงาน พร้อมทั้งยอมรับและแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน และเห็นคุณค่าของผลงานที่พัฒนาขึ้นจากสมาชิกแต่ละคนในทีม

### ๔. ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

เป็นความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม

- **การสร้างสรรค์ (Creativity)** หมายถึง การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างสรรค์แนวคิด เช่น การระดมพลังสมอง รวมถึงความสามารถในการพัฒนาต่อยอดแนวคิดเดิมหรือได้แนวคิดใหม่ และความสามารถในการกลั่นกรอง ทบทวน วิเคราะห์ และประเมินแนวคิด เพื่อปรับปรุงให้ได้แนวคิดที่จะส่งผลให้ความพยายามอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นไปได้มากที่สุด
- **การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)** หมายถึง 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 โทศัพท์ 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  
 ชี้นำตนเองและพัฒนาตนเองโดยการทบทวนจากประสบการณ์ที่  
 ผ่านมา (วิจารณ์, ๒๕๕๕; เบลันคาและแบรนต์, ๒๐๑๐ / ๒๕๕๖)

## ๗. ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross-Cultural Understanding)

ทักษะในด้านนี้หมายถึง ความสามารถในการทำงานและดำรงชีวิต  
 ในสภาพแวดล้อมที่คนมีความคิดเห็นและความเชื่อหลากหลาย  
 โดยไม่รู้สึกละแวก แยก เคารพความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถ  
 ยอมรับและตอบสนองความคิดเห็นที่แตกต่างในเชิงบวก นำไปสู่  
 การสร้างแนวคิดหรือวิธีการทำงานใหม่ได้



## ๗. จิตวิทยาศาสตร์

### จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind or Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรู้สึกนึกคิด ในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำ และการแสดงออก ทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนมีความจำเป็นที่จะต้อง สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความชอบ สนใจที่จะเรียนรู้ ตลอดจนมีความรู้สึกที่ดี ต่อวิทยาศาสตร์ เพราะจะส่งผลต่อความรู้สึก นึกคิด และทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติ ที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์และการนำ วิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเป็นผู้ที่เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาใน การใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรมและมีคุณค่า โดยจิตวิทยาศาสตร์จะครอบคลุม เกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

### เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes Towards Sciences)

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

### เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)

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

- **การใช้วิจารณ์ญาณ (Critical-Mindedness)**

ค้นหาและยอมรับการไม่สอดคล้องกันของข้อมูลที่สืบเสาะได้กับความ เชื่อหรือความรู้ที่มีมา รวบรวมแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัย แล้วพยายามวิเคราะห์และให้เหตุผลแต่ละข้อมูล ก่อนประเมินและตัดสินใจ

- **ความรอบคอบ (Suspended Judgement)**

ไม่แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่าง ๆ จนกว่าจะลงมือทำการ สืบเสาะค้นหา พร้อมทั้งยอมรับและเห็นคุณค่าของการสร้าง หรือคัดค้าน ในข้อจำกัดของข้อสรุปหรือทฤษฎี สรุปหรืออธิบายในขอบเขตของ หลักฐานที่ปรากฏเท่านั้น

- **ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน (Respect for Evidence)**

พยายามสืบเสาะค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต การ ทดลองหรือการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้สนับสนุนการอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ หรือใช้โต้แย้งกับคำอธิบายที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้อง กับคำอธิบายของตนเอง

- **ความซื่อสัตย์ (Honesty)**

เก็บรวบรวมหลักฐานให้มากที่สุด รายงานหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อมูล เพิ่มเติมอื่น ๆ ทุกรายการ แม้ว่าบางข้อมูล จะขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่ พยายามไว้ ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน โดยยอมรับงาน ของผู้อื่นอย่างเปิดเผย

- **วัตถุวิสัย (Objectivity)**

แปลความหมายข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักฐานอย่างเที่ยงตรงปราศจากอคติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุกมิติทั้งด้านที่สนับสนุนและขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ และไม่นำความเชื่อส่วนตัวหรือความรู้ที่มีอยู่มามีอิทธิพลเหนือการแปลความหมายข้อมูล

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

ยอมรับความเห็นหรือแนวคิดที่มีประจักษ์พยานและเหตุผลที่แตกต่างจากตนเอง แสดงการยอมรับว่าทุกสมมติฐาน ข้อสรุป แนวคิด หรือทฤษฎีต่าง ๆ ไม่มีความแน่นอน มีข้อจำกัด ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยินดีเปลี่ยนแปลงสมมติฐานหรือแนวคิดตามหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่ถูกต้องมากกว่า

- **ความใจกว้าง (Open-Mindedness)**

คิดพิจารณาทางเลือกอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งยินดีรับฟัง และประเมินแนวคิดต่าง ๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

- **ความอยากรู้อยากเห็น (Questioning Attitude)**

กระตือรือร้นในการสืบเสาะค้นหาความรู้ตามที่สงสัย หรือแนวคิดที่ขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องกันกับแนวคิดของตนเอง ตั้งคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะค้นหาคำตอบ หรือตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือแนวคิดที่แตกต่างนั้น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ

- **ความมุ่งมั่นอดทน (Tolerance of Uncertainty)**

ไม่ย่อท้อในการค้นหาข้อมูล หลักฐาน เพื่อนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือสิ่งที่สงสัย แสดงความเข้าใจและยอมรับว่าความไม่แน่นอน ความไม่ชัดเจนสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ สามารถเข้าใจใกล้ความจริงทางธรรมชาติ แต่ยังไม่สิ้นสุด จึงต้องมุ่งมั่นในการสืบเสาะค้นหาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ทอดทิ้ง



## ๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียน ในศตวรรษที่ ๒๑

### • แนวการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษา

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 จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การเรียนการสอนทั้งของผู้เรียนและผู้สอน 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 มนุษย์เรียนรู้ได้อย่างไร: 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

วันหนึ่งลูกปลาน้อยกับกบได้พูดคุยกันเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ นอกสระ กบเล่าให้ปลาน้อยฟังอย่างตื่นเต้นว่า

กบ: นี่ ๆ เจ้าปลาน้อย ฉันทกระโดดออกไปเที่ยวข้างนอก มาละ แล้วฉันก็เห็นสิ่งแปลก ๆ มากมาย

ปลาน้อย: เช่นอะไรบ้างล่ะ

กบ: นก... (กบบอกปลาแบบลึกลับนิด ๆ)

ปลาน้อย: นกเหรอ!

แล้วเจ้ากบก็เล่ารายละเอียดของนกที่ตนพบเห็นมาอย่างตื่นเต้นว่ามีปีกสองปีก มีขาสองขาและมีหลากหลายสี ในขณะที่เจ้ากบเล่าไปนั้น ปลาน้อยก็นึกภาพของนกผ่านความคิดของตนเอง ซึ่งก็คือปลาตัวใหญ่ที่มีสองปีกสองขา และมีหลายสี

จากนั้นกบก็เล่าเรื่องราวเกี่ยวกับวัว ซึ่งเจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเป็นปลาที่มีจุดสีขาว-ดำ มีเขา และเต้านม

ครั้งเมื่อกบเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับมนุษย์ เจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเห็นปลาที่มีสองขา เดินตัวตรงและสวมเสื้อผ้า

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





จากนิทานข้างต้นนี้ หากเปรียบเทียบสระน้ำแห่งนี้เป็นห้องเรียน กบอาจเปรียบได้กับผู้สอน ในขณะที่ปลาน้อยอาจเปรียบได้กับผู้เรียน บทสนทนาและภาพที่ปลาน้อยจินตนาการสื่อให้เราเห็นว่า แม้ว่ากบจะเล่ารายละเอียดเกี่ยวกับนก วัว หรือคนได้อย่างครบถ้วนตามที่ตนเองพบมา แต่ปลาน้อยก็นำประสบการณ์ของตนเองมาทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ที่กบเล่า แล้วสร้างเป็นความรู้และความเข้าใจของตนเองอยู่ดี โดยที่กบไม่มีโอกาสรู้เลยว่าปลาน้อยมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ตนเล่าอย่างไรบ้าง

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

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

## • แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียน ในศตวรรษที่ ๒๑

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนให้พร้อมที่จะดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างประสบความสำเร็จได้ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนานักคิด นักแก้ปัญหา และนักเรียนผู้ตลอดชีวิต โดยจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยอาจทำได้ดังนี้

- จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ผู้สอนกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่ยากค้นหาคำตอบ
- ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาคำตอบที่สงสัย โดยเริ่มจากการลงมือสืบเสาะหาความรู้ตามคำแนะนำจนกระทั่งสามารถออกแบบและวางแผนการสืบเสาะ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ฝึกฝนและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ อย่างกลุ่มเล็กและเชื่อมโยงกันผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลายทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน
- ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอและเหมาะสมกับวัย
- ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องตามยุคสมัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ใช้สืบค้นข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ใช้จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ใช้สร้างแบบจำลอง
- ผู้เรียนสามารถออกแบบและทำโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อฝึกฝนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ มาแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น เพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้รู้จักและคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจเพิ่มระดับความซับซ้อนของข้อมูลให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้ฝึกฝนการวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่เก็บได้จริงแต่ไม่มีความซับซ้อน ส่วนในระดับมัธยมศึกษาอาจให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์และอธิบายข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หลากหลาย ซับซ้อน มีปริมาณมาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถนำมาจัดกระทำหรือจัดการได้ด้วยวิธีการหรือเครื่องมือแบบเดิม
- ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการกับความรู้จากแขนงวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง 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 หัวใจสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนก็คือ 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	



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	ผู้เรียนแก้ปัญหาตามวิธีการที่กำหนดไว้	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แต่ละแบบนี้มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ผู้สอนต้องพิจารณา ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาในการจัดการเรียนรู้ ความสามารถของผู้เรียน บริบทของห้องเรียนและโรงเรียน รวมถึงความมั่นใจของผู้สอนเอง

• **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 (การใช้วิจารณ์ญาณ)
  - เราจะแต่งตอนจบของเรื่องนี้ใหม่ได้อย่างไร (การสร้างสรรค)
  - เรื่องราวที่อ่านทำให้เรารู้สึกอย่างไร (การประเมิน)

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

การอภิปรายซักถามมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นครูควรวางแผนการสอน คัดรายการคำถามที่หลากหลายระดับการเรียนรู้ตามอนุกรมวิธานที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้จำแนก 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 (Bloom's Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น ๓ ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น ๖ ระดับ ดังนี้ (จรรยา เสถียร 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

- แรงแบบใดบ้างจัดเป็นแรงไม่สัมผัส
- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

### ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

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

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงแม่เหล็กและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบาย เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างไร
- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติ ภารกิจภายนอกยานอวกาศ

### ระดับที่ ๓ ประยุกต์ใช้ (Apply)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแก๊สที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น
- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิด จะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- 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
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหมูตัวที่ ๓ ได้
- ถ้าสามารถเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ นักเรียนจะเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ให้เป็นอย่างไร

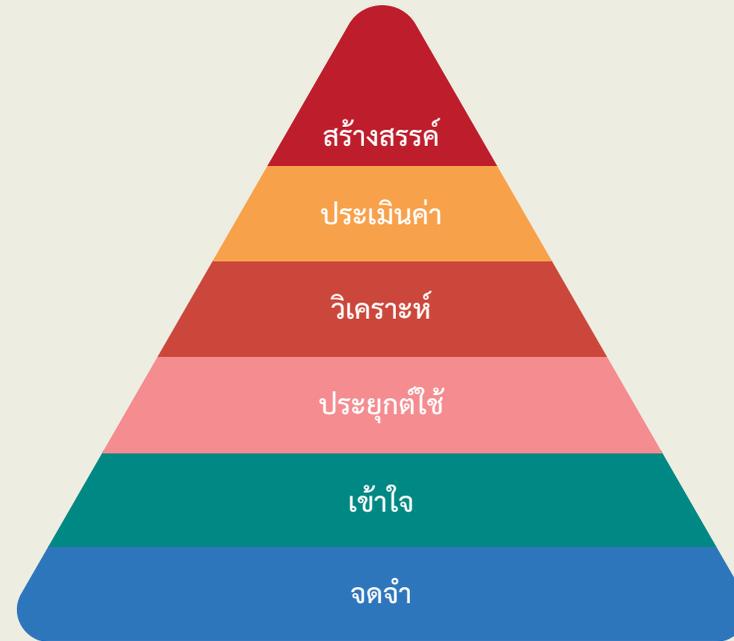


อนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูมสามารถแสดงได้ ดังภาพ

อนุกรมวิธานของบลูม



อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม



ภาพที่ ๒ เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม

## ๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่างๆ

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

งานวิจัยมากมายได้ยืนยันว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบ มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะและค้นหาสิ่งต่างๆ แล้วทำความเข้าใจเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ ที่ได้เรียนรู้ อย่างราบรื่นเหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและมั่นคง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และช่วยให้ผู้เรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วย

### วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ (Karplus Learning Cycle Model)

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

แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

- **ขั้นแนะนำแนวคิด**

เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือผู้สอน หรือจากการอ่านหนังสือเรียน

- **ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด**

เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่



ภาพที่ ๗ วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปัลซ์

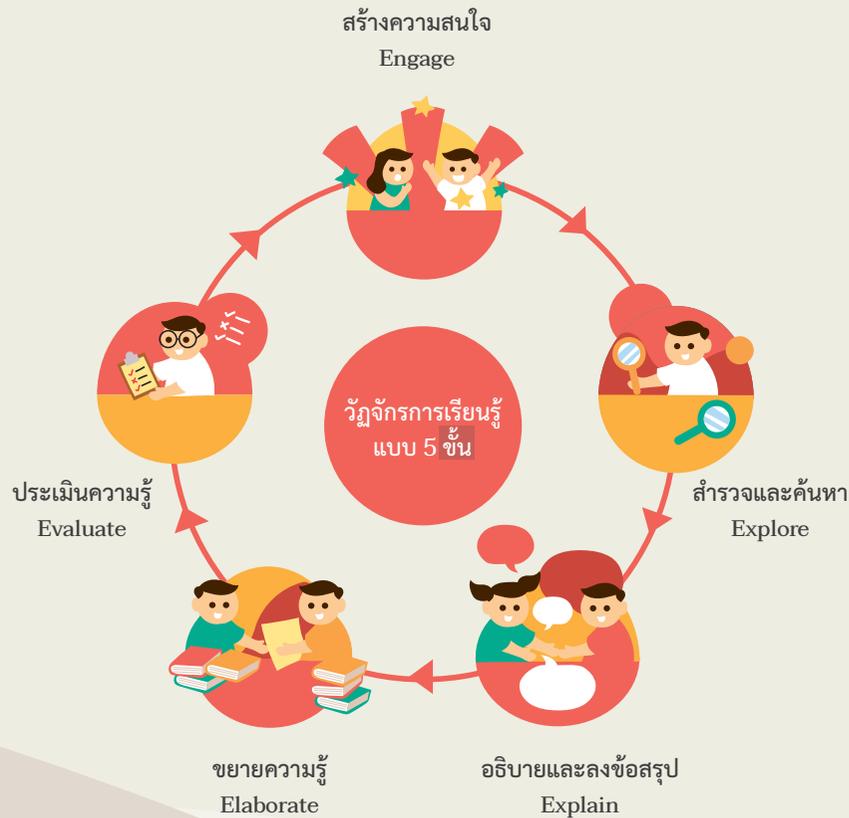
### วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle Model)

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

ตารางที่ ๔ การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

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

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



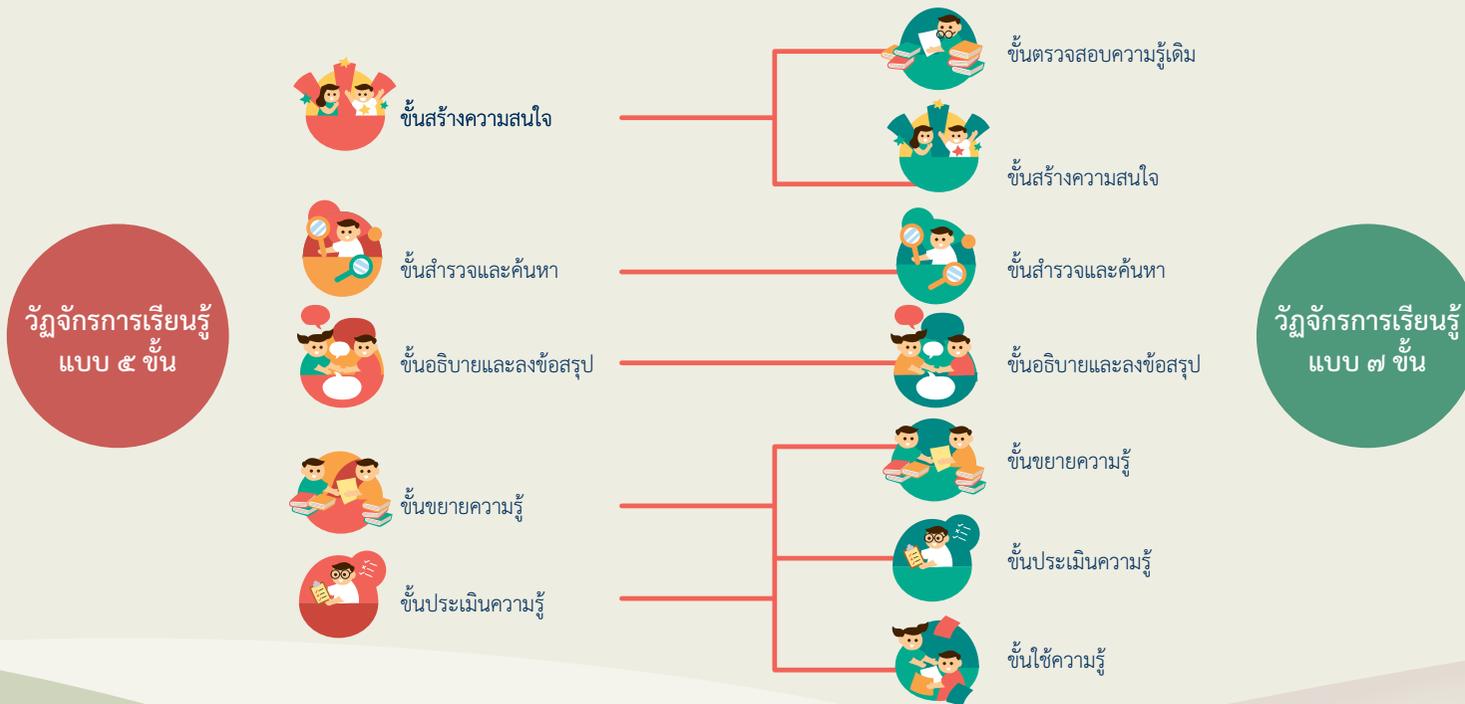
ภาพที่ ๘ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสร้างความสนใจ**  
เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม
- **ขั้นสำรวจและค้นหา**  
เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกตหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**  
เป็นการนำข้อมูล ข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล 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 ๙



ภาพที่ ๙ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น



แต่ละชั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม**

เป็นการค้นหาและวินิจฉัยความรู้ที่ติดตัวมาของผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นความรู้ที่สนับสนุนหรือขัดขวางการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้นในห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้ชัดเจน และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- **ขั้นสร้างความสนใจ**

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ

- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล 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 โดยการใช้ประเมินในรูปแบบที่หลากหลายสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ รูปแบบการประเมินการเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน (Formative Assessment) การประเมินเรียนรู้สรุปรวม (Summative Assessment) และการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ในการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และการประเมินตามสภาพจริงนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องสะท้อนการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเอง และผู้สอนต้องนำผลการประเมินมาพิจารณาเพื่อทบทวนและปรับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไข ช่วยเหลือ หรือหาวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้หรือเป้าหมายของตัวชี้วัดต่าง ๆ (กุศลลิน, ๒๕๕๕)

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

จุดประสงค์สำคัญของการประเมินการเรียนรู้ คือการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนหรือหลักสูตรวางไว้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในปัจจุบันก็คือ ผู้บริหาร ผู้สอน ตลอดจนผู้ปกครองเป็นจำนวนมากยังให้ความสำคัญกับการประเมินผลสรุปรวม ที่เน้นการทำข้อสอบ รวมถึงการให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ของการประเมินผลสรุปรวมที่ปรากฏในรูปของระดับผลการเรียน (Grade) หรือลำดับของผู้เรียนในชั้นเรียน (Rank) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้เรียนมากกว่าการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองของผู้เรียนแต่ละคน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จึงก่อให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบท่องจำเพื่อสอบ หรือการเรียนรู้เพื่อแข่งขัน ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้แบบผิวเผินมากกว่าการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองซึ่งผลลัพธ์ของการเรียนรู้จะยั่งยืนกว่า (กุศลลิน, ๒๕๕๕; ขจรศักดิ์, เพ็ญจันทร์ และวรรณทิพา 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 เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ
๒. เพื่อใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนว่ามีการเรียนรู้ได้อย่างไร
๓. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบระดับพัฒนาการด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน

หน้าที่สำคัญของผู้สอนในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน คือ เก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนในระหว่างการเรียนการสอน ตีความหมายข้อมูลหลักฐานเหล่านั้น โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นไปตามหลักสูตร แล้วให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนว่ามีผลการเรียนรู้ในระดับใด 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

การเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

๑. ต้องวัดและประเมินทั้งความรู้ ความคิด ความสามารถ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน
๒. วิธีการวัดและประเมินต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
๓. ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินอย่างตรงไปตรงมา 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

- งบประมาณจัดซื้อสื่อการเรียนรู้อุปกรณ์และจัดหาแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน
- ให้ความสำคัญ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
- นิเทศ ติดตามผลการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

### ๒. ครูผู้สอน

เป็นผู้ที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อออกแบบหรือเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตร เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างหลากหลายและอิสระ ทั้งนี้ผู้สอนจึงจำเป็นต้อง

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



### ๓. ผู้เรียน

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

### ๔. สภาพแวดล้อมและบรรยากาศการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องมีวิธีการที่จะจัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาทางวิชาการ เช่น จัดห้องขวนคิด ห้องกิจกรรมวิทยาศาสตร์ จัดระบบนิเวศจำลอง จัดบริเวณโรงเรียนเป็นแหล่งเรียนรู้ทางชีววิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ มีการดัดแปลงห้องเรียนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ดี และจัดกิจกรรมที่เอื้อให้ผู้ปกครอง และชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๕). การผนวกการประเมินระหว่างเรียนในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อ. วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี. น. ๕๕-๖๐.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. (เอกสารอัดสำเนา).
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๔). เพราะเหตุใดจึงต้องเปลี่ยนแปลงการสอนเพื่อศตวรรษที่ ๒๑. วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี.
- กุศลลิน มุสิกกุล. (๒๕๕๓). ธรรมชาติวิทยาศาสตร์. วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ. (๒๕๔๘). การสำรวจแนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 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.
- ทศนา แวมมณี. (๒๕๔๕). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 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

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ 1. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี</li> <li>2. การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความใจกว้าง</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยร่วมอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเรื่องโครงสร้างโลก ดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 ใช้ประเด็นคำถาม เช่น โครงสร้างภายในโลกแบ่งเป็นกี่ชั้น มีลักษณะเป็นอย่างไร ทราบได้อย่างไร</li> <li>1.2 ใช้กิจกรรมเกี่ยวกับการเปรียบเทียบโครงสร้างโลกตามความคิดของนักเรียนกับสิ่งต่างๆ เช่น ไข่ต้ม เงานะ</li> </ol> </li> <li>2. ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูล ตามประเด็นที่กำหนดให้ ดังนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อมูลที่ใช้ศึกษาโครงสร้างโลก เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ การศึกษาองค์ประกอบของอุกกาบาต การใช้คลื่นไหวสะเทือน</li> <li>- การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี</li> <li>- การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล</li> <li>- ความหนาและปริมาตรของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น</li> <li>- รอยต่อระหว่างชั้นโครงสร้างโลก เช่น แนวแบ่งเขตโมโฮโรวิชิก แนวแบ่งเขตกูเทนเบิร์ก แนวแบ่งเขตเลห์แมน</li> </ul> </li> <li>2.2 รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก เช่น ภาพวาด แบบจำลองสามมิติ เพื่อนำเสนอตามประเด็นในข้อ 2.1 โดยมีสัดส่วนที่สัมพันธ์กับสัดส่วนจริง พร้อมนำเสนอผลงานและร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังกล่าว</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างตามสมบัติเชิงกล จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ จากการสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกโดยแสดงความหนา ปริมาตร องค์ประกอบ และสถานะของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น โดยใช้สัดส่วนที่ถูกต้อง</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก</li> <li>5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- 3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2
- 4. นำความรู้ที่ได้ในข้อที่ 3 มาปรับปรุงผลงานในข้อ 2.2 เพื่อให้ได้ผลงานและองค์ความรู้ที่ถูกต้อง

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม

- ผลการเรียนรู้
- อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
  - ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี</li> <li>การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานและผลที่เกิดขึ้น</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบขนาด ตำแหน่ง และการวางตัวของทวีปในแผนที่โลกแต่ละยุคทางธรณีวิทยาโดยใช้ภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวจากสื่อต่างๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนอยากรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนตำแหน่งของทวีปต่างๆ และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>เมื่อเปรียบเทียบขนาด ตำแหน่ง และการวางตัวของทวีปในแผนที่โลกในอดีตกับแผนที่โลกในปัจจุบัน มีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง</li> <li>มีหลักฐานใดบ้างที่จะสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>ศึกษาเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนว่าทวีปเคยเป็นแผ่นเดียวกันมาก่อนโดยใช้แบบจำลองแสดงรูปร่างของขอบทวีปที่สามารถต่อกันได้</li> <li>สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานอื่น ๆ ที่สนับสนุนว่าทวีปเคยเป็นแผ่นเดียวกันมาก่อน พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของทวีปจากหลักฐานที่พบ โดยมีประเด็น ดังนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>กลุ่มหินและแนวเทือกเขา</li> <li>ซากดึกดำบรรพ์</li> <li>การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล</li> <li>อายุของหินที่พื้นมหาสมุทร</li> <li>ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล</li> <li>สันเขากลางสมุทรและร่องลึกก้นสมุทร</li> </ul> </li> <li>สืบค้นข้อมูล และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกลไกการแตกและการเคลื่อนที่ของทวีปและแผ่นธรณี (plate) ในประเด็นต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ความหมายของแผ่นธรณี</li> <li>แผ่นธรณีคือส่วนใดของโครงสร้างโลก</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานและผลที่เกิดขึ้น จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงานเรื่อง การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การร่วมอภิปรายเพื่อสรุป และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการใช้แบบจำลองที่เหมาะสมมาอธิบายความสัมพันธ์ของหลักฐานที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแบบต่างๆ</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเคลื่อนที่ และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- กลไกที่ทำให้ชั้นบรรยากาศแตกออกเป็นแผ่นและเคลื่อนที่
  - ความสัมพันธ์ของฐานธรณีภาคกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
- 2.4 สืบค้นข้อมูล ออกแบบ สร้างแบบจำลอง และนำเสนอผลงานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเคลื่อนที่และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ดังนี้
- ผลที่เกิดขึ้น ได้แก่ ธรณีฐานแบบต่างๆ เช่น ร่องลึกก้นสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุด และสันเขากลางสมุทร โครงสร้างทางธรณี เช่น รอยเลื่อนและชั้นหินคดโค้ง ธรณีพิบัติภัย เช่น แผ่นดินไหว สึนามิ ภูเขาไฟระเบิด
  - รูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี 3 รูปแบบ ได้แก่ แนวแผ่นธรณี แยกตัว แนวแผ่นธรณีเคลื่อนหากัน แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ
3. ร่วมกันสรุปองค์ความรู้ และอภิปรายเชื่อมโยงถึงแนวความคิดของการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร และทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน
4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยให้นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีประกอบกับสืบค้นองค์ความรู้ที่จำเป็นอื่น ๆ มาสร้างแบบจำลองแผนที่โลกที่คาดว่าจะเปลี่ยนแปลงใน 100 ล้านปีข้างหน้า

5. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย การตอบคำถาม
2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน จากการอธิบาย การเคลื่อนที่ของทวีปและแผ่นธรณีโดยมีหลักฐานสนับสนุน

ผลการเรียนรู้ 4. วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. หลักการพื้นฐานในการลำดับชั้นหิน</li> <li>2. วิธีการหาอายุทางธรณีวิทยา</li> <li>3. ตารางธรณีกาล</li> <li>4. ความสำคัญของการศึกษาการลำดับชั้นหิน</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>3. ความใจกว้าง</li> <li>4. การยอมรับความเห็นต่าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้สังเกตภาพถ่าย หรือภาพข่าว เกี่ยวกับการพบซากดึกดำบรรพ์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างไปจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน เช่น การพบซากหอยน้ำจืดบริเวณชายทะเล การพบซากปะการังบนภูเขา แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อมูลที่ได้จากชั้นหินในภาพเป็นเรื่องราวของสิ่งใดบ้าง</li> <li>- ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหินกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน สอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร</li> </ul> </li> <li>2. ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลำดับชั้นหิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง และอายุ จากสถานการณ์ที่กำหนดตามความคิดของผู้เรียน โดยใช้วัตถุต่างๆ แทนชั้นหิน เช่น ดินน้ำมัน</li> <li>2.2 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการลำดับชั้นหิน โดยเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากกิจกรรมในข้อ 2.1 และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในการลำดับชั้นหิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- กฎชั้นแนวระนาบ หรือกฎชั้นแนวอน (Law of original horizontality)</li> <li>- กฎการลำดับชั้น (Law of superposition)</li> <li>- กฎสัมพันธ์ภาพของการตัดกัน (Law of cross-cutting relationship)</li> <li>- ความหมายของรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity)</li> <li>- วิธีการหาอายุทางธรณีวิทยา</li> <li>- ตารางธรณีกาล</li> <li>- ความสำคัญของการศึกษาการลำดับชั้นหิน</li> </ul> </li> </ol> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>หลักการพื้นฐานในการลำดับชั้นหิน วิธีการหาอายุทางธรณีวิทยา ตารางธรณีกาล และความสำคัญของการศึกษาการลำดับชั้นหิน จากผลงาน และการตอบคำถามระหว่างการทำนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการอธิบายความสัมพันธ์ของลำดับชั้นหินกับลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับลำดับชั้นหิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการแปลความจากหลักฐานทางธรณีวิทยาได้</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการวิเคราะห์และอธิบายการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีตจากหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ</li> <li>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการร่วมมือกันทำงานในกลุ่ม</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

- 4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาของพื้นที่การศึกษา นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- 1. การใช้วิจารณ์ญาณ จากการวิเคราะห์และอธิบายการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีตจากหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ
- 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน จากการอธิบายการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาโดยมีหลักฐานสนับสนุน
- 3. ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม โดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน

- ผลการเรียนรู้
- อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
  - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
  - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ</li> <li>แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> <li>ความเห็นคุณค่าในวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลจากข่าวหรือกรณีศึกษาเกี่ยวกับธรณีพิบัติภัย ดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>การระเบิดของภูเขาไฟที่ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งส่งผลให้มีเถ้าภูเขาไฟอยู่ในบรรยากาศบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย นักเรียนเชื่อหรือไม่อย่างไร</li> <li>การเกิดแผ่นดินไหวทำให้แผ่นดินเคลื่อนที่ไปจากเดิม นักเรียนเชื่อข้อมูลดังกล่าวหรือไม่ อย่างไร</li> <li>คลื่นสึนามิทำให้สภาพชายฝั่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง นักเรียนเชื่อข้อมูลดังกล่าวหรือไม่ อย่างไร</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อศึกษาหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ เช่น สร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของแมกมากับความรุนแรงของการปะทุ ตำแหน่งของการเกิดภูเขาไฟระเบิดและแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับแผ่นธรณี (plate) เปรียบเทียบการหักไม้อัดกับการปลดปล่อยพลังงานขณะเกิดแผ่นดินไหว แบบจำลองการเกิดสึนามิ</li> <li>2.2 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิจากแหล่งข้อมูลที่ครูแนะนำ ตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ พร้อมแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายและแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเกิดธรณีพิบัติภัย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิด และผลที่เกิดขึ้น</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของแมกมากับ</li> </ol>

### การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### แนวทางการจัดการเรียนรู้

### แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

--

- ภูเขาไฟระเบิด
    - กระบวนการเกิด และผลที่เกิดขึ้น
    - องค์ประกอบของหินหนืดกับลักษณะการปะทุ และรูปร่างของภูเขาไฟ
    - พื้นที่เสี่ยงภัยและกรณีศึกษา
  - แผ่นดินไหว
    - สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลที่เกิดขึ้น
    - ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว
    - พื้นที่เสี่ยงภัยและกรณีศึกษา
  - สึนามิ
    - สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลที่เกิดขึ้น
    - ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของสึนามิ
    - พื้นที่เสี่ยงภัยและกรณีศึกษา
    - แนวทางและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย
3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2
  4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยรวบรวมข้อมูลการเกิดธรณีพิบัติภัยจากกรณีศึกษา ออกแบบ และสร้างแบบจำลองอธิบายกระบวนการเกิดธรณีพิบัติภัย อย่างน้อย 2 เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกัน พร้อมทั้งเสนอแนวทางการใช้เทคโนโลยีในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

ความรุนแรงของการปะทุ ตำแหน่งของภูเขาไฟระเบิดและแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับแผ่นธรณี การปลดปล่อยพลังงานขณะเกิดแผ่นดินไหว การเกิดสึนามิ

**ด้านจิตวิทยาศาสตร์**

1. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม
2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ และความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถาม และการอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

ผลการเรียนรู้ 8. ตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สมบัติบางประการของแร่</li> <li>2. วิธีการตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ที่กำหนด</li> <li>3. การเลือกใช้ประโยชน์ตามสมบัติของแร่</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง</li> <li>2. การยอมรับความเห็นต่าง</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการสำรวจฉลากแสดงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน เช่น ยาสีฟัน แป้งทาตัว เครื่องสำอาง โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการสำรวจฉลากผลิตภัณฑ์ มีแร่ใดบ้างที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์</li> <li>- เพราะเหตุใดเลือกใช้แร่ดังกล่าวในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ</li> </ul> </li> <li>2. ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 ปฏิบัติกิจกรรม โดยสังเกตลักษณะของตัวอย่างที่กำหนดเพื่อระบุว่าเป็นสิ่งใดคือแร่ และสิ่งใดไม่ใช่แร่ เช่น ควอตซ์กับแก้ว แคลไซต์กับโอปอล</li> <li>2.2 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- สมบัติทางกายภาพของแร่</li> <li>- วิธีการตรวจสอบ และระบุชนิดแร่</li> <li>- แหล่งแร่ในประเทศไทยและการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ทองคำ จังหวัดพิจิตรและเพชรบูรณ์ คอรันดัม (พลอย) จังหวัดจันทบุรี เคโอลีนไซต์ (ดินขาว) จังหวัดลำปาง ซิลิไซด์ (โพแทช) ภาคอีสาน แคลซิเทอไรต์ (ดีบุก) ภาคใต้</li> </ul> </li> <li>2.3 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและการทำปฏิกิริยาเคมีกับกรด เพื่อระบุชนิดแร่จากตัวอย่างแร่ที่กำหนดให้ พร้อมนำเสนอการเลือกใช้ประโยชน์ตามสมบัติของแร่จากสถานการณ์ที่กำหนด</li> </ol> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เรื่องตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติบางประการของแร่ วิธีการตรวจสอบ การระบุชนิดแร่ที่กำหนด และการเลือกใช้ประโยชน์ตามสมบัติของแร่ จากผลงาน และการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุป และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากผลการสังเกตแร่ตัวอย่าง</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จาก การตรวจสอบและระบุชนิดแร่</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล การนำเสนอผลงานและการตอบคำถาม</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถามโดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน</li> <li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่ที่เหมาะสมและยั่งยืน</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 9. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรหินที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเกิดของหินแต่ละประเภท และ วัฏจักรหิน</li> <li>ประเภทและชื่อหิน</li> <li>หินที่พบในประเทศไทยและการใช้ประโยชน์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การจำแนกประเภท</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง</li> <li>การยอมรับความเห็นต่าง</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยการสำรวจเครื่องใช้ และ/หรือสิ่งต่างๆ ที่ทำด้วยหิน โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>จากการสำรวจ มีสิ่งใดบ้างที่ทำมาจากหิน</li> <li>เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้หินดังกล่าว</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล ตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเกิดของหินแต่ละประเภท และวัฏจักรหิน</li> <li>ประเภทและชื่อหิน</li> </ul> </li> <li>ปฏิบัติกิจกรรมโดยสังเกตเนื้อหินเพื่อจำแนกประเภท และระบุชื่อหิน จากตัวอย่างหินที่กำหนดให้</li> <li>รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และนำเสนอการนำหินไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม</li> </ol> </li> <li>ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เรื่องตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>กระบวนการเกิดของหินแต่ละประเภท วัฏจักรหิน ประเภทและชื่อหิน แหล่งหินที่พบในประเทศไทย และการใช้ประโยชน์ จากผลงาน และการตอบคำถาม การร่วมอภิปรายเพื่อสรุป และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต จากผลการสังเกตตัวอย่างหิน</li> <li>การจำแนกประเภท จากผลการจำแนกประเภทและระบุชื่อของหิน</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรหินที่เหมาะสมและยั่งยืน</li> </ol>



- ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายกระบวนการเกิด และการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยา
11. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน พร้อมนำเสนอการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเกิด แหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและถ่านหิน</li> <li>การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินอย่างเหมาะสม</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยนำเสนอข้อมูลสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>แหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้แก่อะไรบ้าง</li> <li>แหล่งพลังงานที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยได้แก่อะไรบ้าง</li> <li>ถ้าเราใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะมีผลกระทบต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าอย่างไรบ้าง</li> <li>ถ้าเชื้อเพลิงดังกล่าวหมดไปจะมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตอย่างไรบ้าง</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมโดยเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับหินตะกอน ธรณีโครงสร้าง และการลำดับชั้นหิน</li> <li>สืบค้นข้อมูล และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปิโตรเลียมและถ่านหินตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเกิด และแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและถ่านหิน</li> <li>การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปิโตรเลียม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม และถ่านหิน อย่างยั่งยืน</li> <li>ผลกระทบจากการนำทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินมาใช้ประโยชน์ และตัวอย่างวิธีการลดผลกระทบดังกล่าว</li> </ul> </li> <li>นำความรู้จากข้อ 2.2 มาสร้างแบบจำลองอธิบายกระบวนการเกิด และแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและถ่านหิน นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังกล่าว</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>กระบวนการเกิด แหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและถ่านหิน การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินอย่างเหมาะสม จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการทำนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและการตอบคำถามในแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายและลงข้อสรุป จากการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองอธิบายกระบวนการเกิด และแหล่งของปิโตรเลียมและถ่านหิน</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการสร้างแบบจำลองกระบวนการเกิด และแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและถ่านหิน</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>2.4 วิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เกี่ยวกับการใช้ปิโตรเลียมและถ่านหิน ร่วมกันอภิปรายและนำเสนอแนะแนวปฏิบัติในการใช้ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินอย่างยั่งยืน</p> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เรื่องตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</p>	<p>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินที่เหมาะสมและยั่งยืน</p>

ผลการเรียนรู้ 12. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ที่กำหนด พร้อมอธิบายและยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>องค์ประกอบและการแปลความหมายแผนที่ภูมิประเทศ</li> <li>องค์ประกอบและการแปลความหมายแผนที่ธรณีวิทยา</li> <li>การใช้ประโยชน์จากแผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยา</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> <li>คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่สอดคล้องกับลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ เช่น การก่อสร้างถนน การหาพื้นที่ฝังกลบขยะของเมือง การปลูกสร้างอาคาร เพื่อกระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับประโยชน์ของแผนที่ โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง                     <ul style="list-style-type: none"> <li>ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์ดังกล่าวได้แก่เรื่องใด และเกิดจากสาเหตุใด</li> <li>วิศวกรควรศึกษาข้อมูลของพื้นที่จากแหล่งใด เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าว</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>สำรวจ และสืบค้นข้อมูลองค์ประกอบของแผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยา เช่น ระบาย มาตราส่วน และสัญลักษณ์อื่น ๆ จากแผนที่ตัวอย่าง และจัดกระทำข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ และอธิบายองค์ประกอบที่พบในแผนที่ทั้งสองประเภท</li> <li>สำรวจสัญลักษณ์และคำอธิบายจากแผนที่ธรณีวิทยา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์และคำอธิบายข้อมูลทางธรณีวิทยา และจัดกระทำข้อมูลเพื่ออธิบายสัญลักษณ์และข้อมูลที่แสดงในแผนที่ธรณีวิทยา</li> <li>สำรวจสัญลักษณ์และคำอธิบายในแผนที่ธรณีวิทยา แปลความหมายสัญลักษณ์ เพื่อระบุข้อมูลทางธรณีวิทยาที่พบ และสืบค้นข้อมูลเพื่อยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์</li> <li>ออกแบบและสร้างแบบจำลองภูมิประเทศ และสร้างเส้นชั้นความสูงของแบบจำลองภูมิประเทศดังกล่าว</li> <li>สร้างภาคตัดขวางภูมิประเทศของเส้นชั้นความสูงที่กำหนด และแสดงลักษณะภูมิประเทศจากภาคตัดขวางที่สร้างขึ้น พร้อมนำเสนอการนำความรู้เรื่องเส้นชั้นความสูงและภาคตัดขวางภูมิประเทศ</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>องค์ประกอบและการแปลความหมายแผนที่ภูมิประเทศ องค์ประกอบและการแปลความหมายแผนที่ธรณีวิทยา และการใช้ประโยชน์จากแผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยา จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุป และการตอบคำถามในแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ จากอธิบายความสัมพันธ์ของจำลองภูมิประเทศ เส้นชั้นความสูง และภาคตัดขวางภูมิประเทศ</li> <li>การตีความหมายและลงข้อสรุป จากการแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา</li> <li>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการนำเสนอผลการเปรียบเทียบขององค์ประกอบแผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่ภูมิประเทศ และและการสรุปข้อมูลทางธรณีวิทยาและสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกัน</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองภูมิประเทศและ เส้นชั้นความสูง</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลอง ภูมิประเทศและ เส้นชั้นความสูง</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>ไปใช้ประโยชน์</p> <p>2.6 วิเคราะห์และวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ตามสถานการณ์ที่กำหนด เช่น การสำรวจแหล่งทรัพยากรธรณี โดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา นำเสนอและร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังกล่าว</p> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เรื่องตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</p>	<p>7. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li><li>2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ โดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา</li></ol>





โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

- ผลการเรียนรู้
1. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันและผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก
  2. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ</li> <li>2. กระบวนการที่ก่อให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อกระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ต่อปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- อุณหภูมิอากาศแต่ละบริเวณบนผิวโลกแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร</li> <li>- เพราะเหตุใดบริเวณต่างๆ บนผิวโลกจึงมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน</li> <li>- การที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ทุกวันอย่างต่อเนื่องจะทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร</li> </ul> </li> <li>2. ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้แต่ละบริเวณบนโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และผลของปัจจัยเหล่านั้นที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ ในประเด็นดังต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ละติจูดและการเอียงของแกนโลก</li> <li>- ลักษณะพื้นผิว</li> <li>- แก๊สเรือนกระจก</li> <li>- ชนิดของเมฆและละอองลอย</li> </ul> </li> <li>2.2 ศึกษาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของโลก โดยใช้กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่วงก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรมย้อนหลังไปหนึ่งพันปี แล้วให้</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ การปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ และกระบวนการที่ก่อให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก จากการนำเสนอผลการงานการอภิปราย การแสดงความคิดเห็นและการตอบคำถามในแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอธิบายความหมายกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่วงก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรมย้อนหลังไปหนึ่งพันปี</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ในช่วงเวลาที่พิจารณาข้างต้น โลกมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศค่อนข้างคงที่ โดยใช้คำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เมื่อเวลาเปลี่ยนไป โลกมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศหรือไม่ อย่างไร</li> </ul> <p>2.3 สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ในประเด็นต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- กระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานเหล่านี้กลับสู่อวกาศ (กระบวนการสะท้อน ดูดกลืน และแผ่รังสี)</li> <li>- สัดส่วนของการรับและปลดปล่อยพลังงานในแต่ละกระบวนการ</li> </ul> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรม</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองปัจจัยที่ทำให้แต่ละบริเวณบนโลกมีการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานเหล่านี้กลับสู่อวกาศแตกต่างกัน</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>5. ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการสร้างแบบจำลอง</li> <li>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็น จากการร่วมอภิปราย การตั้งคำถาม และการตอบคำถาม</p>



- ผลการเรียนรู้
- อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ
  - อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหมุนเวียนของอากาศและแรงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</li> <li>ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของอากาศกับสภาพภูมิอากาศตามเขตละติจูด</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b>  <b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้สถานการณ์หรือเหตุการณ์ตัวอย่างการหมุนเวียนของอากาศที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต เช่น การค้นพบทวีปอเมริกาจากการเดินเรือของคริสโตเฟอร์ โคลัมบัส ถ้าภูเขาไฟจากไอซ์แลนด์ที่พัดไปทั่วยุโรป การเดินเรือสำเภาค้าขายระหว่างไทย-จีน การพัดพาควันไฟจากการเผาป่าของประเทศอินโดนีเซียมายังตอนใต้ของประเทศไทย แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามตัวอย่างดังต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>ลมดังกล่าวมีทิศทางเคลื่อนที่เป็นอย่างไรและเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น</li> <li>ลมดังกล่าวพัดในทิศทางเดิมสม่ำเสมอหรือไม่</li> <li>ลมในแต่ละบริเวณบนโลกมีทิศทางเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันทั้งหมดหรือไม่อย่างไร</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความกดอากาศกับทิศทาง และอัตราเร็วลม</li> <li>สร้างแบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศแบบแฮดลีย์ โดยเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากกิจกรรมในข้อ 2.1 และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมในประเด็นต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>แรงที่มีผลต่อการหมุนเวียนของอากาศแบบแฮดลีย์</li> <li>ข้อตกลงเบื้องต้นของแบบจำลอง</li> <li>รูปแบบและทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศตามแบบจำลอง</li> </ul> </li> <li>สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลของแรงคอริออลิสที่มีต่อทิศทางลมในแต่ละซีกโลก</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การหมุนเวียนของอากาศและแรงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของอากาศกับภูมิอากาศตามเขตละติจูด จากผลการสืบค้น และนำเสนอผลงาน การอภิปราย และการแสดงความคิดเห็น และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความกดอากาศกับการเคลื่อนที่และการแทนที่ของมวลอากาศ</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล จากกิจกรรมวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศ และทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในแต่ละเขตละติจูด เพื่อสร้างแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศของโลก</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายผลของแรงต่าง ๆ และแบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศ</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>2.4 เชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมในข้อ 2.1 - 2.3 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศ และทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในแต่ละเขตละติจูด เพื่อสร้างแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศของโลกและนำเสนอ พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันในประเด็นต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด</li> <li>- ผลของแรงต่าง ๆ ที่มีต่อรูปแบบและทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในแต่ละเขตละติจูด</li> <li>- ผลของการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูดที่มีต่อภูมิอากาศ</li> </ul> <p>2.5 สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และร่วมกันอภิปรายผลของแรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อทิศทางและอัตราเร็วลม พร้อมยกตัวอย่างปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้องกับแรงดังกล่าว เช่น</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- แรงสู่ศูนย์กลางส่งผลต่อการหมุนและอัตราเร็วลมรอบศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อน</li> <li>- แรงเสียดทานส่งผลต่อความเร็วลม เช่น พายุขึ้นฝั่งจะมีแรงเสียดทานมากกว่าในทะเล ทำให้ความเร็วของพายุลดลง</li> </ul> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</p>	<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย การตั้งคำถาม และการตอบคำถาม</p>

- ผลการเรียนรู้
- อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร
  - อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร
  - อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร</li> <li>การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร</li> <li>ผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การตีความหมายและลงข้อสรุป</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>ความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้วีดิทัศน์ ภาพ ข่าวหรือเหตุการณ์เกี่ยวกับการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร เช่น ขยะและคราบน้ำมันที่ไหลไปตามกระแสในมหาสมุทร และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>เพราะเหตุใดวัตถุเหล่านี้จึงสามารถเคลื่อนที่ไปยังบริเวณต่าง ๆ ในมหาสมุทรได้</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร ในประเด็นต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>การแบ่งชั้นน้ำและสมบัติของน้ำแต่ละชั้นในมหาสมุทร</li> </ul> </li> <li>สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลอง นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการหมุนเวียนกระแส น้ำผิวหน้า และการหมุนเวียนกระแส น้ำลึก ในประเด็นต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ลักษณะการหมุนเวียนของกระแส น้ำผิวหน้าและกระแส น้ำลึก</li> <li>ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการหมุนเวียนของกระแส น้ำผิวหน้าและกระแส น้ำลึก</li> <li>ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของกระแส น้ำผิวหน้าและกระแส น้ำลึก</li> </ul> </li> <li>วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน และร่วมกันอภิปรายผลจากกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นต่อภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม</li> <li>สืบค้นข้อมูล สร้างแบบจำลองอธิบายการเกิดน้ำมูต น้ำจมน้ำ และร่วมกันอภิปรายตามประเด็นต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำมูต น้ำจมน้ำ</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร ผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม จากการนำเสนอผลการสืบค้นและการสร้างแบบจำลอง การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามในแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต จากการวาดภาพหรือการบรรยายลักษณะการหมุนเวียนของน้ำที่สังเกตได้จากแบบจำลอง</li> <li>การตีความหมายและลงข้อสรุป จากการอธิบายการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรจากแบบจำลอง</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

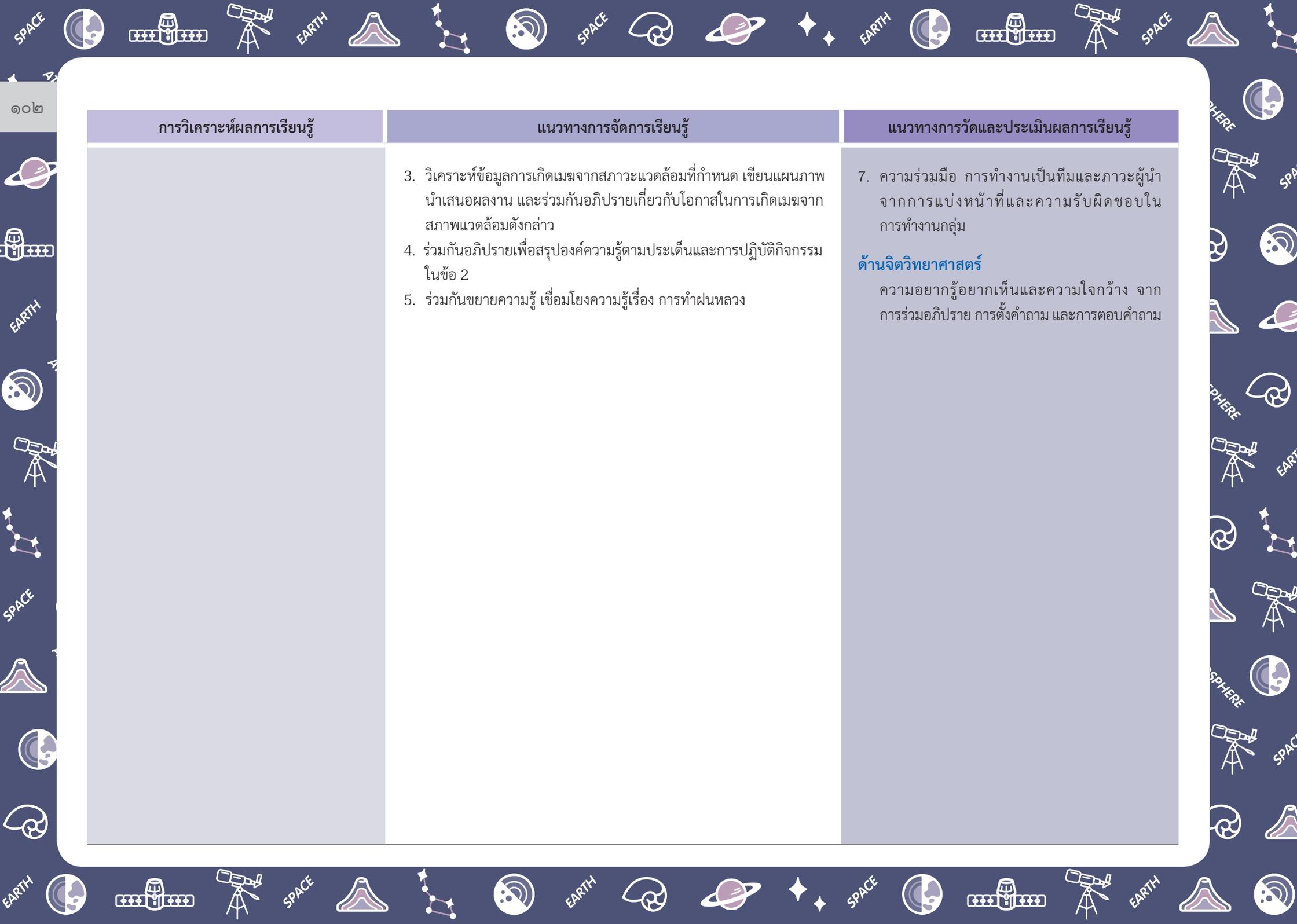
- ผลของน้ำพุต น้ำจืดต่อการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
- 2.5 สืบค้นข้อมูล และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดและผลของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่มีต่อลักษณะอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
- 3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เรื่องตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จาก การร่วมอภิปราย การตั้งคำถาม และการตอบคำถาม
2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการตั้งคำถาม การทำกิจกรรม การยกตัวอย่าง และการร่วมอภิปราย ถึงผลของการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

- ผลการเรียนรู้ 8. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ
9. อธิบายการเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่างๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง

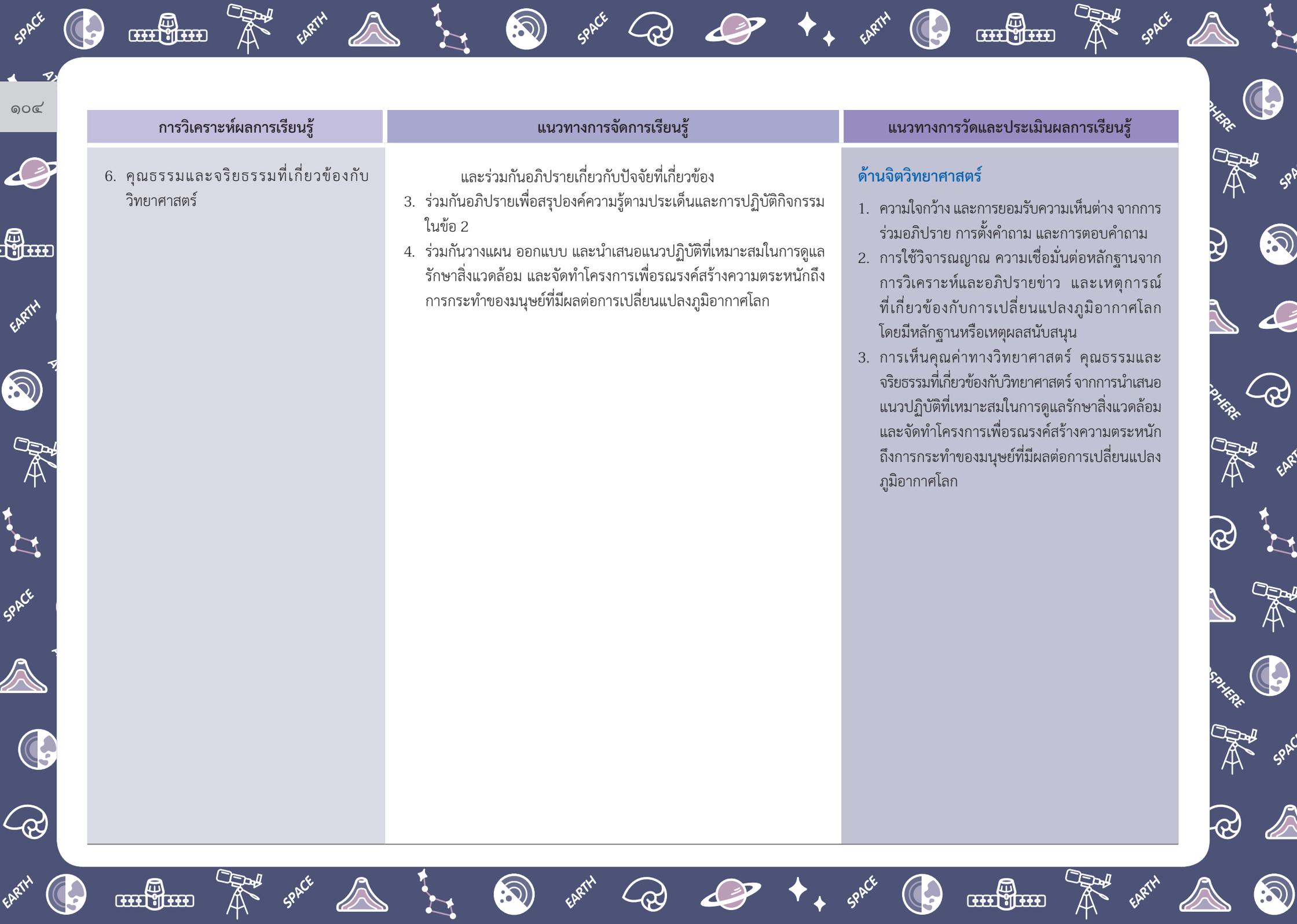
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยกตัวของอากาศ</li> <li>การเกิดเมฆและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมฆ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การสร้างสรรค์ และนวัตกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยปฏิบัติตั้งตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>สังเกตเมฆบนท้องฟ้าและร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามตั้งตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>เมฆที่สังเกตเห็นมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร</li> <li>นักเรียนสามารถคาดคะเนลักษณะลมฟ้าอากาศจากเมฆได้หรือไม่ อย่างไร</li> </ul> </li> <li>ร่วมอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการควบแน่น และการเกิดเมฆ โดยใช้คำถามตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง</li> <li>เมฆเกิดขึ้นได้อย่างไร</li> </ul> </li> </ol> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม เพื่อศึกษากระบวนการและปัจจัยสำคัญของการเกิดเมฆ โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>ทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ</li> <li>วิเคราะห์ข้อมูล และเขียนแผนภาพเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของก้อนอากาศ (air parcel) และอากาศโดยรอบที่ระดับความสูงต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพของอากาศและการเกิดเมฆ</li> <li>สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับความร้อนเหนือพื้นผิว ความลาดชันของพื้นที่ แนวพัดสอบของลม และสร้างแบบจำลองแนวปะทะอากาศ เพื่ออธิบายกลไกของการยกตัวของอากาศ</li> <li>สืบค้นข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแนวปะทะอากาศแบบต่างๆ กับการเกิดเมฆและลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยกตัวของอากาศ การเกิดเมฆ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมฆ จากผลงาน และการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการสร้างแบบจำลองประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาโอกาสในการเกิดเมฆ</li> <li>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จาก การสร้างแบบจำลองหรือเขียนแผนภาพเพื่อแสดงโอกาสในการเกิดเมฆ</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จาก การอธิบายการเกิดเมฆในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด</li> <li>การสร้างแบบจำลอง จาก การสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายเสถียรภาพอากาศ และแนวปะทะอากาศ</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การสร้างสรรค์ และนวัตกรรม จาก การเขียนแผนภาพ แสดงการเกิดเมฆในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด และ นำเสนอแนวคิดในการทำฝนหลวง</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. วิเคราะห์ข้อมูลการเกิดเมฆจากสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เขียนแผนภาพนำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโอกาสในการเกิดเมฆจากสภาพแวดล้อมดังกล่าว</li> <li>4. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> <li>5. ร่วมกันขยายความรู้ เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การทำฝนหลวง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>ความอยากรู้อยากเห็นและความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย การตั้งคำถาม และการตอบคำถาม</p>

- ผลการเรียนรู้
- อธิบายปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน
  - วิเคราะห์ และอภิปรายเหตุการณ์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และนำเสนอแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> <li>สมดุลพลังงานของโลกกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> <li>แนวปฏิบัติในการลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> <li>ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>ความใจกว้าง</li> <li>การยอมรับความเห็นต่าง</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้เหตุการณ์ สถานการณ์ หรือข่าว เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม ไฟป่า การละลายน้ำแข็งขั้วโลก แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม เป็นผลมาจากสาเหตุใดบ้าง</li> <li>ภาวะโลกร้อนเกิดขึ้นจากสาเหตุใด และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยมีประเด็นสำคัญดังนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ลักษณะการโคจรและการหมุนของโลก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความรีของวงโคจรโลกรอบดวงอาทิตย์ การหมุนควงของแกนหมุนของโลก และการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของแกนหมุนของโลก</li> <li>ชนิดและปริมาณของแก๊สเรือนกระจก ละอองลอย และเมฆ</li> <li>ลักษณะการเปลี่ยนแปลงพื้นผิว</li> </ul> </li> <li>เชื่อมโยงความรู้เรื่องสมดุลพลังงานของโลกกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยใช้ประเด็นคำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ขณะที่อุณหภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง กระบวนการรับและปลดปล่อยพลังงานของโลกยังคงสมดุลกันหรือไม่ อย่างไร</li> </ul> </li> <li>ยกตัวอย่างข่าว เหตุการณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก เช่น การละลายของธารน้ำแข็งที่ส่งผลให้น้ำทะเลมีระดับความสูงเพิ่มขึ้น จากนั้นนำเสนอผลงาน</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก สมดุลพลังงานของโลกกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติในการลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุป และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการแปลความหมายสัญลักษณ์และระบุลักษณะลมฟ้าอากาศ</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล จากการวิเคราะห์ข่าว และเหตุการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการวิเคราะห์และอภิปรายข่าว และเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p>6. คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</p>	<p>และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> <li>4. ร่วมกันวางแผน ออกแบบ และนำเสนอแนวปฏิบัติที่เหมาะสมในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม และจัดทำโครงการเพื่อรณรงค์สร้างความตระหนักถึงการกระทำของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> </ol>	<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่าง จากการร่วมอภิปราย การตั้งคำถาม และการตอบคำถาม</li> <li>2. การใช้วิจารณ์ญาณ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานจากการวิเคราะห์และอภิปรายข่าว และเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก โดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากการนำเสนอแนวปฏิบัติที่เหมาะสมในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม และจัดทำโครงการเพื่อรณรงค์สร้างความตระหนักถึงการกระทำของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</li> </ol>

- ผลการเรียนรู้ 12. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ
13. วิเคราะห์ และคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ เพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพ และการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>สัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศของแบบแสดงข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้น และการแปลความหมาย</li> <li>แผนที่อากาศผิวพื้น และการแปลความหมาย</li> <li>ข้อมูลสารสนเทศต่างๆ และการแปลความหมาย</li> <li>การเชื่อมโยงข้อมูลแผนที่อากาศผิวพื้น ข้อมูลสารสนเทศอื่นๆ กับการคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>การพยากรณ์</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้เหตุการณ์ สถานการณ์ หรือข่าว และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศประจำวัน โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>ลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีผลต่อการดำเนินชีวิตหรือการประกอบอาชีพหรือไม่ อย่างไร</li> <li>การพยากรณ์อากาศบอกลักษณะอากาศในเรื่องใดบ้าง</li> </ul> </li> <li>ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศจากแผนที่อากาศผิวพื้น โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแผนที่อากาศผิวพื้น ตามประเด็นดังตัวอย่างต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>ความหมายของสัญลักษณ์ของแบบแสดงข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้น</li> <li>ความหมายของสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญบนแผนที่อากาศผิวพื้น</li> </ul> </li> <li>แปลความหมายจากแผนที่อากาศผิวพื้น เพื่ออธิบายลักษณะลมฟ้าอากาศ</li> </ol> </li> <li>สืบค้นข้อมูล แปลความหมายข้อมูลสารสนเทศอื่นๆ เช่น แผนที่ลมภาพเรดาร์ ภาพถ่ายจากดาวเทียม</li> <li>รวบรวมข้อมูลสารสนเทศต่างๆ เพื่อแปลความหมายข้อมูลและคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น พร้อมนำเสนอผลงาน</li> <li>ปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากการพยากรณ์อากาศเพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับลมฟ้าอากาศ เช่น แสดงบทบาทสมมติเป็นผู้ประกอบอาชีพต่างๆ ออกแบบและวางแผนการใช้ข้อมูลการพยากรณ์อากาศในสถานการณ์ที่กำหนด</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศและการแปลความหมายแผนที่อากาศผิวพื้น และการแปลความหมายข้อมูลสารสนเทศต่างๆ การเชื่อมโยงแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศกับการคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากผลงานจากการนำเสนอ การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการวิเคราะห์สารสนเทศเพื่อติดตามและพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศ</li> <li>การพยากรณ์ จากการคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศโดยใช้ข้อมูลสารสนเทศต่างๆ</li> <li>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการแปลความหมายสัญลักษณ์และระบุลักษณะลมฟ้าอากาศ</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถามจากการแปลความหมายจากแผนที่อากาศผิวพื้น</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>3. ความใจกว้าง</li> <li>4. การยอมรับความเห็นต่าง</li> <li>5. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> <li>6. ความเชื่อและค่านิยมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2 – 5</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การยอมรับความเห็นต่างและใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย การตั้งคำถามและการตอบคำถามโดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานจากการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น</li> <li>3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ ความเชื่อและค่านิยมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากการวางแผนการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับลักษณะลมฟ้าอากาศ</li> </ol>





โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

### สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ผลการเรียนรู้
1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
  2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซีรวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การกำเนิดเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง</li> <li>2. วิวัฒนาการของเอกภพ</li> <li>3. หลักฐานสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>2. การตีความหมายและลงข้อสรุป</li> <li>3. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยเลือกใช้ตัวอย่างดังต่อไปนี้                         <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 บรรยายหรือวาดรูป โดยเริ่มจากตัวเองขยายจนถึงขอบเขตเอกภพตามจินตนาการของตนเอง แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ และตำแหน่งของเราในเอกภพ</li> <li>1.2 ร่วมกันตั้งคำถาม และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่รู้แล้ว หรือสิ่งที่นักเรียนอยากรู้เกี่ยวกับเอกภพ</li> </ol> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังต่อไปนี้                         <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง โดยมีประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้                                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- การเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร (อนุภาค) ขนาด และอุณหภูมิของเอกภพ หลังการเกิดบิกแบงจนถึงปัจจุบัน</li> </ul> </li> <li>2.2 ปฏิบัติกิจกรรม เพื่อศึกษาเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงดังนี้</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การกำเนิดเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง วิวัฒนาการของเอกภพ และหลักฐานสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทางของกาแล็กซี</li> <li>2. การตีความหมายและลงข้อสรุป จากผลการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทางของกาแล็กซี</li> </ol>

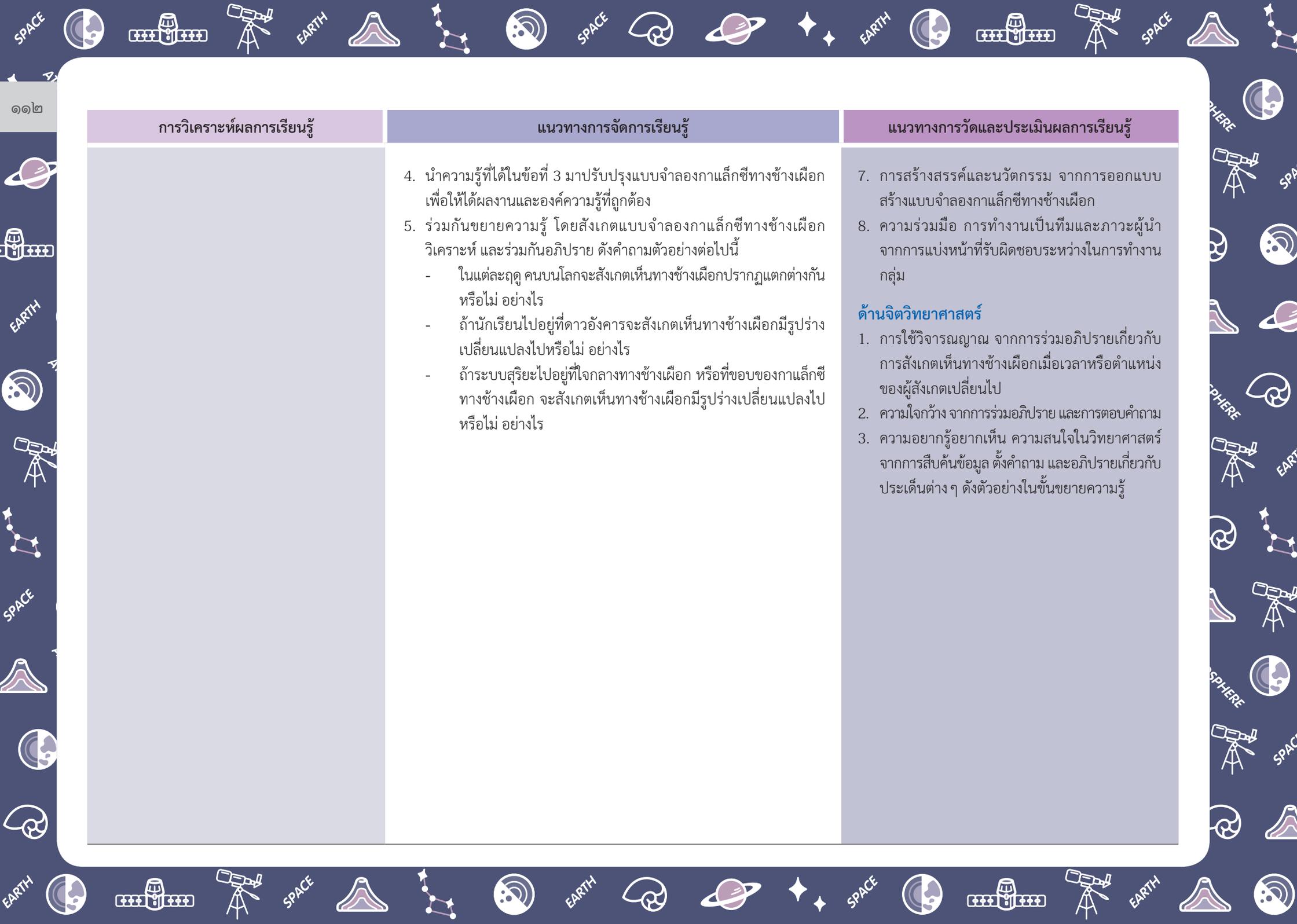


การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 การขยายตัวของเอกภพ             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายการขยายตัวของเอกภพ</li> <li>- สืบค้นข้อมูลความเร็วและระยะทางของกาแล็กซี และเขียนกราฟพร้อมอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าว</li> </ul> </li> <li>2.2.2 การค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ             <ul style="list-style-type: none"> <li>- สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ในประเด็นสำคัญต่อไปนี้ การค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่พบในปัจจุบัน ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของเอกภพกับความถี่ของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศตามทฤษฎีบิกแบง</li> </ul> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> <li>4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยปฏิบัติต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงการเครื่องเร่งอนุภาค (เซิร์น) เพื่อศึกษาการจำลองการเกิดอนุภาคตามทฤษฎีบิกแบง</li> <li>4.2 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบปรากฏการณ์หรือวัตถุใหม่ๆ ในเอกภพ เช่น คลื่นความโน้มถ่วง (โครงการ LIGO) สสารมืดและพลังงานมืด</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากการนำเสนอให้เห็นการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่างๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทางของกาแล็กซีจากกราฟเพื่ออธิบายการขยายตัวของเอกภพ</li> <li>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน จากการอธิบายหลักฐานที่สนับสนุนการขยายตัวของเอกภพ</li> <li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถาม และการอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้</li> </ol>



ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะพร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>องค์ประกอบและโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้สังเกตวีดิทัศน์ หรือภาพกาแล็กซีต่าง ๆ แล้วร่วมกันอภิปราย โดยเลือกใช้คำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- กาแล็กซีที่สังเกตได้มีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง</li> <li>- นักเรียนสามารถเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร</li> </ul> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังต่อไปนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูล และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเภทของกาแล็กซี โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถจำแนกประเภทของกาแล็กซีได้อย่างไรบ้าง และใช้สิ่งใดเป็นเกณฑ์ในการจำแนก</li> <li>- โลกของเราอยู่ในกาแล็กซีใด กาแล็กซีนั้นมีลักษณะอย่างไร</li> </ul> </li> <li>2.2 สังเกตทางช้างเผือกบนท้องฟ้าจริงหรือแผนที่ดาว และสังเกตกาแล็กซีทางช้างเผือกจากโปรแกรมด้านดาราศาสตร์ รวมทั้งสืบค้นภาพกาแล็กซีทางช้างเผือกที่เกิดจากการนำภาพถ่ายทางช้างเผือกและดาวฤกษ์จากทุกทิศทางมาเชื่อมต่อกันบนทรงกลมฟ้า ที่มีทางช้างเผือกเป็นเส้นวงกลมใหญ่แบ่งครึ่งทรงกลมนี้ เพื่อศึกษาตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- รูปร่าง โครงสร้าง ขนาดของกาแล็กซีทางช้างเผือก และตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก</li> </ul> </li> <li>2.3 นำความรู้ที่ได้จากข้อ 2.2 มาออกแบบและสร้างแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก พร้อมระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ จากนั้นนำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก</li> </ol> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>องค์ประกอบและโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอ ผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากการสังเกตทางช้างเผือกและกาแล็กซีทางช้างเผือกจากท้องฟ้าจริง โปรแกรมด้านดาราศาสตร์ และแบบจำลองเพื่ออธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ จากแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก</li> <li>4. คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสารสนเทศ จากการใช้โปรแกรมด้านดาราศาสตร์</li> <li>5. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>6. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกเมื่อเวลาหรือตำแหน่งของผู้สังเกตเปลี่ยนไป</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>4. นำความรู้ที่ได้ในข้อที่ 3 มาปรับปรุงแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก เพื่อให้ได้ผลงานและองค์ความรู้ที่ถูกต้อง</p> <p>5. ร่วมกันขยายความรู้ โดยสังเกตแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก วิเคราะห์ และร่วมกันอภิปราย ตั้งคำถามตัวอย่างต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ในแต่ละฤดู คนบนโลกจะสังเกตเห็นทางช้างเผือกปรากฏแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร</li> <li>- ถ้านักเรียนไปอยู่ที่ดาวอังคารจะสังเกตเห็นทางช้างเผือกมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร</li> <li>- ถ้าระบบสุริยะไปอยู่ที่ใจกลางทางช้างเผือก หรือที่ขอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก จะสังเกตเห็นทางช้างเผือกมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร</li> </ul>	<p>7. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบสร้างแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก</p> <p>8. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบระหว่างในการทำงานกลุ่ม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกเมื่อเวลาหรือตำแหน่งของผู้สังเกตเปลี่ยนไป</li> <li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล ตั้งคำถาม และอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้</li> </ol>

- ผลการเรียนรู้
- อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
  - อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาหลูทโซโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจนออกซิเจน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเกิดดาวฤกษ์</li> <li>กระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> <li>การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับดาวฤกษ์ โดยเลือกใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>ดาวที่สังเกตเห็นบนท้องฟ้าส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์หรือดาวเคราะห์</li> <li>นักเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับดาวฤกษ์</li> <li>ดาวฤกษ์มีแสงสว่างในตัวเองได้อย่างไร</li> </ul> </li> <li>ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสืบค้นข้อมูลเพื่อศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>แหล่งกำเนิดดาวฤกษ์</li> <li>ความหมายของดาวฤกษ์ก่อนเกิด</li> <li>การเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาดของเนบิวลา จนเป็นดาวฤกษ์</li> <li>สภาวะสมดุลอุทกสถิตของดาวฤกษ์</li> <li>กระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ด้วยการเปลี่ยนมวลเป็นพลังงาน โดยมีปฏิกิริยาสำคัญ ได้แก่ ปฏิกิริยาหลูทโซโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ ดังประเด็นในข้อ 2</li> <li>ร่วมกันขยายความรู้ โดยสืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>เหตุการณ์ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ เช่น โครงการ ITER ซึ่งเป็นการจำลองปฏิกิริยาหลูทโซโปรตอน-โปรตอนที่เกิดขึ้นในดาวฤกษ์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วร่วมกันอภิปรายว่ามนุษย์จะสามารถเลียนแบบการสร้างพลังงาน</li> </ul> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปและแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นการเปลี่ยนแปลง ความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากเนบิวลาเป็นดาวฤกษ์</li> <li>การใช้จำนวน จากการคำนวณพลังงานที่ได้รับต่อหนึ่งปฏิกิริยาของปฏิกิริยาหลูทโซโปรตอน-โปรตอน</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จาก การร่วมอภิปรายความเป็นไปได้ของข่าวหรือเหตุการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับการเลียนแบบการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์เพื่อนำมาใช้บนโลก และผลที่อาจมีต่อโลก</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>ของดาวฤกษ์เพื่อนำมาใช้บนโลกได้หรือไม่ และการสร้างพลังงานดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไรบ้าง</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- การคำนวณพลังงานที่ได้รับต่อหนึ่งปฏิกิริยาของปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน</li></ul>	<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการร่วมอภิปรายความเป็นไปได้ของข่าวหรือเหตุการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับการเลียนแบบการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์เพื่อนำมาใช้บนโลก และผลที่อาจมีต่อโลก</li><li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li><li>3. ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล ตั้งคำถามและร่วมอภิปรายในชั้นขยายความรู้</li></ol>



- ผลการเรียนรู้
6. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
  7. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
  8. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์
  9. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพแฮร์ซปรุง-รัสเซลล์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สมบัติของดาวฤกษ์</li> <li>2. วิวัฒนาการของดาวฤกษ์</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>3. การใช้จำนวน</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> <li>5. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยร่วมกันอภิปราย ดังคำถามตัวอย่างต่อไปนี้                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนรู้จักดาวฤกษ์ใดบ้าง</li> <li>- ดาวฤกษ์ต่างๆ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร</li> <li>- ดาวฤกษ์ที่ใกล้ตัวเรามากที่สุดคือดาวฤกษ์ใด และในอนาคต ดาวฤกษ์ดังกล่าวจะยังคงเป็นเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร</li> </ul> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม พร้อมนำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ดังตัวอย่างต่อไปนี้                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สังเกตปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์โดยใช้แบบจำลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์</li> <li>2.2 สืบค้นข้อมูลโชติมาตรสัมพันธ์กับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ แล้วนำมาเขียนลงบนเส้นจำนวน เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของค่าทั้งสอง</li> <li>2.3 สืบค้นข้อมูล และเปรียบเทียบสีของเปลวไฟกับอุณหภูมิ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี ดัชนีสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์</li> <li>2.4 ศึกษาการหาระยะทางของวัตถุจากหลักการพารัลแลกซ์โดยใช้แบบจำลอง และร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงกับการหาระยะทาง</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>สมบัติของดาวฤกษ์ และวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอ ผลงานการร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกตสมบัติของดาวฤกษ์ จากภาพท้องฟ้าจริง หรือโปรแกรมด้านดาราศาสตร์ และแผนภาพแฮร์ซปรุง-รัสเซลล์</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นความสัมพันธ์ของความส่องสว่าง ระยะทาง กับโชติมาตรของดาวฤกษ์ รวมทั้งวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น</li> <li>3. การใช้จำนวน จากการคำนวณระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จาก การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>ของดาวฤกษ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์ที่กำหนดจากมุมพารัลแลกซ์ของดาว</p> <p>2.5 สืบค้นข้อมูล และร่วมอภิปรายเกี่ยวกับลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ โดยมีประเด็นสำคัญ คือ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงตามวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น</li> <li>- ความสัมพันธ์ของมวล อายุขัย วิวัฒนาการและจุดจบของดาวฤกษ์</li> </ul> <p>2.6 สืบค้นข้อมูลโชติมาตรสัมบูรณ์ และดัชนีสี (B-V) ของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ เช่น ดวาร์ฟยักษ์น้ำเงิน ดวาร์ฟยักษ์แดง ดาวแคระขาว ดาวในแถบลำดับหลัก และเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์ และดัชนีสี (B-V)</p> <p>2.7 สืบค้นข้อมูลแผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์ วิเคราะห์ และอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลในแผนภาพ</li> <li>- ความสัมพันธ์ระหว่างดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการกับตำแหน่งในแผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์</li> <li>- ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับวิวัฒนาการกับสมบัติบางประการของดาวฤกษ์</li> </ul> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</p> <p>4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล หรือปฏิบัติกิจกรรมดังตัวอย่างต่อไปนี้</p> <p>4.1 ตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล ข่าว บทความ หรืองานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องสมบัติและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และร่วมกันอภิปราย ดังตัวอย่างคำถามต่อไปนี้</p>	<p>5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น</p> <p>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับการอธิบายสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น</li> <li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในขั้นขยายความรู้</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นักดาราศาสตร์ทราบวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้อย่างไร</li> <li>- มีระบบดาวฤกษ์อื่นที่คล้ายระบบสุริยะหรือไม่ อย่างไร</li> <li>- ในอนาคตดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และจะส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไร</li> <li>- มีดาวฤกษ์ที่มีคนไทยค้นพบหรือไม่ และมีสมบัติอย่างไร</li> <li>- มนุษย์ใช้ประโยชน์จากดาวฤกษ์ในด้านใดได้บ้าง</li> </ul> <p>4.2 สืบค้นข้อมูล และปฏิบัติกิจกรรมการนำหลักการแปรสลับไปใช้ในการหาระยะทางอื่น ๆ เช่น รัศมีของโลกระยะทางระหว่างโลกกับดวงจันทร์ ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ความสูงของวัตถุ เช่น ตึก ภูเขา</p>	



ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต

11. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเกิดระบบสุริยะ</li> <li>2. การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์</li> <li>3. การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ตามกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน และกฎเคปเลอร์</li> <li>4. ลักษณะดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตและดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์หรือโปรแกรมด้านดาราศาสตร์ที่แสดงองค์ประกอบของระบบสุริยะ เพื่อทบทวนความรู้เดิม แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบบสุริยะมีองค์ประกอบใดบ้าง และมีขอบเขตสิ้นสุด ณ บริเวณใด</li> <li>- องค์ประกอบต่าง ๆ อยู่รวมกันเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ได้อย่างไร</li> <li>- องค์ประกอบของระบบสุริยะเกิดขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกันหรือไม่</li> </ul> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติกิจกรรมดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นดังตัวอย่างต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- การเกิดระบบสุริยะ โดยมีประเด็นสำคัญ คือ แหล่งกำเนิดและธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแหล่งกำเนิด ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเกิดกับการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์</li> <li>- การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ตามกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน</li> </ul> </li> <li>2.2 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต และการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีลักษณะคล้ายโลก พร้อมยกตัวอย่างประกอบ</li> </ol> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> <li>4. ร่วมกันขยายความรู้ โดยตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล หรือปฏิบัติกิจกรรมดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 สืบค้นข้อมูล ข่าว หรืองานวิจัยต่าง ๆ และร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้</li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>การเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ตามกฎความโน้มถ่วงของนิวตันและกฎเคปเลอร์ และดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการเกิดดวงอาทิตย์และบริวารของดวงอาทิตย์ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากการร่วมอภิปรายข้อมูล หรือข่าวเกี่ยวกับผลจากวัตถุอื่นในระบบสุริยะที่มีต่อโลกหรือการดำรงชีวิต และความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์อื่น ๆ</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้าอัตราเร็วในการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไร</li> <li>- โลกจะมีโอกาสสูญพันธุ์ที่เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบสุริยะชนหรือไม่ อย่างไร</li> <li>- มีดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มนุษย์จะไปอาศัยอยู่ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด</li> </ul> <p>4.2 สังเกต และอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งของดาวเคราะห์ ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ เทียบกับกลุ่มดาวจักรราศีในรอบ 1 คาบซินอดิก โดยใช้โปรแกรมท้องฟ้าจำลอง และร่วมกันเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งของดาวเหล่านี้</p> <p>4.3 สังเกตวงโคจรของดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมดาราศาสตร์ และอธิบายการโคจรด้วยกฎทั้งสามข้อของเคพเลอร์</p>	<p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณ์ญาณ จากการร่วมอภิปรายข้อมูล หรือข่าวเกี่ยวกับผลจากวัตถุอื่นในระบบสุริยะที่มีต่อโลกหรือการดำรงชีวิตและความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์อื่น ๆ</li> <li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถาม การอภิปราย และการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้</li> </ol>

ผลการเรียนรู้ 12. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. โครงสร้างของดวงอาทิตย์</li> <li>2. การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และผลที่มีต่อโลก</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <p>การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</p> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพ หรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้ แล้วร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปรากฏการณ์ดังกล่าวคืออะไร และพบได้ที่บริเวณใดของโลก</li> <li>- ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับพลังงานจากดวงอาทิตย์หรือไม่อย่างไร</li> </ul> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติกิจกรรม นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูลเพื่อศึกษาตามประเด็นตัวอย่างต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- โครงสร้างของดวงอาทิตย์ โดยมีประเด็นสำคัญ ได้แก่ โครงสร้างภายในและชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ การถ่ายโอนความร้อนภายในดวงอาทิตย์</li> <li>- การเกิดจุดมืดดวงอาทิตย์ การปลดปล่อยอนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลต่อการเกิดลมสุริยะ และพายุสุริยะ</li> </ul> </li> <li>2.2 สืบค้นข้อมูลปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์จากผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลก และประเทศไทย เช่น การแตกตัวและการนำไฟฟ้าของบรรยากาศโลก การติดต่อสื่อสารโดยวิทยุคลื่นสั้น การเกิดแสงเหนือแสงใต้ ระบบการส่งกระแสไฟฟ้าและวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างสนามแม่เหล็กโลก รวมทั้งข่าวที่เกี่ยวข้องแล้วร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายถึงความเป็นไปได้ของข่าวที่นำเสนอ</li> </ol> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และผลที่มีต่อโลก จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นการเกิดจุดมืดดวงอาทิตย์ การปลดปล่อยอนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลให้เกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ</li> <li>2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของข้อมูลที่นำเสนอในข่าวเกี่ยวกับผลของพายุสุริยะที่มีต่อโลกและประเทศไทยอย่างสมเหตุสมผล</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ จากการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของข้อมูลที่นำเสนอในข่าวเกี่ยวกับผลของพายุสุริยะที่มีต่อโลกและประเทศไทย</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้

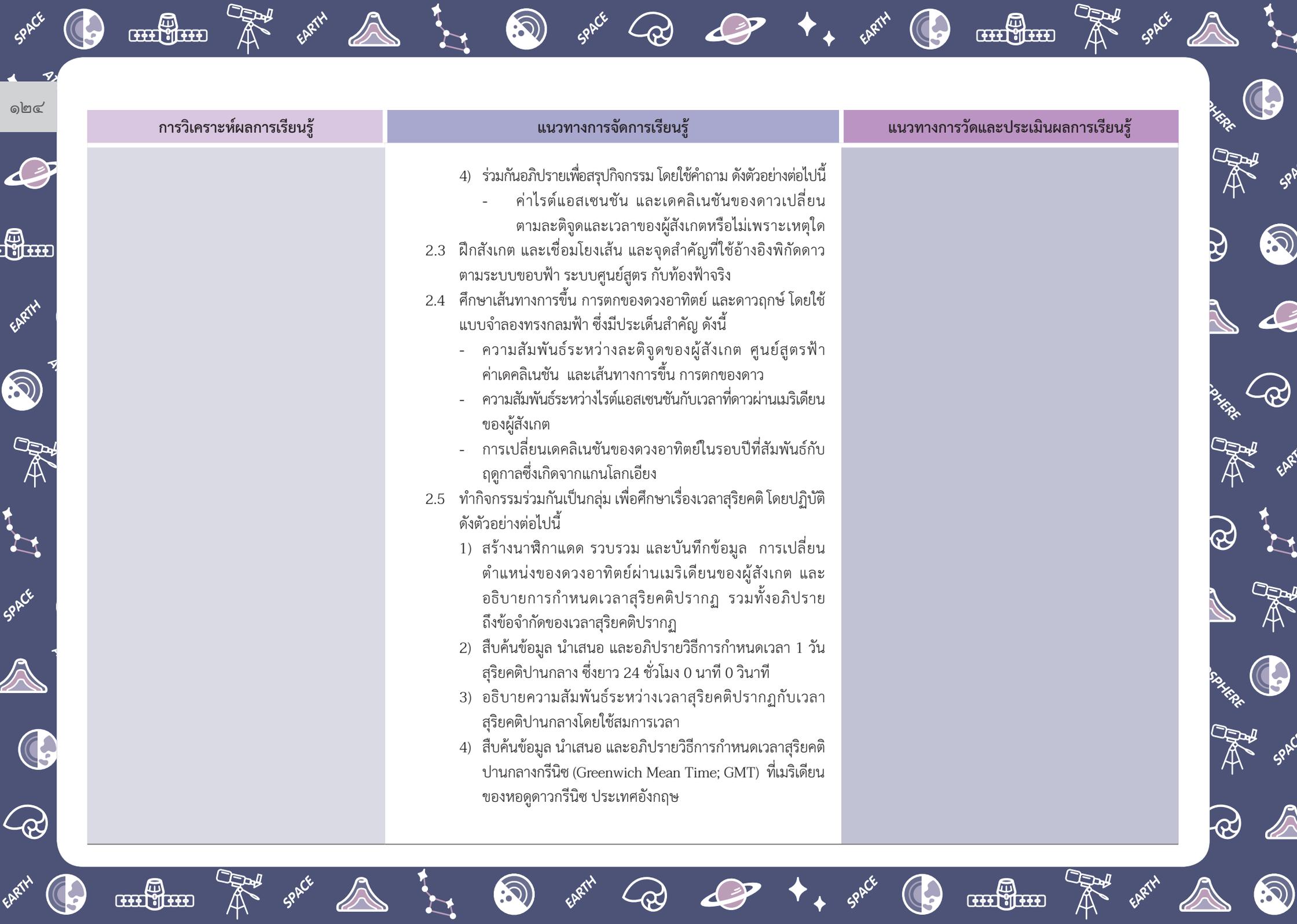
แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม
3. ความอยากรู้อยากเห็น การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากสืบค้นข้อมูล อภิปราย และตอบคำถามเกี่ยวกับผลจากพายุสุริยะ

- ผลการเรียนรู้
13. สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกต และเชื่อมโยงจุดและเส้นสำคัญของแบบจำลองทรงกลมฟ้ากับท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร
  14. สังเกตท้องฟ้า และอธิบายเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์
  15. อธิบายเวลาสุริยคติปรากฏ โดยรวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกตในแต่ละวัน
  16. อธิบายเวลาสุริยคติปานกลาง และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบบขอบฟ้า ระบบศูนย์สูตรและการระบุพิกัดดาว</li> <li>2. แนวการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดวงดาว</li> <li>3. เวลาสุริยคติ</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> <li>3. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยปฏิบัติดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 สังเกตท้องฟ้าจริงในเวลากลางคืนหรือกลางวัน หรือสังเกตควบคู่กับการเล่นิทานดาว พร้อมอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ลักษณะของเส้นขอบฟ้าที่มองเห็นเป็นอย่างไร</li> <li>- ดาวแต่ละดวงที่มองเห็นอยู่ห่างจากเราเท่ากันหรือไม่</li> <li>- ตำแหน่งของดวงดาวบนท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร</li> <li>- เราจะระบุตำแหน่งของดาวบนท้องฟ้าได้อย่างไรบ้าง</li> </ul> </li> <li>1.2 อภิปรายและสร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้าตามความเข้าใจของนักเรียน</li> </ol> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปฏิบัติดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทรงกลมฟ้า เส้น และจุดสำคัญของทรงกลมฟ้า ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย พร้อมกับสาธิตและสรุปในประเด็นสำคัญต่อไปนี้                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความหมายของทรงกลมฟ้า</li> <li>- ความสัมพันธ์ของทรงกลมฟ้ากับโลกซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลม</li> <li>- ความหมายของเส้นและจุดอ้างอิงบนทรงกลมฟ้า ดังนี้ เส้นวงกลมใหญ่ (เส้นศูนย์สูตรฟ้า เส้นขอบฟ้า เส้นเมริเดียนฟ้า เส้นสุริยวิถี) เส้นวงกลมเล็ก (เส้นที่ขนานกับวงกลมใหญ่) ขั้วของทรงกลม (ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ จุดเหนือครีษณะ จุดใต้บาทา) จุดวิษุวัต และจุดอายัน</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>ระบบขอบฟ้า ระบบศูนย์สูตร การระบุพิกัดดาว แนวการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดวงดาว เวลาสุริยคติ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต จากผลการสังเกตท้องฟ้าจริง เพื่อเชื่อมโยงกับการสร้างแบบจำลอง</li> <li>2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา จากการระบุพิกัดดาว และการอธิบายการขึ้น การตกของดาว</li> <li>3. สร้างแบบจำลอง จากการสร้างทรงกลมฟ้า</li> <li>4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการวิเคราะห์เชื่อมโยงความรู้เรื่องเส้นทางการขึ้น การตกของดวงดาวไปสู่การอธิบายกำหนดเวลาของคนบนโลก</li> <li>6. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบการสร้างทรงกลมฟ้า</li> </ol>





การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>4) ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปกิจกรรม โดยใช้คำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าไรต์แอสเซนชัน และเดคลิเนชันของดาวเปลี่ยนแปลงตามละติจูดและเวลาของผู้สังเกตหรือไม่เพราะเหตุใด</li> </ul> <p>2.3 ฝึกสังเกต และเชื่อมโยงเส้น และจุดสำคัญที่ใช้อ้างอิงพิกัดดาวตามระบบขอบฟ้า ระบบศูนย์สูตร กับท้องฟ้าจริง</p> <p>2.4 ศึกษาเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์ และดาวฤกษ์ โดยใช้แบบจำลองทรงกลมฟ้า ซึ่งมีประเด็นสำคัญ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความสัมพันธ์ระหว่างละติจูดของผู้สังเกต ศูนย์สูตรฟ้า ค่าเดคลิเนชัน และเส้นทางการขึ้น การตกของดาว</li> <li>- ความสัมพันธ์ระหว่างไรต์แอสเซนชันกับเวลาที่ดาวผ่านเมริเดียนของผู้สังเกต</li> <li>- การเปลี่ยนเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ในรอบปีที่สัมพันธ์กับฤดูกาลซึ่งเกิดจากแกนโลกเอียง</li> </ul> <p>2.5 ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อศึกษาเรื่องเวลาสุริยคติ โดยปฏิบัติดังตัวอย่างต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สร้างนาฬิกาแดด รวบรวม และบันทึกข้อมูล การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกต และอธิบายการกำหนดเวลาสุริยคติปรากฏ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อจำกัดของเวลาสุริยคติปรากฏ</li> <li>2) สืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายวิธีการกำหนดเวลา 1 วันสุริยคติปานกลาง ซึ่งยาว 24 ชั่วโมง 0 นาที 0 วินาที</li> <li>3) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสุริยคติปรากฏกับเวลาสุริยคติปานกลางโดยใช้สมการเวลา</li> <li>4) สืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายวิธีการกำหนดเวลาสุริยคติปานกลางกรีนนิช (Greenwich Mean Time; GMT) ที่เมริเดียนของหอดูดาวกรีนนิช ประเทศอังกฤษ</li> </ol>	

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>5) สืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายการกำหนดเขตเวลา มาตรฐานสากล และเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลา เวลามาตรฐานประเทศไทย คือ GMT + 7 ชั่วโมง</p> <p>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นและการปฏิบัติกิจกรรม ในข้อ 2</p>	



ผลการเรียนรู้ 17. อธิบายมุมห่างที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในวงโคจร และอธิบายเชื่อมโยงกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ที่สังเกตได้จากโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>มุมห่างของดาวเคราะห์ และตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์</li> <li>ตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง</li> </ol> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การสร้างแบบจำลอง</li> <li>การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา</li> </ol> <p><b>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อการสื่อสาร</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การใช้วิจารณญาณ</li> <li>ความใจกว้าง</li> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ประเด็นคำถามต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>เพราะเหตุใดจึงเรียกดาวศุกร์ว่า ดาวประกายพรึกกับดาวประจำเมือง และดาวเคราะห์ดวงอื่นปรากฏเช่นเดียวกับดาวศุกร์หรือไม่</li> </ul> </li> <li>ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>สืบค้นข้อมูล และสร้างแบบจำลองแสดงมุมห่างของดาวเคราะห์ และตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์ และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับชื่อตำแหน่งสำคัญของดาวเคราะห์ในวงโคจรที่สัมพันธ์กับมุมห่าง</li> <li>สังเกตตำแหน่งของดาวเคราะห์จากท้องฟ้าจริง หรือโปรแกรมด้านดาราศาสตร์ และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายโดยเชื่อมโยงความรู้เรื่องมุมห่าง ตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์ กับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ในท้องฟ้า</li> </ol> </li> <li>ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2</li> <li>ร่วมกันปรับปรุงผลงานของตนเองในข้อ 2.1 – 2.2</li> <li>สืบค้นข้อมูล และอธิบายปรากฏการณ์ต่อไปนี้โดยเชื่อมโยงความรู้เรื่องมุมห่าง ตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์             <ul style="list-style-type: none"> <li>ดาวเคราะห์ผ่านหน้าดวงอาทิตย์</li> <li>ดาวเคราะห์ร่วมทิศ</li> <li>ดาวเคียงเดือน</li> </ul> </li> <li>ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามการปฏิบัติกิจกรรมในข้อ 2 และ 5</li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>มุมห่างของดาวเคราะห์ และตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์ ตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอผลงาน การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต จากผลการสังเกตตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์จากท้องฟ้าจริง หรือโปรแกรมด้านดาราศาสตร์</li> <li>สร้างแบบจำลอง จากการสร้างแบบจำลองมุมห่างของดาวเคราะห์ และตำแหน่งสำคัญในวงโคจรของดาวเคราะห์ และแบบจำลองเพื่ออธิบายโดยเชื่อมโยงความรู้เรื่องมุมห่าง ตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์ กับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ในท้องฟ้า</li> <li>การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมุมห่าง ตำแหน่งของดาวเคราะห์ในวงโคจร กับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์</li> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากอธิบายตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์โดยเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างมุมเียง มุมทิศ เวลา กับความรู้เรื่องมุมห่างและตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์</li> </ol>



การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
		<p>6. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองมุมห่างของดาวเคราะห์ และตำแหน่งสำคัญในวงโคจรของดาวเคราะห์</p> <p>7. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. การใช้วิจารณ์ญาณ จากการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์โดยเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างมุมเงย มุมทิศ เวลา กับความรู้เรื่องมุมห่างและตำแหน่งในวงโคจรของดาวเคราะห์ และการตอบคำถาม</li><li>2. ความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม</li><li>3. ความอยากรู้อยากเห็น จากสืบค้นข้อมูล อภิปราย และตอบคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์</li></ol>

18. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

19. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอกิจกรรมการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าและ/หรือกล้องโทรทรรศน์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>เทคโนโลยีอวกาศ และประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <p><b>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง</li> </ol> <p><b>ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> <li>4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</li> </ol> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความใจกว้าง</li> <li>3. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์</li> <li>5. ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังคำถามตัวอย่าง ต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- เทคโนโลยีอวกาศที่รู้จักมีอะไรบ้าง และมีประโยชน์ในด้านใด</li> </ul> </li> <li>2. ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสืบค้นข้อมูล นำเสนอผลงาน และร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นดังตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- การสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่สังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ</li> <li>- การสำรวจอวกาศโดยใช้สถานีอวกาศ ยานอวกาศ และดาวเทียม</li> <li>- การประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศ เช่น การสื่อสาร วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์ อุตสาหกรรม</li> <li>- หน่วยงานและโครงการสำรวจอวกาศทั้งในประเทศและต่างประเทศ</li> </ul> </li> <li>3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ตามประเด็นในข้อ 2</li> <li>4. กำหนดสถานการณ์ หรือให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิด ออกแบบ และนำเสนอผลงาน เกี่ยวกับการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือในอนาคต ดังสถานการณ์ตัวอย่างต่อไปนี้             <ul style="list-style-type: none"> <li>- สถานการณ์เกี่ยวกับการเดินทางไปดาวเคราะห์ที่สนใจ โดยมีประเด็น เช่น วิธีการส่ง การดำรงชีวิตของมนุษย์อวกาศ การติดต่อสื่อสารมายังโลก</li> <li>- สถานการณ์เกี่ยวกับการวางแผนเดินทางไปท่องเที่ยวในสถานที่ต่าง ๆ บนโลก โดยมีประเด็น เช่น การสำรวจเส้นทาง สภาพแวดล้อมสภาพอากาศ</li> <li>- สถานการณ์เกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมใหม่ที่ใช้ข้อมูลหรือความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศเป็นพื้นฐาน</li> </ul> </li> </ol>	<p><b>ด้านความรู้</b></p> <p>เทคโนโลยีอวกาศ และประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ จากผลงานและการตอบคำถามระหว่างการนำเสนอ ผลงาน การร่วมอภิปราย เพื่อสรุปองค์ความรู้และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</p> <p><b>ด้านทักษะ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา จากผลงานที่นำเสนอให้เห็นขั้นตอนการสำรวจอวกาศโดยใช้สถานีอวกาศ ยานอวกาศ และดาวเทียม</li> <li>2. การสร้างแบบจำลอง จากการออกแบบแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</li> <li>3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน</li> <li>4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการออกแบบการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</li> </ol>

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	<p>5. สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และนำเสนอกิจกรรมการสังเกตท้องฟ้าด้วยตาเปล่า และ/หรือกล้องโทรทรรศน์</p>	<p>5. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบและสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p> <p>6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม</p> <p><b>ด้านจิตวิทยาศาสตร์</b></p> <p>1. การใช้วิจารณ์ญาณ จากการออกแบบการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p> <p>2. ความใจกว้าง จากการร่วมมือปราย และการตอบคำถาม</p> <p>3. ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการออกแบบและนำเสนอผลงาน เกี่ยวกับการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต และการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าและ/หรือกล้องโทรทรรศน์</p>



## เอกสารอ้างอิง

### ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กรมทรัพยากรธรณี, (2544). *ธรณีวิทยาประเทศไทย เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ 5 ธันวาคม 2542*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

ราชบัณฑิตยสถาน, (2558). *พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ดวงดาวและโลกของเรา (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *คู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

Becky Oskin. (2016). *What is Plate Tectonics?*. Retrieved March 31, 2016.from: <http://www.livescience.com/37706-what-is-plate-tectonics.html>



- Danielson, E.W. (1989). *Earth Science*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Dolgoft, A. (1996). *Physical Geology*. Lexington: D.C. Heath and Company.
- John C. Lahr. (2013). *How to Build a Model Illustrating Sea-Floor Spreading and Subduction*. Retrieved December 10, 2015. from: <http://pubs.usgs.gov/of/1999/ofr-99-0132/>
- Montgomery, C.W. (1997). *Fundamentals of Geology*. The United State of America: The McGraw-Hill Company.
- USGS. (1999). *Inside the Earth*. Retrieved December 10, 2015. from: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/inside.html>
- USGS. (1999). *Understanding plate motions*. Retrieved January 12, 2016. from: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/understanding.html>
- Williams, L. (2012). *Earth Sciences Demystified*. The United State of America: The McGraw-Hill Company.

---

### เอกสารอ้างอิง

---

#### ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- Ahrens, C.D. (2007). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment (8thed.)*. Canada: Thomson Brooks/Cole.
- Konvicka, T. (1999). *Teacher's Weather Sourcebook*. USA: Teacher Ideas Press.



## เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นิพนธ์ ทรายเพชร. (2555). *มหัศจรรย์มนุษย์กับดวงดาว* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 3* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). *ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ*. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.narit.or.th>.

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). *พายุสุริยะมหันตภัยหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ*. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.narit.or.th>.

Kenneth R. Lang. (2013). *The Life and Death of stare*. Cambridge University Press.

Mark A. Garlick. (2002). *Essential Science: the expanding universe*. Italy: Graphicom.

Patrick Kelly. (2008). *Observer's Handbook 2009*. Thistle Printing Limited.

## คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์  
โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิษุราตรี กลับแสง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันดิพัฒน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ	โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพฯ

### ที่ปรึกษา

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

### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.เสรีวัฒน์ สมิทธิ์ปัญญา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.จตุรงค์ สุธนชาติ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.มาลี สุทธิไธมาส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วิชัย จุฑะโกสิทธิ์กานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สงกรานต์ อักษร	กรมอุตุนิยมวิทยา
นายนิพนธ์ ทรายเพชร	ราชบัณฑิตยสถานดาราศาสตร์
นางสาวประไพร์ วิจารณ์	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ	นักวิชาการอิสระ
นางพรรณทิพา ธนกรโยธิน	นักวิชาการอิสระ
นางดาริกา วีรวิวัฒน์กุล	นักวิชาการอิสระ
ดร.พรทิพย์ ศิริภัทรราชัย	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นายวิทยา อินโท	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ	โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพฯ
นายภูริชัย ชัยศร	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย นครปฐม
นายประเดิม วรรณทอง	โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์
นายศักดิ์อนันต์ อนันตสุข	โรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา จ.สุรินทร์
นางพัชรี ศิลแสน	โรงเรียนโพนทองพัฒนวิทยา จ.ร้อยเอ็ด

### คณะบรรณาธิการ

ผศ.ดร.วิชัย จุฑะโกสิทธิ์กานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิษุราตรี กลับแสง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันดิพัฒน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์  
 โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวบุศราศิริ ธนะ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวรัมภา ศรีบางพลี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายวิทยา อินโท	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ที่ปรึกษา

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

### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

รศ.ดร.น้ำฝน คุณเจริญไพศาล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.จตุรงค์ สุธนธชาติ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.มาลี สุทธิโอภาส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วิชัย จูทะโกสิทธิ์กานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สงกรานต์ อักษร	กรมอุดมศึกษา
นายนิพนธ์ ทรายเพชร	ราชบัณฑิตยสถาน
นางสาวประพีร์ วิจารณ์	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ	นักวิชาการอิสระ
นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน	นักวิชาการอิสระ
นางดาริกา วีรวิวัฒน์กุล	นักวิชาการอิสระ
นายวิทยา อินโท	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์	โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพฯ
นายภูริชัย ชัยคร	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จ.นครปฐม
นายประเดิม วรรณทอง	โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์
นายศักดิ์อนันต์ อนันตสุข	โรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา จ.สุรินทร์
นางพัชรี ศิลแสน	โรงเรียนโพ้นทองพัฒนาวิทยา จ.ร้อยเอ็ด

### คณะบรรณาธิการ

รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชยคุกร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สงกรานต์ อักษร	กรมอุดมศึกษา
นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวบุศราศิริ ธนะ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวรัมภา ศรีบางพลี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์  
โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

### คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางฤทัย เพลงวัฒนา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวไศภิดา จันทร์ศรี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายนิพนธ์ ทรายเพชร	ราชบัณฑิตยสถาน
นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน	นักวิชาการอิสระ
นางดาริกา วีรวิวัฒน์กุล	นักวิชาการอิสระ

### ที่ปรึกษา

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

### คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

ดร.จตุรงค์ สุธนชาติ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.มาลี สุทธิโอภาส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วิชัย จูทะโกสิทธิ์กานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สงกรานต์ อักษร	กรมอุตุนิยมวิทยา
นายนิพนธ์ ทรายเพชร	ราชบัณฑิตยสถาน
นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน	นักวิชาการอิสระ
นางดาริกา วีรวิวัฒน์กุล	นักวิชาการอิสระ
นายวิทยา อินโท	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์	โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพฯ
นายภูริชัย ชัยศร	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จ.นครปฐม
นายประเดิม วรรณทอง	โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์
นายศักดิ์อนันต์ อนันตสุข	โรงเรียนนารายณ์คำผงวิทยา จ.สุรินทร์
นางพัชรี ศิลแสน	โรงเรียนโพธิ์ทองพัฒนาวิทยา จ.ร้อยเอ็ด

### คณะบรรณาธิการ

นางสาวประไพ วิราพร	ข้าราชการบำนาญ
นายนิพนธ์ ทรายเพชร	ราชบัณฑิตยสถาน
ดร.จตุรงค์ สุธนชาติ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.อำนาจ สาขานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายอาทิตย์ ลภีรัตนากุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายสุพจน์ วุฒิสถกณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางฤทัย เพลงวัฒนา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

