



คู่มือครู รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๖





คู่มือครู

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

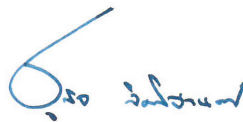
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรมและ สื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ นี้ จัดทำขึ้น เพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ โดยมีตารางวิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง เพื่อการจัดทำ หน่วยการเรียนรู้ มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลย คำถามและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญ ในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่างๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ นี้ได้บอกแนวการจัดการเรียน การสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ เอกภพและกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้ โครงสร้างโลก การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ธรณีพิบัติภัย การเกิดลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยากับการใช้ประโยชน์ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณ มา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับตัวชี้วัดตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ รวมทั้งมี สื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ เป็นดังนี้

- **จุดประสงค์การเรียนรู้**

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**

เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวัง หรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

- **แนวการจัดการเรียนรู้**

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **กิจกรรม**

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- **จุดประสงค์**

เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น

- **วัสดุและอุปกรณ์**

รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- การเตรียมล่วงหน้า

ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

- ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ

- ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน

- อภิปรายและสรุปผล

ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- **แนวการวัดและประเมินผล**

แนวการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

- **เฉลยคำถาม**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- **เฉลยคำถามระหว่างเรียน**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- **เฉลยคำถามท้ายบทเรียน**

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

สารบัญ		
หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	หน้า
1	ตัวชี้วัด	1
	เวลาที่ใช้	2
	ผังมโนทัศน์	4
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	5

บทที่	เนื้อหา	หน้า
1	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	8
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	9
	สาระสำคัญ	10
	เวลาที่ใช้	10
	1.1 การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	11
	เฉลยกิจกรรม 1.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	12
	แนวการวัดผลประเมินผล	16
	1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	17
	เฉลยกิจกรรม 1.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ	18
	แนวการวัดผลประเมินผล	23
	1.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก	25
เอกภพ	แนวการวัดผลประเมินผล	28
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	32

2	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	36
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	37
	สาระสำคัญ	38
	เวลาที่ใช้	38
	2.1 สมบัติของดาวฤกษ์	39
	เฉลยกิจกรรม 2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่าง	40

สารบัญ		
บทที่	เนื้อหา	หน้า
2	เฉลยกิจกรรม 2.2 สี่ อุดมภูมิผิวและชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์	47
	แนวการวัดผลประเมินผล	50
	2.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	52
	เฉลยกิจกรรม 2.3 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	53
	แนวการวัดผลประเมินผล	56
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	60
ดาวฤกษ์		
3	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	65
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	66
	สาระสำคัญ	67
	เวลาที่ใช้	67
	3.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริหารรอบดวงอาทิตย์	68
	เฉลยกิจกรรม 3.1 กำเนิดระบบสุริยะ	69
	แนวการวัดผลประเมินผล	75
	3.2 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	76
	แนวการวัดผลประเมินผล	80
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	83
ระบบสุริยะ		
4	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	87
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	88
	สาระสำคัญ	89
	เวลาที่ใช้	89
	4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	90
	เฉลยกิจกรรม 4.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ	91
	แนวการวัดผลประเมินผล	96
	4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	97
	แนวการวัดผลประเมินผล	99
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	100
เทคโนโลยีอวกาศ		

สารบัญ		
หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	หน้า
2	ตัวชี้วัด	103
	เวลาที่ใช้	104
	ผังมโนทัศน์	105
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	106
บทที่	เนื้อหา	หน้า
5	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	109
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	110
	สาระสำคัญ	111
	เวลาที่ใช้	111
	5.1 ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	112
	เฉลยกิจกรรม 5.1 การศึกษาคลื่นไหวสะเทือนที่ผ่าน	
	โครงสร้างโลก	118
	แนวการวัดประสิทธิภาพ	119
	5.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	122
	เฉลยกิจกรรม 5.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก	128
โครงสร้างโลก	แนวการวัดประสิทธิภาพ	133
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	140
6	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	146
	ลำดับความคิดต่อเนื่อง	147
	สาระสำคัญ	148
	เวลาที่ใช้	148
	6.1. แนวคิดของทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน	149
	เฉลยกิจกรรม 6.1 การสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่า	
	ทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน	151
	แนวการวัดประสิทธิภาพ	156
	6.2. แนวคิดของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและหลักฐาน	
	สนับสนุน	157

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

6

แนวการวัดผลประเมินผล	160
6.3. การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	160
เฉลยกิจกรรม 6.2 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	161
แนวการวัดผลประเมินผล	165
6.4 ธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีที่เกิดจากการ	
เคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	166
เฉลยกิจกรรม 6.3 ท่องโลกกว้างตามหาธรณีสัณฐาน	
และโครงสร้างทางธรณี	168
การแปรสัณฐานของ	
แผ่นธรณี	
แนวการวัดผลประเมินผล	172
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	178

7

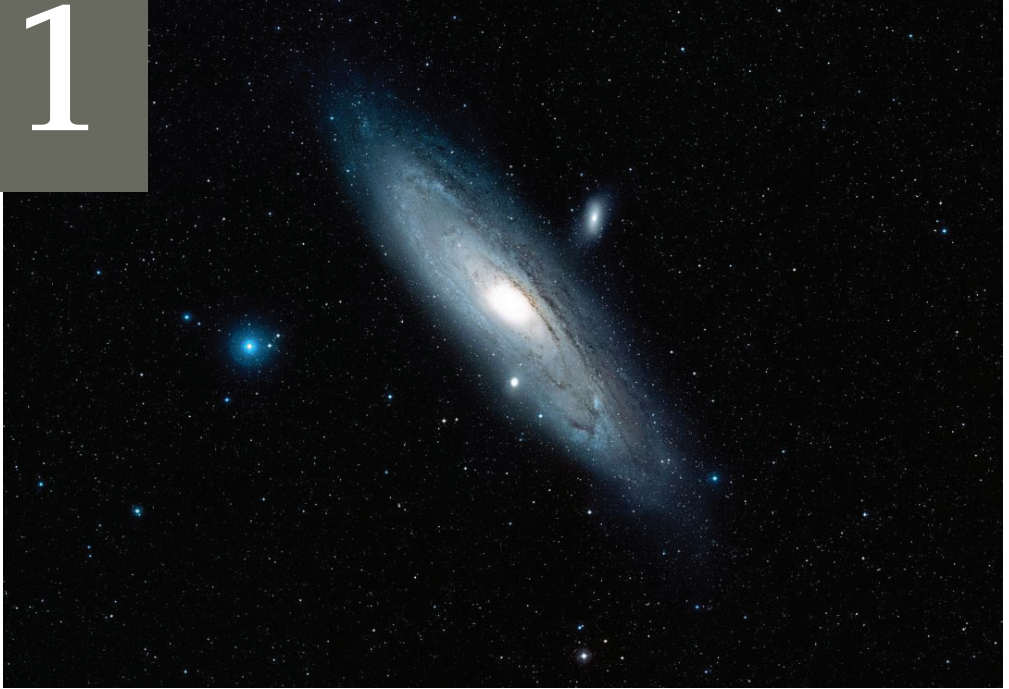
การวิเคราะห์ตัวชี้วัด	186
ลำดับความคิดต่อเนื่อง	187
สาระสำคัญ	190
เวลาที่ใช้	190
7.1 ภูเขาไฟระเบิด	191
เฉลยกิจกรรม 7.1 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเกิด	
ภูเขาไฟกับแนวรอยต่อของแผ่นธรณี	192
แนวการวัดผลประเมินผล	199
7.2 แผ่นดินไหว	202
เฉลยกิจกรรม 7.2 กลไกการเกิดแผ่นดินไหว	203
แนวการวัดผลประเมินผล	211
7.3 สึนามิ	212
เฉลยกิจกรรม 7.3 แบบจำลองการเกิดสึนามิ	213
เฉลยกิจกรรม 7.4 การปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจาก	
ธรณีพิบัติภัย	219
แนวการวัดผลประเมินผล	222
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	226

ธรณีพิบัติภัย

สารบัญ		
บทที่	เนื้อหา	หน้า
ภาคผนวก	ตัวอย่างเครื่องมือการวัดและประเมินผล	375
	บรรณานุกรม	389
	คณะกรรมการจัดทำ	392

หน่วยที่ | โลกในเอกภพ

1



ตัวชี้วัด

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะพร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก
4. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
5. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
6. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
7. อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์

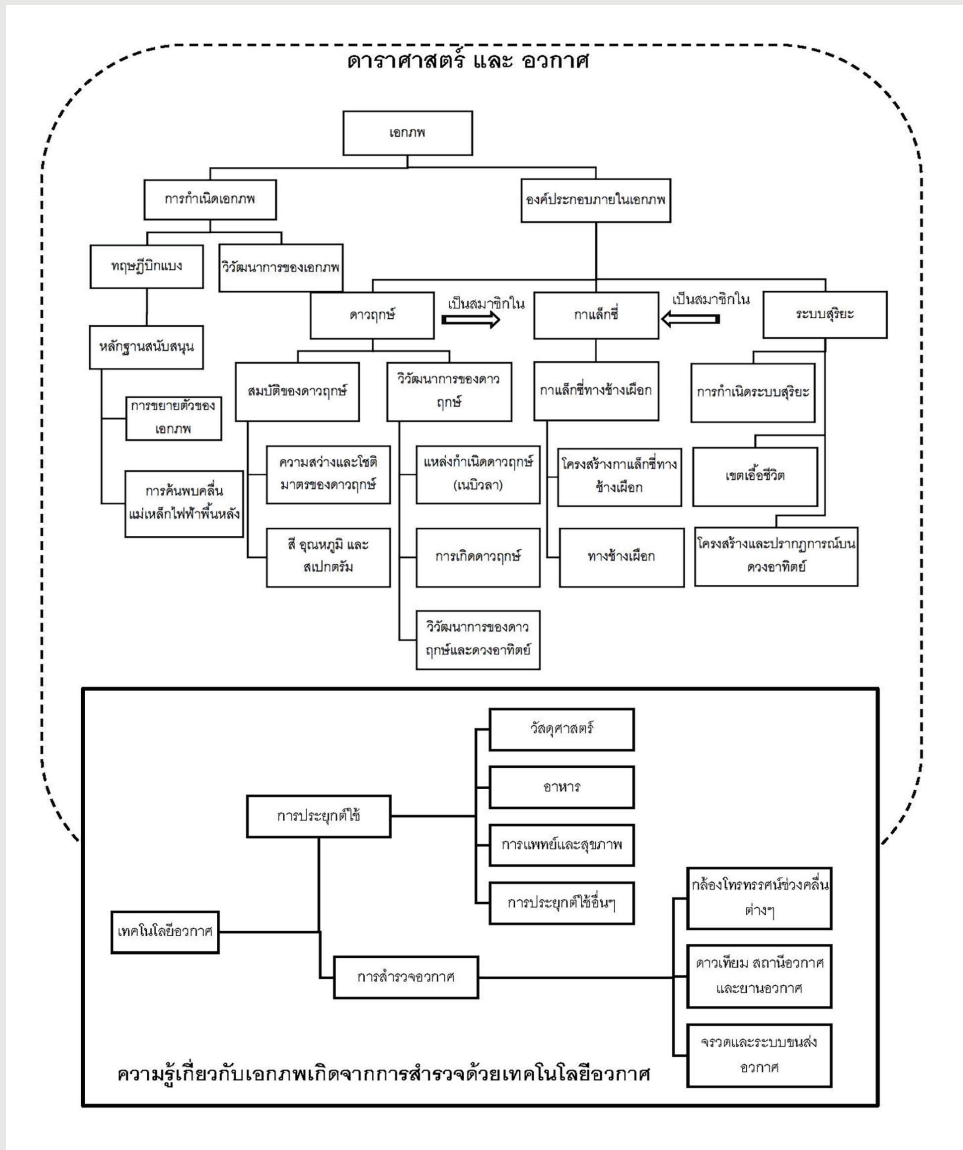
8. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
9. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสื่บค้นข้อมูล วิเคราะห์ นำเสนอ ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย
10. สื่บค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

เวลาที่ใช้ จำนวนชั่วโมงของหน่วยการเรียนรู้ รวม 20 ชั่วโมง แบ่งเป็น

ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 1 เอกภพ	
1.1. การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	2
1.2. หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	2
1.3. กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก	2
รวมจำนวน	6
ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 2 ดาวฤกษ์	
2.1. สมบัติของดาวฤกษ์	4
2.2. กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	2
รวมจำนวน	6
ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 3 ระบบสุริยะ	
3.1. กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์	3
3.2. โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	2
รวมจำนวน	5

ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 4 เทคโนโลยีอวกาศ	
4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	2
4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	1
รวมจำนวน	3

ผังโนทัศน์ โลกในเอกภพ





ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย (✗) ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

- ☐ 1. นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยอนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน
- ☒ 2. พลังงานและสสารสามารถเปลี่ยนรูปกลับไป-มาได้
- ☒ 3. เอกภพประกอบด้วย กาแล็กซีจำนวนมาก
- ☐ 4. เคลวินเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิมีค่าเท่ากับองศาเซลเซียส
- ☐ 5. สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดยกเว้นแสง
- ☒ 6. ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในเอกภพ
- ☐ 7. ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสง
- ☐ 8. สเปกตรัมของแสงสีแดงมีพลังงานสูงกว่าแสงสีน้ำเงิน
- ☒ 9. ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีค่าความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยที่ระยะทางเท่ากัน
- ☒ 10. สีของดาวฤกษ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์
- ☐ 11. เมื่อดาวฤกษ์มีการยุบตัวอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิภายในของดาวฤกษ์จะลดลง
- ☐ 12. ดาวฤกษ์แต่ละดวงในกลุ่มดาวเดียวกันอยู่ห่างจากโลกด้วยระยะทางเท่ากัน
- ☐ 13. เมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุเพิ่มมากขึ้น แรงโน้มถ่วงจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น
- ☐ 14. ดาวหางไม่จัดเป็นสมาชิกของระบบสุริยะ
- ☒ 15. แสงเหนือใต้จะพบเห็นได้บ่อยบริเวณขั้วโลก

- ☒ 16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดเคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็วไม่เท่ากัน
- ☒ 17. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีความถี่ต่ำ
- ☐ 18. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและระยะห่างของวัตถุนั้นถึงจุดศูนย์กลางของโลก
- ☒ 19. ดาวเทียมที่โคจรในระดับสูงมีความเร็วมากกว่าดาวเทียมที่โคจรในระดับต่ำ
- ☐ 20. ภาพที่มองเห็นจากกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงและชนิดหักเหแสงเป็นภาพชนิดเดียวกัน

บทที่



ipst.me/8851

1

| เอกภพและกาแล็กซี



ตัวชี้วัด

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะพร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด

- อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
- อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
- อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

- วิเคราะห์และอธิบายกำเนิด และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี เพื่อสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
- อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเพื่อใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
- อธิบายรูปร่าง โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
- อธิบายการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
- การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายและลงข้อสรุป - การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ - การสื่อสาร - การคิดและการแก้ปัญหา - การทำงานร่วมกัน	- ความมีเหตุผล - ความรับผิดชอบ - ความใจกว้าง - ความร่วมมือช่วยเหลือ - ความอยากรู้อยากเห็น - ความสนใจในวิทยาศาสตร์

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ทฤษฎีกาเนดเอกภพที่ได้รับการยอมรับกันในปัจจุบันคือทฤษฎีบิกแบง ซึ่งอธิบายว่าเอกภพกำเนิดและวิวัฒนาการจากบริเวณที่มีขนาดเล็ก มวลมากทำให้มีความหนาแน่นมากและอุณหภูมิสูงมาก มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสสาร เมื่อเวลาผ่านไปเอกภพมีขนาดใหญ่ขึ้น พร้อมกับอุณหภูมิที่ลดลง เกิดเป็นกาแล็กซี เนบิวลา และดาวฤกษ์



หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ



กาแล็กซีเป็นระบบของดาวฤกษ์ มีเนบิวลา และสสารระหว่างดาว อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง



ระบบสุริยะอยู่บริเวณแขนของกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งเป็นกาแล็กซีปกติชนิดกังหันมีคาน มีโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล



เมื่อมองจากโลก จะสังเกตเห็นแถบฟ้าสีขาวจาง ๆ ซึ่งคือบริเวณในแนวระนาบของกาแล็กซีทางช้างเผือก เรียกว่าทางช้างเผือก

สาระสำคัญ

เอกภพเป็นระบบใหญ่ที่สุด ประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมหาศาลอยู่รวมกันเป็นกระจุก และสสารต่าง ๆ ที่อยู่ระหว่างกาแล็กซี โดยทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบันคือทฤษฎีบิกแบง กล่าวว่าเอกภพกำเนิดจากจุดที่มีขนาดเล็ก มวลมากทำให้มีความหนาแน่นมาก และอุณหภูมิสูงมาก เมื่อเกิดการขยายตัวเอกภพจะมีอุณหภูมิลดลง มีสสารเกิดขึ้นในรูปอนุภาคและปฏิอนุภาคชนิดต่าง ๆ หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ กาแล็กซีประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก เนบิวลา และสสารระหว่างดาวซึ่งรวมกันเป็นระบบด้วยแรงโน้มถ่วง ระบบสุริยะอยู่ในบริเวณแขนของกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งเป็นกาแล็กซีชนิดก้นห้นมีคาน มีโครงสร้าง คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล ซึ่งมีดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่บริเวณนิวเคลียสและจาน

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

1. การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

2 ชั่วโมง
2. หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

2 ชั่วโมง
3. กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

2 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

โครงสร้างอะตอม อนุภาคมูลฐาน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เข้าใจว่าวัตถุท้องฟ้าที่สังเกตเห็นเป็นวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดในเอกภพ	วัตถุท้องฟ้าที่เห็นบนท้องฟ้าเป็นเพียงส่วนหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งนับว่าเป็นส่วนน้อยมาก เมื่อเทียบกับสิ่งที่มีในเอกภพ

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เข้าใจว่าทางช้างเผือก คือกาแล็กซีทางช้างเผือก	ทางช้างเผือกเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก ที่เราสามารถมองเห็นได้จากโลก

1.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์และอธิบายกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงใน ช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนและตั้งประเด็นคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยใช้คำถามต่อไปนี้



เอกภพประกอบด้วยอะไรบ้าง

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง เช่น เนบิวลา ดาวเคราะห์ ดาวหาง ดาวฤกษ์ และกาแล็กซี



โลกของเราอยู่ที่ตำแหน่งใดในเอกภพ

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง เช่น เราอยู่ในระบบสุริยะ และระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเอกภพ



เอกภพเกิดขึ้นมาได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 1.1 กำหนดและวิวัฒนาการของเอกภพ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสสาร อุณหภูมิ ขนาดของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง



กิจกรรม 1.1 กำหนดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

เวลา 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนภาพ แสดงกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
2. ตาราง แสดงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสสารและพลังงานในช่วงเวลา ต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

วิธีการทำกิจกรรม

1. จากแผนภาพที่กำหนด ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสสารและพลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ พร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และขนาดของเอกภพ
2. วิเคราะห์และระบุสสาร หรือพลังงานที่พบในแต่ละช่วงเวลาของวิวัฒนาการลงในตารางที่กำหนด

3. นำเสนอและอธิบายผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

สิ่งที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ					
$10^{-43} - 10^{-32}$ วินาที	$10^{-32} - 10^{-6}$ วินาที	10^{-6} วินาที – 3 นาาที	3 น า ที่ - 300,000 ปี	300,000 ปี – 1,000 ล้านปี	1,000 – 13,800 ล้านปี
10^{32} - 10^{27} เคลวิน	10^{27} - 10^{13} เคลวิน	10^{13} - 10^9 เคลวิน	10^9 -5,000 เคลวิน	5000-100 เคลวิน	100 – 2.73 เคลวิน
☒ ควาร์ก ☒ แอนติควาร์ก ☒ อิเล็กตรอน ☒ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☒ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี	☒ ควาร์ก ☒ แอนติควาร์ก ☒ อิเล็กตรอน ☒ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☒ แอนตินิวทรีโน ☒ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี	☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☒ อิเล็กตรอน ☒ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☒ แอนตินิวทรีโน ☒ โฟตอน ☒ นิวตรอน ☒ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี	☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☒ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ☒ โฟตอน ☒ นิวตรอน ☒ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☒ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี	☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ☒ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☒ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☒ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี	☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☒ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ☒ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ☒ กาแล็กซี

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการทำกิจกรรมในเอกภพช่วงแรกก่อน 10^{-43} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิสูงกว่า 10^{32} เคลวิน ขณะนั้นยังไม่มีอนุภาคใด ๆ เกิดขึ้น หลังจากบิกแบง $10^{-43} - 10^{-32}$ วินาที อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ $10^{32} - 10^{27}$ เคลวิน เกิดอนุภาคมูลฐาน คือ ควาร์ก อิเล็กตรอน นิวตริโน และปฏิอนุภาค หลังจากบิกแบง $10^{-32} - 10^{-6}$ วินาที อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ $10^{27} - 10^{13}$ เคลวิน เกิดโฟตอนจากการรวมตัวกันของอนุภาคและปฏิอนุภาค

หลังจากบิกแบง 10^{-6} วินาที - 3 นาที อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ $10^{13} - 10^9$ เคลวิน เกิดโปรตอนและนิวตรอน จากการรวมตัวกันของควาร์ก หลังจากบิกแบง 3 นาที - 300,000 ปี อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ $10^9 - 5,000$ เคลวิน เกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของโปรตอนและนิวตรอน หลังจากบิกแบง 300,000 ปี - 1,000 ล้านปี อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ 5,000 - 100 เคลวิน เกิดเป็นอะตอมไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียม จากการที่นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมดึงอิเล็กตรอนเข้ามา และหลังจากบิกแบง 1,000 ล้านปี - 13,800 ล้านปี อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือ 100 - 2.73 เคลวิน เกิดเป็นเนบิวลารุ่นแรกที่จะก่อกำเนิดเป็นกาแล็กซีรุ่นแรก

คำถามท้ายกิจกรรม



โปรตอน และนิวตรอนเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด และเกิดจากอนุภาคใดบ้าง

แนวคำตอบ เวลาประมาณ 3 นาที ถึง 300,000 ปี และเกิดจากการรวมตัวกันของควาร์ก



นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมเกิดพร้อมกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่ได้เกิดพร้อมกัน นิวเคลียสของไฮโดรเจนหรือโปรตอนเกิดก่อน เมื่อโปรตอนรวมตัวกับนิวตรอนจึงได้นิวเคลียสของฮีเลียม



อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด
แนวคำตอบ ช่วงเวลา 300,000 ปี ถึง 1,000 ล้านปี



นักเรียนคิดว่ากาแล็กซีเกิดจากธาตุใดเป็นองค์ประกอบหลัก
แนวคำตอบ ธาตุไฮโดรเจนและธาตุฮีเลียม



นอกจากการเปลี่ยนแปลงของสสารแล้ว เอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอะไรอีกบ้าง
 และเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ เอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และขนาด โดยอุณหภูมิของเอกภพ
 จะลดลง และขนาดของเอกภพจะขยายใหญ่ขึ้น

3. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการตอบ
 คำถามดังตัวอย่างด้านบน

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน สสาร ขนาด และอุณหภูมิของ
 เอกภพในช่วงเวลาต่าง ๆ จนได้ข้อสรุปดังตาราง

เวลาหลังบิกแบง	อุณหภูมิลดลงเหลือ (K)	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
10^{-43} วินาที	10^{32}	มีพลังงานเกิดขึ้น
10^{-32} วินาที	10^{27}	พลังงานเปลี่ยนเป็นสสารเกิดอนุภาค คือ ควาร์ก อิเล็กตรอน นิวทริโน และปฏิอนุภาค เมื่ออนุภาครวมกับปฏิอนุภาคกลายเป็น พลังงานในรูปของโฟตอน
10^{-6} วินาที	10^{13}	ควาร์ก รวมตัวเป็น โปรตอน (นิวเคลียส ไฮโดรเจน) และนิวตรอน

เวลาหลังบิกแบง	อุณหภูมิลดลงเหลือ (K)	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
3 นาที	10^9	โปรตอนและนิวตรอนรวมตัวเป็นนิวเคลียสฮีเลียม
300,000 ปี	5,000	นิวเคลียสของไฮโดรเจน และนิวเคลียสของฮีเลียม ดึงอิเล็กตรอนเข้ามาในวงโคจรเป็นอะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม เอกภพโปร่งแสงและขยายตัวอย่างรวดเร็ว
1,000 ล้านปี	10^2	อะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียมรวมกันด้วยแรงโน้มถ่วงเกิดเป็น เนบิวลา ดาวฤกษ์ และกาแล็กซี
13,800 ล้านปี	2.73	เอกภพในปัจจุบัน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	1. การตอบคำถาม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 1.1 2. การอภิปรายเพื่อตอบคำถาม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม

1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี เพื่อสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
2. อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเพื่อใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามต่อไปนี้



นักเรียนทราบหรือไม่ว่านักดาราศาสตร์สามารถอธิบายการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพได้อย่างไร และมีหลักฐานใดบ้างสนับสนุนทฤษฎีกำเนิดเอกภพ

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง



ตามทฤษฎีบิกแบงขนาดของเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ขนาดของเอกภพเพิ่มมากขึ้น



นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพกำลังขยายตัว

แนวคำตอบ เก็บข้อมูลจากการเคลื่อนที่ออกจากกันของกาแล็กซีต่าง ๆ

2. ครูและให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 1.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิงเพื่ออธิบายการขยายตัวของเอกภพ



กิจกรรม 1.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง
2. อธิบายการขยายตัวของเอกภพจากแบบจำลอง

เวลา 60 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|---------|
| 1. ลูกโป่งชนิดกลม | 1 ลูก |
| 2. กระดาษสติ๊กเกอร์ขนาด 1 เซนติเมตร × 1 เซนติเมตร | 5 ชิ้น |
| 3. กระดาษกราฟ | 1 แผ่น |
| 4. ยางรัด | 1 เส้น |
| 5. สายวัด | 1 เส้น |
| 6. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |

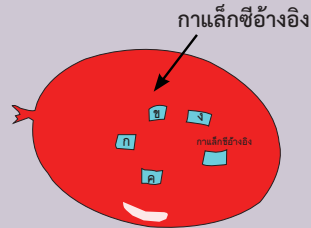
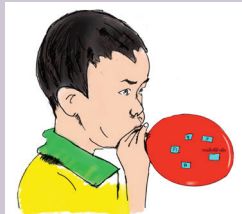
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. การติดสติ๊กเกอร์ควรติดให้ระยะทางแตกต่างกัน
2. ถ้าไม่มีสายวัด ครูอาจให้นักเรียนใช้เชือกและไม่บรรทัดในการวัดระยะทางบนผิวลูกโป่ง
3. ในการเป่าลูกโป่งควรเป่าด้วยแรงที่สม่ำเสมอ
4. วิธีการวัดระยะทางระหว่างสติ๊กเกอร์ควรวัดที่จุดกึ่งกลางของสติ๊กเกอร์

วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดทำแบบจำลองของเอกภพดังนี้
 - 1.1. กำหนดให้ลูกโป่งแทนเอกภพ และสติ๊กเกอร์แทนกาแล็กซี
 - 1.2. เป่าลูกโป่งครั้งที่ 1 ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร
 - 1.3. นำสติ๊กเกอร์ซึ่งแทนกาแล็กซีจำนวน 5 ชิ้น ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งที่กึ่งกลางของสติ๊กเกอร์ และกำหนดให้สติ๊กเกอร์ชิ้นหนึ่งเป็นกาแล็กซีอ้างอิง และที่เหลือเป็นกาแล็กซี ก ข ค ง

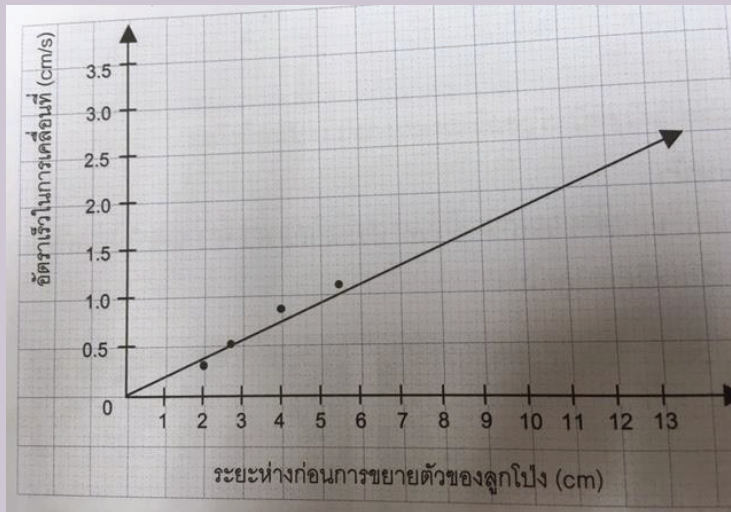
- 1.4. นำสติกเกอร์จากข้อ 1.3 มาติดให้กระจายทั่วลูกโป่ง
2. วัดระยะทางที่สั้นที่สุดจากกาแล็กซีอ้างอิงไปยังกาแล็กซี ก ข ค ง และบันทึกผล
3. เป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ ใช้เวลาในการเป่า 5 วินาที จากนั้นวัดระยะทางเช่นเดียวกับข้อ 2 และบันทึกผล



4. หาผลต่างของระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิงไปยังกาแล็กซี ก ข ค ง ที่วัดได้ในข้อ 2 และข้อ 3 พร้อมบันทึกผล
5. คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี ก ข ค ง และบันทึกผล
6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางตั้งต้น (เป่าครั้งที่ 1) กับความเร็วของกาแล็กซีต่าง ๆ

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

กาแล็กซี อ้างอิงกับ กาแล็กซี	ระยะทาง (ซม.)		ผลต่างของ ระยะทาง (ซม.)	ความเร็วในการ เคลื่อนที่ (ซม./วินาที)
	เป่าครั้งที่ 1	เป่าครั้งที่ 2		
ก	2.0	3.5	1.5	0.30
ข	2.7	5.3	2.6	0.52
ค	4.0	8.3	4.3	0.86
ง	5.5	10.9	5.4	1.08



จากการทำกิจกรรมเมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟจะได้กราฟเส้นตรง ซึ่งแสดงว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ บนผิวลูกโป่งแปรผันตรงกับระยะทางระหว่างกาแล็กซีอ้างอิงและกาแล็กซีจำลองอื่น ๆ โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองที่อยู่ใกล้จะมีความเร็วต่ำกว่ากาแล็กซีจำลองที่อยู่ไกล

คำถามท้ายกิจกรรม

 ในการเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 ระยะทางบนผิวลูกโป่งระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ระยะทางระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิงในการเป่าครั้งที่ 1 น้อยกว่าระยะทางระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิงในการเป่าครั้งที่ 2

 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองแต่ละกาแล็กซีเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ การแก๊กซีจำลองเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแตกต่างกันโดยกาแล็กซีจำลองที่อยู่ใกล้จะเคลื่อนที่เร็วน้อยกว่ากาแล็กซีจำลองที่อยู่ไกล

 กาแล็กซีจำลองใดเคลื่อนที่เร็วที่สุดและกาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น

แนวคำตอบ กาแล็กซี ก และอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงมากที่สุด



กาแล็กซีจำลองใดเคลื่อนที่ช้าที่สุดและกาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น

แนวคำตอบ กาแล็กซี ก และอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงน้อยที่สุด



ระยะทางตั้งต้นมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองอย่างไร

แนวคำตอบ ระยะทางของกาแล็กซีจำลองที่อยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงแปรผันตรงกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ



การขยายตัวของลูกโป่งกับการขยายตัวของเอกภพเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ การขยายตัวของลูกโป่งเปรียบเสมือนการขยายตัวของเอกภพ โดยกาแล็กซีกำลังเคลื่อนที่ออกจากกัน ซึ่งกาแล็กซีที่อยู่ไกลจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้

3. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อจำกัดในการทดลองเรื่องการขยายตัวของลูกโป่ง เนื่องจากการวัดระยะทางบนผิวลูกโป่งเป็นการวัดใน 2 มิติ แต่การที่ลูกโป่งขยายตัวออกเป็นทรงกลม 3 มิติ ทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

4. นักเรียนศึกษากราฟแสดงความสัมพันธ์ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตกับระยะทางของกาแล็กซี ตามกฎฮับเบิล ในหนังสือเรียนหน้า 12 แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจต่อไปนี้



การขยายตัวของเอกภพนำมาใช้ เป็นหลักฐานสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ได้อย่างไร

แนวคำตอบ จากการศึกษาความสัมพันธ์ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตของกาแล็กซีกับระยะทางของกาแล็กซี ทำให้นักดาราศาสตร์ทราบว่าปัจจุบันเอกภพกำลังขยายตัว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบิกแบงที่อธิบายว่า เอกภพกำเนิดมาจากจุดเล็ก ๆ และเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ทำให้เอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีอุณหภูมิสูงมาก เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของเอกภพจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งปัจจุบัน

5. ครูให้นักเรียนศึกษาหลักฐานอื่นที่ใช้ในการสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงในหนังสือเรียนหน้า 13 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



นอกจากการขยายตัวของเอกภพแล้วยังมีหลักฐานอื่นที่ใช้ในการสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงหรือไม่
แนวคำตอบ มี โดยใช้หลักฐานการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ



เมื่อ 300,000 ปีหลังบิกแบง เอกภพแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นใด
แนวคำตอบ มีการแผ่รังสีในช่วงคลื่นแสง



ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ตรวจพบการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นใด
แนวคำตอบ มีการแผ่รังสีในช่วงคลื่นไมโครเวฟ



จากการที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในเอกภพได้เปลี่ยนจากช่วงคลื่นแสงมาเป็นช่วงคลื่นไมโครเวฟ อธิบายได้อย่างไร
แนวคำตอบ อธิบายได้ว่าเมื่อเอกภพขยายตัวทำให้อุณหภูมิของเอกภพกำลังลดลงเมื่อเทียบกับในอดีต

6. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจต่อไปนี้



เพราะเหตุใดไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศจึงถูกนำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

แนวคำตอบ จากแผนภาพวิวัฒนาการของเอกภพ พบว่าเอกภพในช่วงเวลา 10^{-32} ปี หลังบิกแบง เอกภพมีพลังงานเกิดขึ้นในรูปของโฟตอน แต่ปัจจุบันเอกภพมีอุณหภูมิลดลง โดยพลังงานดังกล่าวได้เปลี่ยนความยาวคลื่นอยู่ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งปัจจุบันมีการตรวจวัดคลื่นไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศได้ จึงเป็นหลักฐานหนึ่งที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

แนวทางการวัดประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	1. การตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 1.2 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 1.2 และการตอบคำถาม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม



ความรู้เพิ่มเติม

การที่ฮับเบิลได้สังเกตกาแล็กซีต่าง ๆ จำนวนมากพบว่ากาแล็กซีเหล่านั้นเกิดการเลื่อนทางแดง (redshift) ของเส้นสเปกตรัม ซึ่งการเลื่อนทางแดงเกิดจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ไกลเคลื่อนที่ห่างออกไปจากผู้สังเกต ความถี่ของแสงจะลดลงหรือความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ซึ่งสเปกตรัมจะเลื่อนไปทางสีแดง แสดงว่ากาแล็กซีกำลังเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ความถี่ของแสงจะมากขึ้นหรือความยาวคลื่นลดลง สเปกตรัมจะเลื่อนไปทางสีน้ำเงินเรียกว่าการเลื่อนทางน้ำเงิน (blueshift)

การอธิบายถึงการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง โดยมีหลักฐานที่สนับสนุนคือการขยายตัวของเอกภพซึ่งได้จากการตรวจวัดความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี และการตรวจวัดไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งแสงคลื่นวิทยุ และไมโครเวฟ แต่ในปัจจุบันมีการตรวจพบคลื่นชนิดใหม่ที่เรียกว่าคลื่นความโน้มถ่วง ซึ่งเป็นระลอกคลื่นที่เกิดจากการขยายและหดตัวในปริภูมิเวลา ที่เกิดจากสสารเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เช่น การเกิดซูเปอร์โนวาของดาวฤกษ์ การชนกันของหลุมดำหรือดาวนิวตรอน คลื่นความโน้มถ่วงกระจายไปทั่วด้วยความเร็วของแสง แม้ไปในเอกภพ ทำให้สามารถอธิบายการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพได้ละเอียดและแม่นยำกว่าเดิม

ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ ทำนายว่ามวลที่มีขนาดใหญ่เมื่อเคลื่อนที่ที่สามารถแผ่คลื่นความโน้มถ่วงออกไปรอบ ๆ ได้โดยคลื่นความโน้มถ่วงมีอยู่ในธรรมชาติตั้งแต่เอกภพกำเนิดขึ้นมา แต่ยังไม่สามารถวัดคลื่นความโน้มถ่วงได้ จนกระทั่งหอสังเกตการณ์คลื่นความโน้มถ่วงไลโก (LIGO : The Laser Interferometry Gravitational Wave Observatory) ได้ตรวจจับและทำการวัดการมีอยู่ของคลื่นความโน้มถ่วงที่เกิดจากการชนกันของหลุมดำ ซึ่งการค้นพบในครั้งนี้ได้ยืนยันว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ที่ทำนายไว้จริง การตรวจพบคลื่นความโน้มถ่วงที่มีความเข้มน้อยมาก ๆ เป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2558 ตรวจพบครั้งที่สอง ในวันที่ 25 ธันวาคม 2558 ตรวจพบครั้งที่สาม ในวันที่ 4 มกราคม 2560 จากการตรวจพบทั้ง 3 ครั้ง ใช้หอสังเกตการณ์ 2 แห่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกาทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่หลุมดำชนกันได้อย่างแม่นยำ และตรวจพบครั้งที่สี่ ในวันที่ 14 สิงหาคม 2560 ซึ่งเป็นการตรวจวัดคลื่นความโน้มถ่วงที่ได้จากหอสังเกตการณ์เพิ่มขึ้นที่ประเทศอิตาลี คือหอสังเกตการณ์เวอร์โก (VIRGO) และจากหอสังเกตการณ์ 3 แห่ง นี้สามารถตรวจวัดคลื่นความโน้มถ่วงได้พร้อมกันทำให้สามารถระบุตำแหน่งที่หลุมดำชนกันได้อย่างแม่นยำขึ้น โดยก่อนหน้านี้เราใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น แสง อินฟราเรด รังสีเอกซ์

สังเกตปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพาเราย้อนอดีตไปได้อย่างมากเพียง 300,000 ปีหลังบิกแบง แต่คลื่นความโน้มถ่วงสามารถพาเราย้อนเวลาไปได้ไกลกว่านั้น

1.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายองค์ประกอบและโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก
2. ระบุตำแหน่งของระบบสุริยะพร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครุณาเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูภาพกาแล็กซีต่าง ๆ และตอบคำถามโดยใช้ประเด็นคำถามดังต่อไปนี้



จากภาพกาแล็กซีประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน (ประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก)



นักเรียนรู้จักกาแล็กซีใดบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น กาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซีแอนโดรเมตา กาแล็กซีแมเจลแลน



เราอาศัยอยู่ในกาแล็กซีอะไร

แนวคำตอบ กาแล็กซีทางช้างเผือก



กาแล็กซีทางช้างเผือกมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ มีลักษณะคล้ายกังหันแบบมีคาน

2. ให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก และตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือกในหนังสือเรียนหน้า 16 ร่วมกันอภิปรายโดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้



กาแล็กซีทางช้างเผือกมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ มีลักษณะคล้ายกังหัน และมีคานยาวอยู่ตรงแกนกลาง



โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ประกอบด้วย นิวเคลียส จาน ฮาโล



บริเวณใดของกาแล็กซีที่มีดาวฤกษ์หนาแน่นที่สุด

แนวคำตอบ บริเวณนิวเคลียส



บริเวณใดที่มีขนาดใหญ่ที่ครอบคลุมบริเวณทั้งหมดของกาแล็กซีทางช้างเผือก

แนวคำตอบ บริเวณฮาโล



ระบบสุริยะอยู่ที่ตำแหน่งใดในกาแล็กซีทางช้างเผือก

แนวคำตอบ อยู่ตรงบริเวณแขนข้างหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก

3. นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจดังนี้



ถ้านักเรียนจะติดต่อสื่อสารกับเพื่อนต่างดาว นักเรียนจะบอกตำแหน่งของนักเรียนในเอกภพอย่างไร เพื่อนต่างดาวจึงสามารถติดต่อกลับมาได้ (เราอยู่ที่ไหนบนโลก โลกอยู่ที่ไหนในระบบสุริยะ ระบบสุริยะอยู่ที่ไหนในกาแล็กซี)

แนวคำตอบ ระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยอยู่ห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซีทางช้างเผือกประมาณ 30,000 ปีแสง และโลกของเราอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร โดยตำแหน่งพิกัดของนักเรียนบนโลกจะขึ้นกับตำแหน่งที่นักเรียนอยู่ เช่น ถ้านักเรียนอยู่ที่กรุงเทพฯ จะมีละติจูด 13.5 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.5 องศาตะวันออก

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการมองเห็นทางช้างเผือกบนโลกโดยใช้คำถามดังนี้
 ? กาแล็กซีทางช้างเผือกและทางช้างเผือกแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกลุ่มของดาวฤกษ์จำนวนมากที่อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง มีลักษณะคล้ายกังหันมีคาน ทางช้างเผือกเป็นแสงจากดาวฤกษ์จำนวนมากที่อยู่ในแนวระนาบของกาแล็กซีทางช้างเผือกที่มองเห็นได้จากโลกโดยจะเห็นเป็นแถบฝ้าจาง ๆ พาดผ่านท้องฟ้าเป็นทางยาว

- ? ทางช้างเผือกที่เรามองเห็นได้จากโลกคือส่วนใดของกาแล็กซีทางช้างเผือก

แนวคำตอบ เป็นกลุ่มดาวฤกษ์บริเวณจานและนิวเคลียสของกาแล็กซีทางช้างเผือก

- ? เราสามารถสังเกตเห็นทางช้างเผือกได้ในช่วงเดือนใด จากกลุ่มดาวอะไร

แนวคำตอบ ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสังเกตทางช้างเผือกได้แก่ปลายเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม โดยใจกลางของทางช้างเผือกจะอยู่ในกลุ่มดาวแมงป่องและกลุ่มดาวคนยิงธนู

- ? เพราะเหตุใดในแต่ละเดือนเราจึงเห็นทางช้างเผือกมีลักษณะแตกต่างกัน

แนวคำตอบ เนื่องจากโลกเปลี่ยนตำแหน่งในวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้คนบนโลกมองเห็นแถบฝ้าของทางช้างเผือกเปลี่ยนแปลงไปตามมุมมองของผู้สังเกตบนโลก

5. ครูอาจให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมลองทำดู เรื่องแบบจำลองกาแล็กซีทางช้างเผือก เพื่อเป็นการสรุปองค์ความรู้ที่ได้เรียนมา

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายความรู้เกี่ยวกับกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้

- ? นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างเป็นกังหันมีคาน

แนวคำตอบ โดยการนำภาพถ่ายท้องฟ้าทุกทิศทางมาต่อกันตามตำแหน่งที่ใช้พิกัดกาแล็กซี ซึ่งมีแกนนอนเป็นเส้นที่ผ่านทางช้างเผือก จะได้รูปร่างตามความหนาแน่นของดาวฤกษ์โดยบริเวณใจกลางจะมีดาวอยู่อย่างหนาแน่น และลดลงไปตามแขนทั้งสองข้าง ส่วนบริเวณใจกลางที่เป็นคานของกาแล็กซีทางช้างเผือกศึกษาโดยใช้การตรวจจذبอินฟราเรดและคลื่นวิทยุ (ซึ่งสามารถทะลุผ่านฝุ่นได้) จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก พบว่าแหล่งกำเนิดเหล่านั้นมีการเรียงตัวเป็นแถวต่อเนื่องกันในแนวเส้นตรง นักดาราศาสตร์จึงสรุปว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างกังหันที่มีคาน



เพราะเหตุใดเราไม่สามารถเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกทั้งหมด

แนวคำตอบ เพราะเราอยู่ภายในกาแล็กซีทางช้างเผือก นอกจากนี้นักดาราศาสตร์ยังพบว่า มีสสารภายในกาแล็กซีทางช้างเผือกถึงร้อยละ 90 ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้



ถ้าหากในอนาคตกาแล็กซีทางช้างเผือกและกาแล็กซีแอนดรอเมดาเคลื่อนที่ชนกัน นักเรียนคิดว่า จะส่งผลกระทบต่อโลกของเราหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อโลก เนื่องจากดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในแต่ละกาแล็กซีอยู่ห่างกันมาก ดังนั้นจึงมีโอกาสน้อยมากที่ดาวฤกษ์ต่าง ๆ จะมาชนกัน ส่วนแรงโน้มถ่วงของกาแล็กซีทั้งสองจะทำให้รูปทรงของกาแล็กซีเปลี่ยนไปซึ่งกาแล็กซีทั้งสองจะรวมกันเป็นกาแล็กซีที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: 1. องค์ประกอบและโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก 2. ตำแหน่งของระบบสุริยะและสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก	1. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 2. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 1.2 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 1.2 และการตอบคำถาม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม



ความรู้เพิ่มเติม

กาแล็กซีที่ปรากฏให้เห็นนั้น มีทั้งกาแล็กซีรี กาแล็กซีกังหัน และกาแล็กซีไร้รูปแบบ กาแล็กซีเหล่านี้มีรูปร่างที่แตกต่างกันเนื่องจากความเร็วในการก่อตัวที่แตกต่างกัน ถ้าการก่อตัวของกาแล็กซีและดาวฤกษ์ภายในกาแล็กซีเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ กาแล็กซีที่เกิดขึ้นจะเป็นกาแล็กซีกังหัน แต่ถ้าการก่อตัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว กาแล็กซีจะมีดาวฤกษ์และสสารต่าง ๆ กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ จะเกิดเป็นกาแล็กซีรีหรือกาแล็กซีเลนส์ อย่างไรก็ตาม กาแล็กซีก็มีการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน โดยเกิดจากการชนกันและรวมกันของกาแล็กซี ซึ่งเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทำให้เกิดกาแล็กซีมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยนักดาราศาสตร์สามารถแบ่งประเภทกาแล็กซีตามรูปร่างเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ กาแล็กซีปกติ (regular galaxy) และกาแล็กซีไร้รูปแบบ (irregular galaxy)

กาแล็กซีปกติ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

1. กาแล็กซีรี (elliptical galaxy) เป็นกาแล็กซีที่เป็นรูปทรงรี ใช้สัญลักษณ์ E โดย E0 มีความรีน้อยที่สุด และ E7 มีความรีมากที่สุด เช่น กาแล็กซี Messier 87 กาแล็กซี Messier 59



2. กาแล็กซีกังหัน หรือ กาแล็กซีก้นหอย (spiral galaxy) ใช้สัญลักษณ์ S แบ่งได้ 2 ประเภทได้แก่ กาแล็กซีกังหันธรรมดา และ กาแล็กซีกังหันแบบมีคาน

2.1 กาแล็กซีกังหันธรรมดา โดยกาแล็กซีกังหันชนิด Sa มีแขนใกล้เคียงกันกว่าชนิด Sb และ Sc และสัดส่วนของขนาดนิวเคลียส Sa มากกว่า Sb และ Sc ตามลำดับ เช่น M81, NGC 5457 กาแล็กซีแอนดรอเมดา เป็นกาแล็กซีชนิด Sb



2.2 กาแล็กซีกังหันแบบมีคาน ใช้สัญลักษณ์ SB โดยกาแล็กซีกังหันมีคานชนิด SBa มีแขนใกล้เคียงกันกว่าชนิด SBb และ SBc เช่น กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีชนิด SBb



3. **กาแล็กซีเลนส์** หรือ **กาแล็กซีลูกสะบ้า** (lenticular galaxy) เป็นกาแล็กซีที่มีรูปทรงคล้ายเลนส์นูน ใช้สัญลักษณ์ S0 เช่น NGC 2787, NGC 5866



รูป 1.10 กาแล็กซี NGC 5866 เป็นกาแล็กซีเลนส์

กาแล็กซีไร้รูปแบบ เป็นกาแล็กซีที่มีรูปทรงแตกต่างจากกาแล็กซีปกติ เช่น กาแล็กซี IC 3583 กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่ และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก





แบบฝึกหัดท้ายบท

- นำคำหรือข้อความที่กำหนด มาเติมในช่องว่างให้สอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างวิวัฒนาการของเอกภพ และเรียงลำดับกระบวนการดังกล่าวตามลำดับวิวัฒนาการของเอกภพ

อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม นิวเคลียสของฮีเลียม โปรตอนและนิวตรอน พลังงาน กาแล็กซีรุ่นแรก

- นิวเคลียสของฮีเลียม** เกิดจากโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกัน
- พลังงาน** เกิดจากอนุภาคและปฏิอนุภาครวมตัวกัน
- โปรตอนและนิวตรอน** เกิดจากควาร์กบางชนิดรวมตัวกัน
- กาแล็กซีรุ่นแรก** เกิดจากธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกัน
- อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม** เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกัน

สามารถจัดลำดับกระบวนการตามวิวัฒนาการของเอกภพ ได้ดังนี้ **2 3 1 5 4**

- จงทำเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย (✗) หน้าข้อความที่ผิด

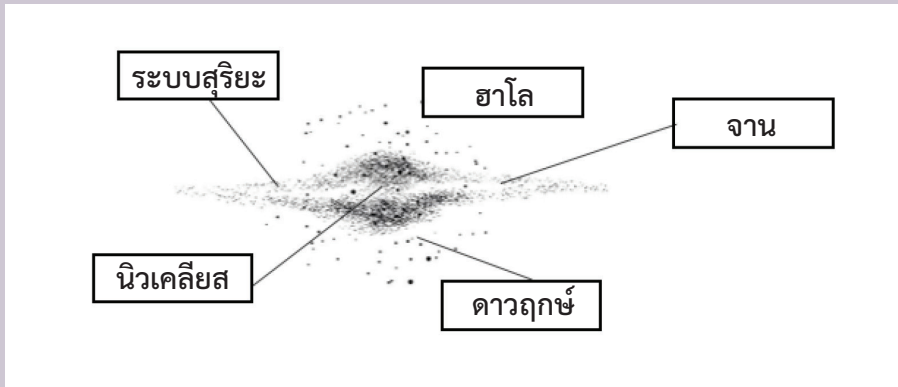
เครื่องหมาย	ข้อความ
✗	1. กาแล็กซีกำเนิดมาพร้อมกับเอกภพ
✓	2. อุณหภูมิของเอกภพจะลดลง หลังจากกำเนิดของเอกภพ
✗	3. ในช่วง 10^{-32} วินาทีหลังบิกแบง เอกภพมีแต่อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม
✓	4. ไมโครเวฟพื้นหลังเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่หลงเหลืออยู่จากการกำเนิดเอกภพ
✓	5. อุณหภูมิของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่พบในปัจจุบันสอดคล้องกับอุณหภูมิของเอกภพในช่วง 300,000 ปี ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีบิกแบง

เครื่องหมาย	ข้อความ
✓	6. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตกับระยะทางของกาแล็กซีกับผู้สังเกต เป็นหลักฐานหนึ่งที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
✓	7. ปัจจุบันเอกภพมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 2.73 เคลวิน
✓	8. กาแล็กซีรุ่นแรกเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมที่เกิดจากบิกแบง
✗	9. ระบบสุริยะอยู่ที่บริเวณใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก
✗	10. มนุษย์สามารถสังเกตเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกจากโลกได้ด้วยตาเปล่า

3. อุณหภูมิของเอกภพในอดีตแตกต่างจากอุณหภูมิเอกภพในปัจจุบันอย่างไร เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ อุณหภูมิของเอกภพในอดีตจะสูงมากแต่อุณหภูมิเอกภพในปัจจุบันจะลดลงมาก เพราะเอกภพมีการขยายตัว

4. ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเหมือนหรือต่างจากไมโครเวฟที่นักเรียนรู้จักอย่างไร
แนวคำตอบ เหมือนกัน แต่มีความถี่หรือความยาวคลื่นต่างกัน

5. นำคำที่กำหนดระบุลงในแผนภาพเพื่ออธิบายโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือกและนำมาเติมในช่องว่างให้สอดคล้องกับคำอธิบาย



ระบบสุริยะ นิวเคลียส จาน ฮาโล ดาวฤกษ์

- ก.ฮาโล.....บริเวณที่อยู่รอบนอกสุดของกาแล็กซีทางช้างเผือก
 ข.นิวเคลียส.....บริเวณที่มีจำนวนดาวฤกษ์รวมตัวกันอย่างหนาแน่น
 ค.จาน.....บริเวณที่มองเห็นเป็นเกลียวคล้ายกังหัน
 ง.ระบบสุริยะ....บริเวณที่เราอาศัยอยู่

6. นักเรียนคนหนึ่งกล่าวว่า ดาวฤกษ์ทั้งหมดที่เห็นบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เห็นด้วย เพราะกาแล็กซีทางช้างเผือกมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับตัวเรา ดังนั้น ดาวฤกษ์ทั้งหมดที่เห็นบนท้องฟ้าจึงเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก เราไม่สามารถมองเห็นดาวฤกษ์ในกาแล็กซีอื่นด้วยตาเปล่าได้เพราะดาวฤกษ์เหล่านั้นอยู่ไกลมาก เห็นได้เฉพาะกาแล็กซีเพื่อนบ้านได้แก่ กาแล็กซีแอนดรอเมดา กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่ และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก

7. ทางช้างเผือกกับกาแล็กซีทางช้างเผือก เกี่ยวข้องกันอย่างไร

แนวคำตอบ ทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่เป็นเพียงส่วนหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือกโดยมีลักษณะเป็นแนวผ้าขาวพาดผ่านกลุ่มดาวต่าง ๆ



ตัวชี้วัด

1. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
4. อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด

1. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
4. อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัจจัยและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและกำลังส่องสว่างที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาดของดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซ และสเปกกับเวลา	1. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2. การสื่อสาร 3. การทำงานร่วมกัน 4. การคิดและการแก้ปัญหา	1. ความมีเหตุผล 2. ความรับผิดชอบ 3. ความใจกว้าง 4. การร่วมมือช่วยเหลือ 5. ความอยากรู้อยากเห็น 6. ค ว า ม ส น ใจ ใน วิทยาศาสตร์ 7. การเห็นคุณค่าในวิทยาศาสตร์

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความส่องสว่าง อุณหภูมิผิว สี สเปกตรัม



ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ เป็นพลังงานของดาวฤกษ์ที่แผ่มาถึงยังผู้สังเกต ซึ่งสัมพันธ์กับกำลังส่องสว่างของดาวและระยะห่างจากผู้สังเกต โดยเปรียบเทียบความส่องสว่างเป็นโชติมาตร



อุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ ส่งผลต่อสีและสเปกตรัมของดาวฤกษ์



ดาวฤกษ์กำเนิดจากการยุบตัวของสสารในเนบิวลาด้วยแรงโน้มถ่วงเกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่อบริเวณแก่นของดาวฤกษ์ก่อนเกิดมีอุณหภูมิสูงมากเพียงพอจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ดาวฤกษ์ก่อนเกิดจึงกลายเป็นดาวฤกษ์



มวลของดาวฤกษ์ส่งผลต่อวิวัฒนาการและอายุขัยของดาวฤกษ์ และดาวฤกษ์มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการตามวิวัฒนาการ

สาระสำคัญ

ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความส่องสว่าง โคติมาตร สี และอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ ซึ่งสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ทราบถึงกระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่เกิดจากการยุบตัวของเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง ทำให้เนบิวลามีขนาดเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่ออุณหภูมิที่แก่นสูงขึ้นจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นกลายเป็นดาวฤกษ์ เมื่อดาวฤกษ์อยู่ในสภาพสมดุลระหว่างแรงดันกับแรงโน้มถ่วงดาวฤกษ์จะมีขนาดคงที่ ซึ่งดาวฤกษ์แต่ละดวงจะมีการวิวัฒนาการที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

- | | | |
|----------------------------------|---|---------|
| 1. สมบัติของดาวฤกษ์ | 4 | ชั่วโมง |
| 2. กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ | 2 | ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

ความดัน/แรงดัน สเปกตรัมของแสง เนบิวลา แรงโน้มถ่วง ความแตกต่างของดาวฤกษ์และดาวเคราะห์

2.1. สมบัติของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัจจัยและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและกำลังส่องสว่างที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำภาพดวงดาวบนท้องฟ้าเช่น ภาพดวงดาวในกลุ่มดาวนายพรานให้นักเรียนแต่ละกลุ่มและนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



รูป ภาพถ่ายดาวในกลุ่มดาวนายพราน



จากรูปกลุ่มดาวนายพรานประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่สำคัญอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ดาวเบเทลจัส เบลลาทริกซ์ อัลนิแทค อัลนิลัม มินตากะ



ดาวแต่ละดวงในรูป มีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกัน ดาวแต่ละดวงมีสีต่างกัน มีความส่องสว่างต่างกัน (นักเรียนอาจตอบว่ามีขนาดต่างกัน แต่ขนาดของดาวจะบอกไม่ได้จากภาพ บอกได้แค่ว่าจุดใดสว่างกว่ากัน)



นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการมองเห็นดวงดาวบนท้องฟ้า

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง (เป็นคำถามกระตุ้นความสนใจเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน)

2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมกิจกรรม 2.1 หลอดไฟดวงไหนสว่างกว่ากัน เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่าง



กิจกรรม 2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่าง

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟ

เวลา 60 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. หลอดไฟกำลังส่องสว่าง 60 วัตต์ และ 100 วัตต์ | 2 หลอด |
| 2. ลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter) | 1 อัน |
| 3. ไม้มเมตร | 1 อัน |

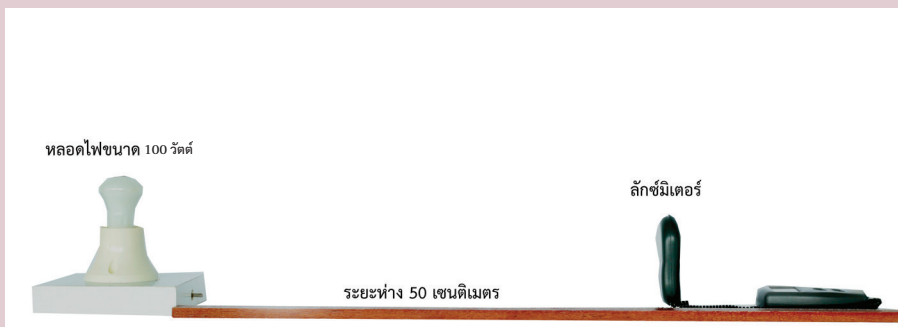
สิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้า

1. ครูควรแนะนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรม พร้อมสอนวิธีการอ่านค่าและบันทึกค่าที่อ่านได้จากลักซ์มิเตอร์
2. ควรทำกิจกรรมในห้องที่มีแสงน้อย และควรเตรียมแผ่นพลาสติกเพื่อบังแสงไม่ให้แสงจากหลอดไฟของแต่ละกลุ่มรบกวนกัน

3. ครูผู้สอนสามารถปรับระยะห่างของหลอดไฟได้ตามความเหมาะสม

วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดชุดการทดลองโดยวางหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่าง 100 วัตต์ ให้ห่างจากลักซ์มิเตอร์ 50 เซนติเมตร และจัดลักซ์มิเตอร์ให้ตั้งฉากกับพื้นและตรงกับตำแหน่งของหลอดไฟ ดังรูป



2. เปิดสวิตช์หลอดไฟกำลังส่องสว่าง 100 วัตต์ จากนั้นปิดไฟในห้องทุกดวงและอ่านค่าความสว่างของหลอดไฟจากลักซ์มิเตอร์ บันทึกผล

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2 แต่เปลี่ยนเป็นหลอดไฟกำลังส่องสว่าง 60 วัตต์ อ่านค่าความส่องสว่างและบันทึกผล



4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 แต่เปลี่ยนระยะทางเป็น 75 และ 100 เซนติเมตร ตามลำดับ อ่านค่าความส่องสว่างและบันทึกผล

5. เปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างต่างกัน ที่ระยะทางเท่ากัน

6. เปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างเท่ากัน ที่ระยะทางต่างกัน

7. นำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

กำลังไฟของหลอดไฟ (W)	ระยะห่าง (cm)	ความสว่าง (lx)
60 W	50	
100 W	50	
60 W	50	
	75	
	100	
	125	

สรุปผลการทำกิจกรรม

ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของหลอดไฟและระยะห่างของหลอดไฟกับผู้สังเกต โดยหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างมากกว่าจะมีความสว่างมากกว่าหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างน้อยกว่า ส่วนหลอดไฟที่มีความส่องสว่างเท่ากันถ้าอยู่ห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น ความสว่างของหลอดไฟจะลดลง

คำถามท้ายกิจกรรม



หลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างแตกต่างกัน แต่ระยะทางจากผู้สังเกตเท่ากัน จะมีความสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกัน ที่ระยะห่างเท่ากันหลอดไฟที่กำลังส่องสว่างสูงจะมีค่าความสว่างมากกว่าหลอดไฟกำลังส่องสว่างน้อยกว่า



หลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่างเท่ากัน แต่ระยะทางจากผู้สังเกตแตกต่างกัน จะมีความสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อขยับหลอดไฟห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น ความสว่างของหลอดไฟจะลดลง



ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟ

แนวคำตอบ ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของหลอดไฟและระยะห่างจากหลอดไฟถึงผู้สังเกต



เราสามารถวัดความสว่างของหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ ได้มากกว่าหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ได้ในกรณีใดบ้าง

แนวคำตอบ เมื่อขยับหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ เข้ามาใกล้ผู้สังเกตมากขึ้น หรือขยับหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ให้ห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น

3. จากกิจกรรมและการตอบคำถามท้ายกิจกรรม นักเรียนควรสรุปได้ดังนี้

ความสว่างของหลอดไฟเปรียบเสมือนความส่องสว่างของดาวฤกษ์ โดยความส่องสว่างของดาวฤกษ์จะขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์และระยะห่างของดาวฤกษ์กับผู้สังเกต โดยดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างมากจะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างน้อย เมื่อระยะห่างจากผู้สังเกตเท่ากัน และดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้ผู้สังเกตจะมีความส่องสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลจากผู้สังเกต เมื่อกำลังส่องสว่างของดาวทั้งสองเท่ากัน

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์โดยใช้โชติมาตร ให้นักเรียนศึกษาจากหนังสือเรียนหน้า 28 โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้



จากรูป 2.2 ในหนังสือเรียนหน้า 28 เมื่อมองจากโลกเราจะได้เห็นดาวฤกษ์ดวงใดสว่างที่สุด (ยกเว้นดวงอาทิตย์)

แนวคำตอบ ดาวซีริอัส เนื่องจากในแผนภาพดาวซีริอัสเป็นดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยที่สุด (ยกเว้นดวงอาทิตย์)



จากรูป 2.2 เมื่อมองจากโลกนักเรียนจะเห็นดาวเหนือ (Polaris) หรือ ดาวศุกร์ (วันที่สว่างสุด) สว่างกว่ากัน

แนวคำตอบ จะเห็นดาวศุกร์สว่างกว่าเนื่องจากมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่า



นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรปรากฏกับความส่องสว่างของวัตถุท้องฟ้าได้อย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อมองจากโลกวัตถุท้องฟ้าที่มีความส่องสว่างน้อย จะมีค่าโชติมาตรปรากฏมาก และวัตถุท้องฟ้าที่มีความส่องสว่างมากจะมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อย

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับโชติมาตรสมบูรณ์โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ตาราง 2.1 เพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมเพื่อทบทวนความเข้าใจเกี่ยวกับโชติมาตรปรากฏ และโชติมาตรสมบูรณ์ โดยคำถามดังต่อไปนี้



จากข้อมูลในตาราง 2.1 เมื่อมองจากโลกเราจะได้เห็นดาวฤกษ์ดวงใดสว่างที่สุด (ยกเว้นดวงอาทิตย์) เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ คนบนโลกจะเห็นดาวซีริอัสสว่างที่สุดเนื่องจากมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยที่สุด



โชติมาตรปรากฏสามารถนำมาเปรียบเทียบค่ากำลังส่องสว่างที่แท้จริงของดาวฤกษ์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้ เนื่องจากดาวแต่ละดวงอยู่ห่างจากผู้สังเกตแตกต่างกัน



โชติมาตรปรากฏและค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวมีความแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ โชติมาตรปรากฏของดาวเป็นตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กับความส่องสว่างของดาวที่มองเห็นได้จากโลก แต่โชติมาตรปรากฏไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ได้เนื่องจากดาวแต่ละดวงอยู่ห่างจากโลกแตกต่างกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ได้จึงได้มีการกำหนดค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ที่ระยะห่างจากโลกเท่ากัน โดยเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์เมื่อกำหนดให้ดาวฤกษ์อยู่ห่างจากโลกเท่ากับ 10 พาร์เซก หรือประมาณ 32.6 ปีแสง



เมื่อมองจากโลกเราจะเห็นดาวเวกา หรือดาวดวงแก้วสว่างกว่ากัน

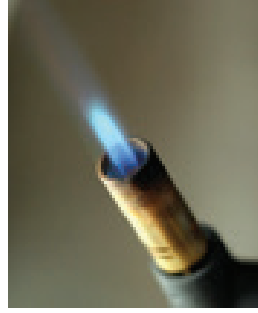
แนวคำตอบ จะเห็นดาวดวงแก้วสว่างกว่าดาวเวกา เนื่องจากดาวดวงแก้วมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่าดาวเวกา



เมื่อมองจากโลกจะเห็นดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากกว่ากัน ระหว่างดาวซีริอัส และดาวคาโนปัส และถ้าหากผู้สังเกตอยู่ห่างจากดาวทั้งสองดวงเป็นระยะทางเท่ากันจะเห็นดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากกว่ากัน ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อมองจากโลกจะเห็นดาวซีริอัสสว่างกว่าดาวคาโนปัส เนื่องจากดาวซีริอัสมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่าสว่างกว่าดาวคาโนปัส แต่ถ้าผู้สังเกตอยู่ห่างจากดาวทั้งสองที่ระยะทางเท่ากันพบว่าผู้สังเกตจะเห็นดาวคาโนปัสสว่างกว่าดาวซีริอัส ซึ่งสามารถดูได้จากค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ โดยดาวคาโนปัสจะมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์น้อยกว่าดาวซีริอัส

6. ครุณาเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับสีและสเปกตรัมของดาวโดยให้นักเรียนสังเกตภาพสีของเปลวไฟที่ได้จากเทียนไขและเปลวไฟที่ได้จากหัวพ่นไฟ พร้อมอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้



สีของเปลวไฟในสองภาพนี้ต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกัน สีของเทียนจะมีสีส้ม สีจากหัวพ่นไฟจะมีสีฟ้า



นักเรียนคิดว่าเปลวไฟจากแหล่งพลังงานดังภาพทั้งสอง มีอุณหภูมิแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกัน เปลวไฟจากหัวพ่นไฟอุณหภูมิสูงกว่าเปลวไฟที่ได้จากเทียนไข



สีของเปลวไฟมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ สัมพันธ์กันโดยเปลวไฟของหัวพ่นไฟเป็นสีน้ำเงินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเปลวไฟของเทียนไขซึ่งมีสีส้ม

7. ครูอภิปรายเกี่ยวกับสีของดาวฤกษ์โดยใช้รูป 2.1 ในหนังสือเรียนหน้า 24 โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้



เพราะเหตุใดดาวฤกษ์บนท้องฟ้าจึงมีสีแตกต่างกัน

แนวคำตอบ (ตอบตามความเข้าใจของผู้เรียน)



สีของดาวฤกษ์จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวของดาวหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ (ตอบตามความเข้าใจของผู้เรียน)

8. นักเรียนทำกิจกรรม 2.2 สี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์



กิจกรรม 2.2 สี อุณหภูมิผิวและชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของ ดาวฤกษ์

เวลา 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

ตารางแสดงข้อมูลแสดงสเปกตรัม สีและอุณหภูมิผิวที่สัมพันธ์กันของดาวฤกษ์

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาข้อมูล สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ จากตารางที่กำหนด

ดาว	สี	อุณหภูมิผิวโดยประมาณ (เคลวิน)
ดวงอาทิตย์	เหลือง	5,780
ดาวรวงข้าว	ขาวแกมเหลือง	6,760
ดาวซีริอัส	ขาว	9,940
ดาวไรเจล	น้ำเงินแกมขาว	11,000
ดาวโพซิออน (A)	ขาวแกมเหลือง	6,530
ดาวคาเพลลา	เหลือง	4,900
ดาวปาริชาต	แดง	3,570
ดาวหัวใจสิงห์	น้ำเงินแกมขาว	10,300
ดาวเวกา	ขาว	9,600
ดาวเบเทลจูส	แดง	3,500
ดาวอัลนีแทค	น้ำเงิน	30,000

2. เรียงลำดับดาวตามอุณหภูมิผิวดาวจากอุณหภูมิต่ำไปอุณหภูมิสูง
3. สืบค้นข้อมูลและระบุชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ที่กำหนดให้สัมพันธ์กับสีและอุณหภูมิผิวดาว
4. จัดกลุ่มของดาวฤกษ์ตามเกณฑ์ที่นักเรียนกำหนด
5. นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่าสีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวดาว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวดาวสูงจะมีสีน้ำเงินหรือน้ำเงินแกมขาว ดาวที่มีอุณหภูมิผิวดาวต่ำลงจะมีสีขาว ดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวดาวปานกลางจะมีสีเหลือง และดาวฤกษ์อุณหภูมิผิวดาวค่อนข้างต่ำจะมีสีส้มและสีแดงตามลำดับ

คำถามท้ายกิจกรรม



จากกิจกรรมนักเรียนสามารถจำแนกดาวฤกษ์ที่กำหนดได้กี่กลุ่ม อะไรบ้างและใช้อะไรเป็นเกณฑ์

แนวคำตอบ ตอบตามผลการทำกิจกรรมของนักเรียนในชั้นเรียน เช่น จัดกลุ่มตามสีของดาวฤกษ์ จัดกลุ่มตามอุณหภูมิผิวดาว



ดาวฤกษ์ดวงใดมีอุณหภูมิผิวดาวสูงที่สุด มีสีใดและมีสเปกตรัมชนิดใด

แนวคำตอบ ดาวอัลนีแทคมีอุณหภูมิผิวดาว 30,000 เคลวิน และมีสีน้ำเงินแกมขาว สเปกตรัมชนิด B



ดาวฤกษ์ดวงใดมีอุณหภูมิผิวดาวต่ำที่สุด มีสีใดและมีสเปกตรัมชนิดใด

แนวคำตอบ ดาวเบเทลจัส มีอุณหภูมิผิวดาว 3500 เคลวิน มีสีแดง สเปกตรัมชนิด M



อุณหภูมิผิวของดาวมีความสัมพันธ์กับสีและสเปกตรัมของดาวอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวที่มีอุณหภูมิผิวต่างกันจะมีสีและสเปกตรัมแตกต่างกันตามตารางดังนี้

ชนิดสเปกตรัม	สี	อุณหภูมิผิวโดยประมาณ (เคลวิน)
O	น้ำเงิน	มากกว่า 30,000
B	น้ำเงินแกมขาว	10,000-30,000
A	ขาว	7,500-10,000
F	ขาวแกมเหลือง	6,000-7,500
G	เหลือง	4,900-6,000
K	ส้ม	3,500-4,900
M	แดง	2,500- 3,500

9. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในหนังสือเรียนหน้า 33 ตาราง 2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสเปกตรัม สี และอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ และตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจดังนี้



ดาว ก มีสเปกตรัม O และดาว ข มีสเปกตรัม M ดาวทั้งสองจะมีสมบัติใดแตกต่างกันบ้าง และแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ มีอุณหภูมิผิวและสเปกตรัมแตกต่างกัน โดยดาว ก จะมีสเปกตรัมสีน้ำเงิน ซึ่งจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าดาว ข ซึ่งมีสเปกตรัมสีแดง

10. ครูเชื่อมโยงความรู้เรื่องสมบัติของดาวฤกษ์เพื่อเข้าสู่หัวข้อเรื่องกำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์โดยใช้ตัวอย่างคำถามต่อไปนี้



นักเรียนคิดว่าในอนาคตสีหรืออุณหภูมิของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ ในอนาคตเมื่อดาวฤกษ์มีการใช้เชื้อเพลิงหมดทำให้สีหรืออุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์เปลี่ยนแปลงไป

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: สมบัติดาวฤกษ์	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.1 และ 2.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร 3. การทำงานร่วมกัน	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 2.1 และ 2.2 2. การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม 3. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบระหว่างการทำงานกลุ่ม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม



ความรู้เพิ่มเติม

การจัดอันดับความส่องสว่างของฮิปปาร์คัส

ฮิปปาร์คัส (Hipparchus) เป็นนักดาราศาสตร์ชาวกรีกในช่วง 190 - 127 ปีก่อนคริสต์ศักราช เป็นคนแรกที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบความส่องสว่างปรากฏ (apparent brightness) ของดาวด้วยตาเปล่า โดยแบ่งดาวตามความสว่าง เรียกว่า อันดับความสว่าง หรือ โชติมาตรปรากฏ และกำหนดเป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 - 6 โดยให้ดาวฤกษ์ที่เห็นสว่างที่สุดมีโชติมาตรปรากฏเป็นอันดับต้นสุดคือ 1 และดาวฤกษ์ที่เห็นแสงริบหรี่ หรือสว่างน้อยที่สุดมีโชติมาตรปรากฏอันดับท้ายสุดเป็น 6 ดังนั้นตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงเปรียบเทียบความส่องสว่างปรากฏของดาวบนท้องฟ้า ไม่สามารถบอกได้ว่า ดาวที่เห็นสว่างมากกว่าจะต้องมีพลังงานเทอร์โมนิวเคลียร์ที่แก่นสูงกว่าเสมอไป เพราะมีปัจจัยเกี่ยวกับพลังงาน ขนาด และระยะห่างมาเกี่ยวข้อง

โชติมาตรปรากฏของดาวซึ่งเป็นตัวเลข มีความสัมพันธ์อย่างไรกับความส่องสว่างที่ปรากฏต่อสายตา เมื่อเรามองดูดาวบนท้องฟ้า เมื่อโชติมาตรปรากฏของดาวสองดวงต่างกัน 1 ดาวทั้งสองจะมีความส่องสว่างต่างกัน 2.512 เท่า โดยดาว 2 ดวงที่มีโชติมาตรปรากฏต่างกัน 2 จะมีความส่องสว่างต่างกัน $(2.512)^2$ เท่า และดาวสองดวงมีโชติมาตรปรากฏต่างกัน 3 จะมีความส่องสว่างต่างกัน $(2.512)^3$ เท่า เป็นต้น

ดาวที่เห็นริบหรี่ที่สุดมีโชติมาตรปรากฏ = 6

ดาวที่เห็นสว่างที่สุดมีโชติมาตรปรากฏ = 1

โชติมาตรปรากฏต่างกัน $6 - 1 = 5$

ความส่องสว่างต่างกัน $= (2.512)^5 = 100$ เท่า

ดังนั้น ดาวที่สว่างที่สุดมีความส่องสว่างมากกว่าดาวที่เห็นริบหรี่ที่สุดเท่ากับ 100 เท่า

$$\frac{B_1}{B_2} = 2.512^{(m_2 - m_1)}$$

โชติมาตรสัมบูรณ์ เป็นการเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ที่ระยะห่างจากผู้สังเกตเท่ากับ 10 พาร์เซกเท่ากัน เนื่องจากที่ระยะ 10 พาร์เซก ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์จะเท่ากับค่าโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์

$$M = m + 5 - 5 \log d(\text{pc})$$

$$M = m + 5 - 5 \log 10 (\text{pc})$$

$$M = m + 5 - 5$$

$$M = m$$

2.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับกำเนิดดาวฤกษ์โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้



ดาวฤกษ์เกิดขึ้นมาได้อย่างไร



ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

2. ครูให้นักเรียนศึกษาการกำเนิดดาวฤกษ์ในหนังสือเรียนหน้า 34-36 และร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดของดาวฤกษ์
- กระบวนการเกิดดาวฤกษ์
- ปฏิกิริยาภายในดาวฤกษ์

โดยหลังการทำกิจกรรมดังกล่าวให้นักเรียนควรสรุปได้ว่า

ดาวฤกษ์ กำเนิดจากเนบิวลา ซึ่งเป็นกลุ่มของสสารที่เหลือหลังบิกแบงหรือเป็นกลุ่มของสสารที่เหลือจากการจบชีวิตของดาวฤกษ์ เมื่อสสารเกิดการยุบตัวทำให้บริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่น ความดัน และอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่อดาวฤกษ์ก่อนเกิดเกิดการยุบตัวด้วยแรงโน้มถ่วง ทำให้แกนของดาวมีความหนาแน่น ความดันและ อุณหภูมิสูงขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มสูงถึงประมาณ 15 ล้านเคลวินทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์จนเกิดเป็นดาวฤกษ์

3. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 2.3 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดาวฤกษ์ที่มีมวลต่างกันตามช่วงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์



กิจกรรม 2.3 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบาย กระบวนการเกิดและลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น
2. จัดทำแผนภาพแสดงลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกัน

เวลา 40 นาที

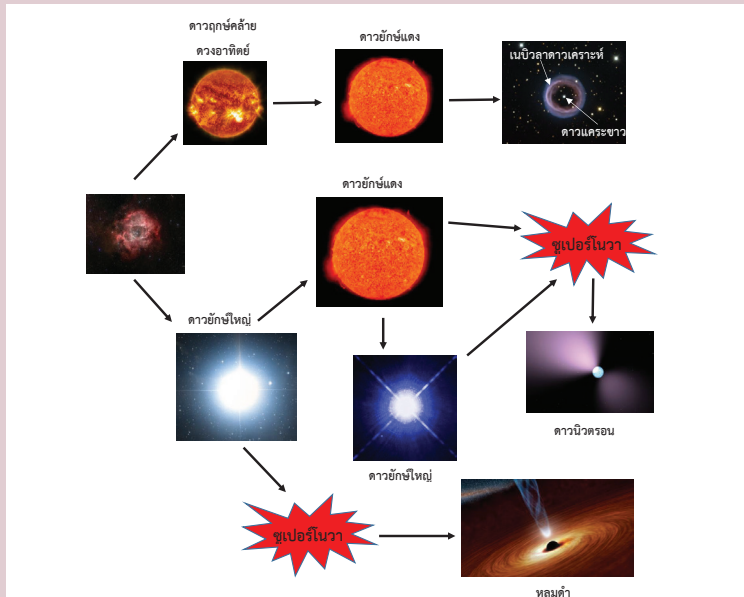
วัสดุ-อุปกรณ์

1. เอกสารแสดงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ตามมวลตั้งต้น
2. ชุดภาพที่ 1 ภาพดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกัน
3. ชุดภาพที่ 2 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของดาวฤกษ์ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการ

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกันจากเอกสารที่กำหนด และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการ
2. เลือกดาวฤกษ์ดวงหนึ่งจากชุดภาพที่ 1 วิเคราะห์วิวัฒนาการของดาวฤกษ์จากมวลที่กำหนด
3. สร้างแผนภาพแสดงลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่เลือกในข้อ 2 โดยใช้ชุดภาพที่ 2
4. นำเสนอแผนภาพหน้าชั้นเรียน

ผลการทำกิจกรรม



คำถามท้ายกิจกรรม



ดาวฤกษ์ที่นักเรียนเลือกมีมวลเท่าใดเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ดังกล่าว มีลำดับวิวัฒนาการอย่างไร

แนวคำตอบ ตอบตามการทำกิจกรรมในชั้นเรียน



ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย และดาวฤกษ์ที่มีมวลมากมีวิวัฒนาการเหมือนกัน หรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยหรือมีมวลประมาณดวงอาทิตย์ จะมีการใช้เชื้อเพลิงในอัตราที่น้อย จึงมีช่วงชีวิตยาว โดยชีวิตส่วนใหญ่จะเป็นดาวฤกษ์สีเหลือง และในบั้นปลายชีวิตจะไม่ระเบิด แต่จะกลายเป็นดาวฤกษ์แดง และยุบตัวลงเป็นดาวแคระขาวพร้อมเหลือเนบิวลาดาวเคราะห์กระจายออกสู่บรรยากาศ ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลมากมีขนาดใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงในอัตราที่สูงมาก ทำให้มีช่วงชีวิตสั้นชีวิตส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ใหญ่สีน้ำเงิน ในบั้นปลายชีวิตจะเป็นดาวฤกษ์แดง เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงหมด จะเกิดความไม่สมดุลระหว่างแรงโน้มถ่วงและแรงดัน แก่นดาวจะยุบตัวลงพร้อมกับการระเบิดที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา หลังจากนั้นแก่นของดาวฤกษ์จะลדתัวลงเป็นดาวนิวตรอนและหลุมดำ ส่วนสสารอื่นที่เหลือจะกระจายออกสู่อวกาศและเป็นต้นกำเนิดของดาวฤกษ์รุ่นต่อไป



ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการ สมบัติของดาวฤกษ์มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ดาวจะมีการเปลี่ยนแปลงมวล ขนาด สี สเปกตรัม และอุณหภูมิ ตามลำดับช่วงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์



วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

แนวคำตอบ ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้น โดยดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีช่วงชีวิตที่สั้นกว่าและจบชีวิตด้วยการระเบิดอย่างรุนแรงที่เรียกว่าซูเปอร์โนวาและแก่นกลางของดาวจะยุบตัวลงเป็นดาวนิวตรอนและหลุมดำ ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยจะจบชีวิตด้วยการไม่ระเบิดและจะค่อยๆ ยุบตัวลงเป็นดาวแคระขาว

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนภาพวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ได้จากกิจกรรม และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ตามคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายตามแนวคำตอบด้านบน

5. ครูอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยใช้คำถามชวนคิดดังนี้



ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้เรามากที่สุดและใช้ในการศึกษาสมบัติของดาวฤกษ์คืออะไร

แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์



ในอนาคตถ้าดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อโลกเราอย่างไร

แนวคำตอบ ในอนาคตอีกประมาณ 5,000 ล้านปี เมื่อธาตุไฮโดรเจนที่เป็นเชื้อเพลิงของดวงอาทิตย์น้อยลง ดวงอาทิตย์จะขยายตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 100 เท่าของขนาดปัจจุบัน ทำให้ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิผิวลดลง สีจึงเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง กลายเป็นดาวฤกษ์สีแดงขนาดใหญ่มาก เรียกว่า ดาวยักษ์แดง (red giant) หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะยุบตัวลงกลายเป็นดาวแคระขาว ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 13,000 กิโลเมตร หรือประมาณ 1 ใน 100 เท่าของดวงอาทิตย์ในปัจจุบัน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อโลกดังนี้

- ผิวโลกจะร้อนขึ้นมากจนสิ่งมีชีวิตไม่อาจอาศัยอยู่ได้
- น้ำบนผิวโลกอาจจะระเหยไปจนหมด
- หากดาวยักษ์แดงมีขนาดใหญ่ถึงวงโคจรของโลกทำให้โลกจะถูกทำลาย หรืออาจถูกหลอมละลายไป

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: กระบวนการเกิดดาวฤกษ์	1. แผนภาพจากการปฏิบัติกิจกรรม 2.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร 3. การทำงานร่วมกัน	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 2.3 2. การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม 3. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบระหว่างการทำงานกลุ่ม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม



ความรู้เพิ่มเติม

จุดจบของชีวิตดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยและดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีจุดสุดท้ายต่างกันทั้งนี้เราแบ่งจุดจบของดาวฤกษ์ออกเป็นสองกลุ่มคือ ดาวฤกษ์ที่มีขนาดประมาณดวงอาทิตย์ และกลุ่มดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่าดวงอาทิตย์มาก

ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นมากก็ต้องการพลังงานเป็นจำนวนมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย ดังนั้นจึงมีอัตราการใช้พลังงานและมวลสารที่สูงกว่า ส่งผลให้ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากมีอายุสั้นกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย

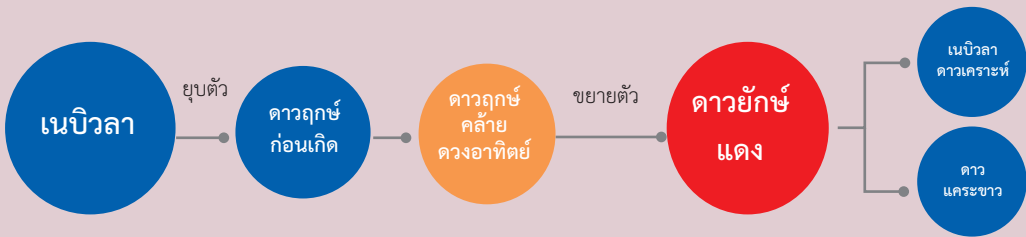
สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ เมื่อดาวฤกษ์ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด และเริ่มการเผาผลาญธาตุที่มีมวลมากขึ้นเป็นลำดับ ได้แก่ ฮีเลียม คาร์บอน นีออน แมกนีเซียม ออกซิเจน และสิ้นสุดที่เหล็ก เมื่อแก่นกลางของดาวฤกษ์เปลี่ยนเป็นเหล็กแล้วจะเกิดซูเปอร์โนวา แก่นกลางของดาวจะยุบตัวลงเป็นหลุมดำและสสารที่เหลือรอบนอกจะเป็นเนบิวลากระจายไปในอวกาศ



สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ จะวิวัฒนาการเป็นดาวยักษ์ใหญ่สีน้ำเงิน ดาวยักษ์แดงและมีจุดจบเป็นซูเปอร์โนวาเหลือไว้เป็นดาวนิวตรอนและเนบิวลาที่ประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ภายหลังจากการระเบิดเป็นซูเปอร์โนวา แก่นกลางที่เหลือจะอยู่ในสภาพเป็นนิวตรอนล้วนๆ ซึ่งมีความหนาแน่นมาก เรียกว่า “ดาวนิวตรอน” ดาวนิวตรอนบางดวงแผ่คลื่นวิทยุออกมาขณะที่กำลังหมุน ในรูปของสัญญาณสั้นๆ เรียกว่า “พัลซาร์”



วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขนาดใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ หรือมีมวลมากกว่า 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ แต่ไม่เกิน 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะวิวัฒนาการเป็นดาวฤกษ์คล้ายดวงอาทิตย์ มีอายุอยู่ในแถบลำดับหลักประมาณ 10000 ล้านปีก่อนจะใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่แก่นกลางจนหมด เมื่อใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมดแก่นกลางของดาวจะยุบตัว เกิดการเผาผลาญฮีเลียมดาวจะขยายขนาดใหญ่ขึ้นเป็นดาวยักษ์แดง (red giant) เมื่อเชื้อเพลิงฮีเลียมที่แก่นกลางหมด ดาวจะยุบตัวลงอีกครั้งขณะที่แก๊สรอบนอกขยายตัวออกบริเวณรอบนอกจะกลายเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ เหลือดาวแคระขาว (white dwarf) ไว้ตรงกลาง เช่นเนบิวลาวงแหวนในกลุ่มดาวพิณเป็นต้น ดาวแคระขาวที่อยู่ตรงกลางนั้นจะมีความหนาแน่นสูงมาก แต่จะมีมวลสารไม่เกิน 1.4 เท่าของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวสูงประมาณ 30,000 ถึง 200,000 เคลวิน ต่อมาดาวแคระขาวที่เหลืออยู่จะค่อย ๆ เย็นตัวลง



การเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ในอนาคต

ในอนาคตอีกประมาณ 5,000 ล้านปี เมื่อธาตุไฮโดรเจนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของดวงอาทิตย์เหลือน้อยลงแรงดันจะลดลง ทำให้แรงโน้มถ่วงเนื่องจากมวลของดวงอาทิตย์สูงกว่าแรงดันดวงอาทิตย์จึงยุบตัวลงส่งผลให้ รอบแก่นกลางของดาวมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 15 ล้านเคลวิน เกิดปฏิกิริยาหลอมไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมรอบแก่น จนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลอมรวมนิวเคลียสของธาตุฮีเลียมเป็นคาร์บอน ผลคือได้พลังงานอย่างมหาศาลก่อให้เกิดแรงดันมากขึ้นทำให้ดวงอาทิตย์ขยายตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 100 เท่าของขนาดปัจจุบัน เมื่อพื้นที่ผิวของดวงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ดวงอาทิตย์ในเวลานี้มีอุณหภูมิผิวลดลงสีจึงเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง ดวงอาทิตย์จึงกลายเป็นดาวฤกษ์สีแดงขนาดใหญ่มาก เรียกว่า ดาวยักษ์แดง โดยแก่นของดวงอาทิตย์ที่เป็นดาวยักษ์แดงจะไม่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์อีกต่อไป เพราะอุณหภูมิภายในไม่สูงมากพอ แรงดันจึงลดลงซึ่งแรงโน้มถ่วงจะมากกว่าแรงดันทำให้ดาวยักษ์แดงยุบตัวลง กลายเป็นดาวแคระขาว ซึ่งมี

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 13,000 กิโลเมตร หรือประมาณ 1 ใน 100 เท่าของดวงอาทิตย์ในปัจจุบัน แต่ในขณะที่เกิดการยุบตัวมวลของผิวด้านนอกไม่ได้ยุบเข้ามารวมด้วยจึงมีชั้นของแก๊สหุ้มอยู่รอบนอกเกิดเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ ซึ่งจะเคลื่อนที่ห่างออกไปจากดาวเคราะห์ขาวกระจายตัวออกไปในอวกาศกลายเป็นเนบิวลารุ่นใหม่ โดยดวงอาทิตย์ในสภาพดาวเคราะห์ขาวจะส่องแสงอีกนาน แต่ปฏิกิริยาที่ให้ความร้อนจะไม่ใช่อปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แนวคำตอบ ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์และระยะห่างของดาวฤกษ์กับผู้สังเกต โดยดาวที่มีกำลังส่องสว่างมากจะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างน้อยเมื่อห่างจากผู้สังเกตในระยะทางที่เท่ากัน นอกจากนี้ ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กับผู้สังเกตจะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ไกล

2. โชติมาตรปรากฏและโชติมาตรสัมบูรณ์ต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ โชติมาตรปรากฏ คือ ค่าเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวที่สังเกตได้จากโลก ส่วนค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ คือ ค่าเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวที่ระยะ 10 พาร์เซก

3. จากข้อมูลโชติมาตรปรากฏของดาวต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากที่สุด ดาวดวงใดมีความส่องสว่างน้อยที่สุดและเรียงลำดับชื่อดาวตามความส่องสว่างจากมากไปน้อย

ดาวตานกอินทรี (0.77) ดวงจันทร์เต็มดวง (-12.5) ดาวซีริอัส (-1.46)
ดาวคาเพลลา (0.09) ดาวไรเจล (0.12) ดาวศุกร์ (-4.4) ดาวพลูทัสบดี (-2.7)
ดวงอาทิตย์ (-26.7) ดาวเวกา (0.04)

แนวคำตอบ เมื่อมองจากโลกดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างมากที่สุด และดาวตานกอินทรีมีความส่องสว่างน้อยที่สุด โดยความส่องสว่างของดาวเรียงจากมากไปน้อยได้เป็น ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์เต็มดวง ดาวศุกร์ ดาวพลูทัสบดี ดาวซีริอัส ดาวเวกา ดาวคาเพลลา ดาวไรเจล และดาวตานกอินทรี

4. จากตารางแสดงสี โซติมาตรปรากฏ และโซติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์ ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ดาว	สี	โซติมาตรปรากฏ	โซติมาตรสัมบูรณ์
ดาวดวงแก้ว	ส้ม	-0.04	-0.3
ดาวเบเทลจัส	แดง	0.5	-7.2
ดาวไรเจล	น้ำเงินแกมขาว	0.12	-0.8
ดาวซีริอัส	ขาว	-1.46	1.4
ดาวคาเพลลา	เหลือง	0.08	0.29
ดาวมินตาเกะ	น้ำเงิน	2.2	-4.9

- 4.1 ดาวดวงใดเมื่อมองจากโลก จะเห็นสว่างที่สุด

แนวคำตอบ ดาวซีริอัส

- 4.2 ดาวดวงใดที่มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด

แนวคำตอบ ดาวมินตาเกะ

- 4.3 ดาวดวงใดที่มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์มากที่สุด พิจารณาจากข้อมูลใด

แนวคำตอบ ดาวคาเพลลา พิจารณาจากข้อมูลสีของดาวฤกษ์

5. เพราะเหตุใดเมื่อมองจากโลกนักเรียนจึงเห็นดวงอาทิตย์สว่างกว่าดาวซีริอัสทั้งที่ดาวซีริอัสมีกำลังส่องสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์

แนวคำตอบ เมื่อเปรียบเทียบโซติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์และดาวซีริอัส พบว่าดวงอาทิตย์มีค่าโซติมาตรปรากฏ -26.7 ส่วนดาวซีริอัสมีค่าโซติมาตรปรากฏ -1.46 ดังนั้นผู้สังเกตบนโลกจะเห็นดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างมากกว่าดาวซีริอัส

6. เนบิวลามีความสัมพันธ์กับดาวฤกษ์อย่างไร

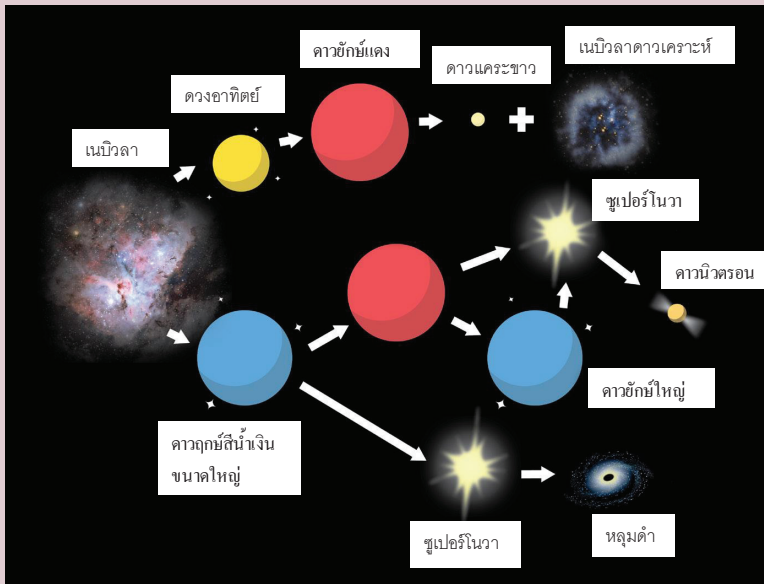
แนวคำตอบ เนบิวลา คือ กลุ่มแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมที่เกิดจากบิกแบง เรียกว่า เนบิวลา ดั้งเดิมและเกิดจากซูเปอร์โนวาหรือเกิดจากดาวฤกษ์ขนาดใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ที่เป็นต้นกำเนิดเนบิวลาดาวเคราะห์ที่สาดกระจายออกสู่อวกาศไปรวมกับเนบิวลาดั้งเดิม กลายเป็นเนบิวลารุ่นใหม่ซึ่งจะมีองค์ประกอบเป็นฝุ่นและแก๊สต่าง ๆ รวมตัวกันเป็น ดาวฤกษ์ เนบิวลาเกี่ยวข้องกับดาวฤกษ์เพราะแรงโน้มถ่วงทำให้เนบิวลากลายเป็น ดาวฤกษ์ และบั้นปลายชีวิตของดาวฤกษ์จะมีซากเป็นเนบิวลาด้วย

7. เพราะเหตุใดดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย จึงมีช่วงชีวิตที่ยาวนานกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลมาก

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยหรือมีมวลประมาณดวงอาทิตย์จะมีการใช้เชื้อเพลิงใน อัตราที่น้อยจึงมีช่วงชีวิตยาว ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลมากมีขนาดใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงในอัตรา ที่สูงมาก ทำให้มีช่วงชีวิตสั้น

8. นำคำที่กำหนดให้เติมคำลงในช่องว่างของแผนภาพวิวัฒนาการดาวฤกษ์ที่กำหนด

ดาวยักษ์แดง ดาวแคระขาว เนบิวลาดาวเคราะห์ ซูเปอร์โนวา ดาวนิวตรอน
หลุมดำ ดาวยักษ์ใหญ่ เนบิวลา ดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์สีน้ำเงินขนาดใหญ่



9. ปัจจุบันดวงอาทิตย์ของเราอายุประมาณเท่าไร และจะมีอายุขัยอีกประมาณกี่ปี

แนวคำตอบ จากแผนภาพวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์พบว่าในปัจจุบันดวงอาทิตย์มีอายุประมาณ 4,500 ล้านปี และมีอายุขัยได้ประมาณ 10,000 ล้านปี

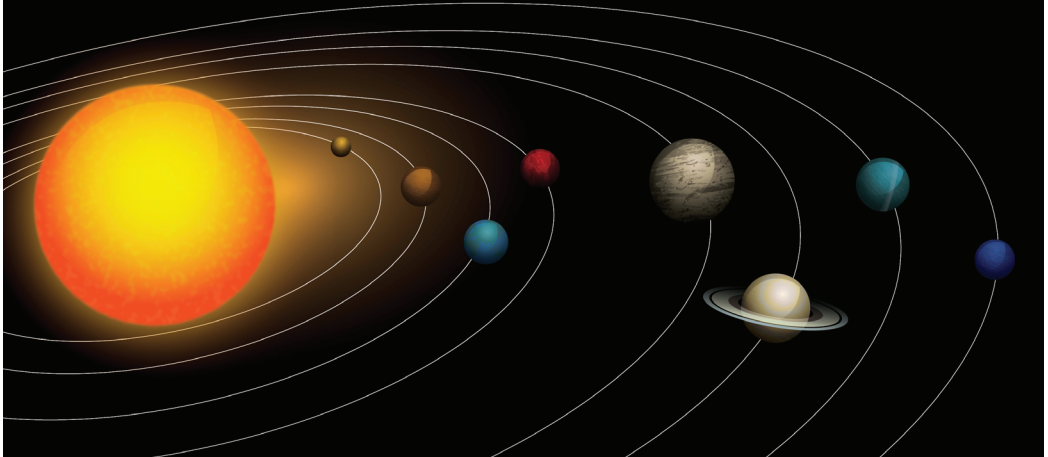
10. ธาตุต่าง ๆ บนโลกและในตัวเราเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เกี่ยวข้องโดยการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ก่อให้เกิดธาตุหนักขึ้นในอวกาศ และเป็นธาตุเริ่มต้นในการก่อตัวของโลกและสิ่งมีชีวิตโดย ธาตุหนักตั้งแต่ฮีเลียมถึงเหล็กเกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดาวฤกษ์ ส่วนธาตุที่หนักกว่าเหล็กเกิดจากซูเปอร์โนวา เช่น ตะกั่ว ทองคำ



3

| ระบบสุริยะ



ตัวชี้วัด

1. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
2. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสื่บค้นข้อมูล วิเคราะห์ นำเสนอ ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด

1. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
2. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก รวมทั้งประเทศไทย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริหารรอบดวงอาทิตย์
2. อธิบายลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่ส่งกระทบต่อโลก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา	1. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2. การสื่อสาร 3. การทำงานร่วมกัน 4. การคิดและการแก้ปัญหา	1. ความรับผิดชอบ 2. ความมีเหตุผล 3. ความใจกว้าง 4. การร่วมมือช่วยเหลือ 5. ความอยากรู้อยากเห็น 6. การเห็นคุณค่าในวิทยาศาสตร์

ลำดับแนวความคิด ระบบสุริยะ

ระบบสุริยะเกิดจากรวมตัวกันของกลุ่มฝุ่นและแก๊สที่เรียกว่าเนบิวลาสุริยะ



บริเวณใกล้ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูง สสารส่วนหนึ่งที่รวมตัวกันเป็นของแข็งจะเกิดการพอกพูนมวล เป็นดาวเคราะห์หินหรือดาวเคราะห์ชั้นใน ในขณะที่แก๊สและสสารระเหยง่ายจะถูกผลักออกไปไกล จากดวงอาทิตย์เกิดเป็นดาวเคราะห์แก๊สหรือดาวเคราะห์ชั้นนอก



การที่จะมีสิ่งมีชีวิตได้ ดาวดวงนั้นต้องมีองค์ประกอบสำคัญ คือ น้ำที่อยู่ในสถานะของเหลว ชั้นบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตสิ่งมีชีวิต และต้องอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ในระยะทางที่เหมาะสม



โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์แบ่งเป็น แก่น เขตการแผ่รังสี และเขตการพาความร้อน ส่วนชั้นบรรยากาศแบ่งเป็นชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ และชั้นโคโรนา



ดวงอาทิตย์นอกจากจะแผ่พลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทุกความยาวคลื่น ยังปล่อยอนุภาคพลังงานสูงที่เรียกว่าลมสุริยะและพายุสุริยะ ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ เช่น การลุกจ้า การปล่อยก้อนมวลจากโคโรนา และส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก

สาระสำคัญ

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ เกิดจากมวลส่วนใหญ่ของเนบิวลาที่ยุบตัวลงด้วยแรงโน้มถ่วงจนมีขนาดเล็กและแก่นกลางมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลอมไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมเพื่อผลิตพลังงาน ส่วนเนบิวลาที่อยู่รอบนอกจับกลุ่มรวมกันเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ ของดวงอาทิตย์ มีความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตอื่นบนดาวดวงอื่นหากดาวดวงนั้นมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตเช่นเดียวกับโลก ซึ่งพลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

1 กำหนดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์	3 ชั่วโมง
2 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	2 ชั่วโมง
รวม	5 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

ธาตุ เนบิวลา แรงดัน ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
จุดมืดดวงอาทิตย์คือบริเวณที่ดวงอาทิตย์ดับ ไม่มีพลังงานและจะขยายใหญ่ออกไปเรื่อย ๆ	จุดมืดดวงอาทิตย์เกิดขึ้นบนชั้นโฟโตสเฟียร์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณอื่น โดยบริเวณที่เกิดจุดมืดดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิประมาณ 4,300 เคลวินซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์ที่มีค่าประมาณ 5,800 เคลวิน ดังนั้น บริเวณนี้จึงแผ่รังสีน้อยกว่าจึงทำให้สังเกตเห็นว่ามีสีคล้ำกว่าบริเวณข้างเคียง

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
ระบบสุริยะประกอบด้วยดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์	ระบบสุริยะประกอบด้วยดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง
ดาวเคราะห์ชั้นนอกเป็นดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบเป็นแก๊สเท่านั้น	ดาวเคราะห์ชั้นนอกไม่ได้มีองค์ประกอบเป็นแก๊สอย่างเดียว แต่จะมีแกนกลางเป็นของแข็ง มีองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลวและแก๊ส

3.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารรอบดวงอาทิตย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์
- อธิบายลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพระบบสุริยะในหนังสือเรียนหน้า 44 พร้อมร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้



ระบบสุริยะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น ประกอบด้วย ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ ดาวหาง ดาวเคราะห์น้อย



ระบบสุริยะเกิดขึ้นมาได้อย่างไร

แนวคำตอบ (ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน)



สสารที่มารวมตัวเป็นระบบสุริยะมาจากไหน
แนวคำตอบ (ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน)

2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 3.1 โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกำเนิดระบบสุริยะจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ในหนังสือเรียนหน้า 47-50 อินเทอร์เน็ต หรือสื่อวิดีโอเกี่ยวกับกำเนิดระบบสุริยะ



กิจกรรม 3.1 การเกิดระบบสุริยะ

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการกำเนิดระบบสุริยะจากแผนภาพที่กำหนด

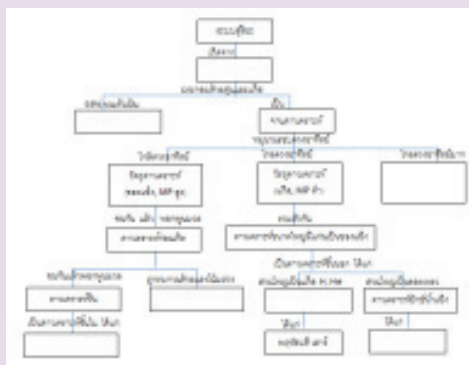
เวลา 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--------------------------------------|---------|
| 1. แผนภาพแสดงกระบวนการเกิดระบบสุริยะ | 1 ชุด |
| 2. ชุดข้อความ | 1 ชุด |
| 3. ดินสอสี | 1 กล่อง |

วิธีการทำกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลการกำเนิดระบบสุริยะและวิเคราะห์กระบวนการกำเนิดระบบสุริยะจากแผนภาพที่กำหนด

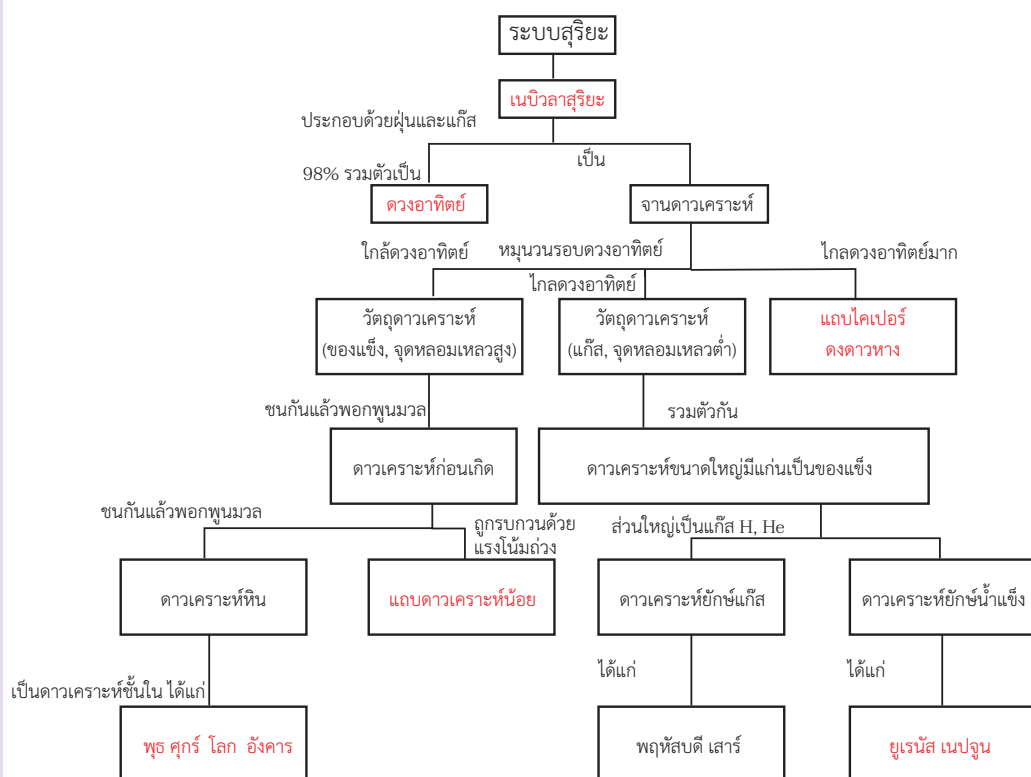


2. เลือกคำจากชุดข้อความเติมลงในช่องว่างของแผนภาพแสดงกระบวนการกำเนิดระบบสุริยะให้สัมพันธ์กับขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการเกิดระบบสุริยะ

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. พุท ศุภร์ โลก อังคาร | 5. เนบิวลาสุริยะ |
| 2. ดวงอาทิตย์ | 6. แอปไคเปอร์และดงดาวหาง |
| 3. แถบดาวเคราะห์น้อย | 7. ดาวเคราะห์ยักษ์แก๊ส |
| 4. ยูเรนัส เนปจูน | |

3. จำแนกประเภทบิรารอบดวงอาทิตย์ตามเกณฑ์ที่นักเรียนกำหนด
4. นำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



คำถามท้ายกิจกรรม



ดวงอาทิตย์และบริวารกำเนิดมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกันหรือไม่ และมาจากแหล่งกำเนิดใด

แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์และบริวารกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกันคือเนบิวลาสุริยะ



ดาวเคราะห์ชั้นในและดาวเคราะห์ชั้นนอกกำเนิดมาจากวัตถุดาวเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ชั้นในมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง ส่วนดาวเคราะห์ชั้นนอกมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม



จากกิจกรรมนักเรียนสามารถจำแนกประเภทของบริวารรอบดวงอาทิตย์ได้อย่างไรบ้าง และใช้เกณฑ์ใด

แนวคำตอบ สามารถแบ่งได้ 4 เขตตามลักษณะการเกิดและธาตุองค์ที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ดาวเคราะห์ชั้นใน แถบดาวเคราะห์น้อย ดาวเคราะห์ชั้นนอก และเมฆของออร์ตหรือดวงดาวหาง

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนภาพแสดงกระบวนการกำเนิดระบบสุริยะที่ได้จากกิจกรรม 3.1 พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการกำเนิดระบบสุริยะโดยใช้ประเด็นคำถามดังต่อไปนี้



ระบบสุริยะกำเนิดมาได้อย่างไร

แนวคำตอบ ระบบสุริยะเกิดจากเนบิวลายุบตัวลงและรวมตัวกันเป็นดวงอาทิตย์ก่อนเกิด และวิวัฒนาการเป็นดวงอาทิตย์ส่วนที่เหลือจากการรวมตัวเป็นดวงอาทิตย์จะรวมตัวเป็นจานกำเนิดดาวเคราะห์ที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ก่อนเกิดและก่อตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่นในระบบสุริยะ



พลังงานบนดวงอาทิตย์ได้มาอย่างไร

แนวคำตอบ เกิดจากการยุบตัวของสสารจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์เกิดเป็นดวงอาทิตย์



นักดาราศาสตร์แบ่งเขตพื้นที่รอบระบบสุริยะตามลักษณะการก่อตัวได้เป็นกี่เขต อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งออกเป็น 4 เขต คือ เขตดาวเคราะห์ชั้นใน แถบดาวเคราะห์น้อย เขตดาวเคราะห์ชั้นนอก และเขตดาวหาง



ดาวเคราะห์ชั้นในและดาวเคราะห์ชั้นนอกมีองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ชั้นในมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง ส่วนดาวเคราะห์ชั้นนอกมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของเหลวและแก๊ส โดยดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม ส่วนดาวยูเรนัสและดาวเนปจูนจะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ แอมโมเนียและมีเทนที่อยู่ในสถานะของเหลว



แถบดาวเคราะห์น้อยเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ แถบดาวเคราะห์น้อย เป็นเศษที่เหลือจากการก่อตัวของดาวเคราะห์ชั้นในที่มีขนาดเล็ก และได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดี ทำให้ไม่สามารถรวมตัวเป็นดาวเคราะห์ได้ จึงรวมตัวกันอยู่บริเวณระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี

5. ครูขยายความรู้เกี่ยวกับกำเนิดระบบสุริยะโดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

โลกจะมีโอกาสสูญพันธุ์ที่เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบสุริยะหรือไม่ อย่างไร

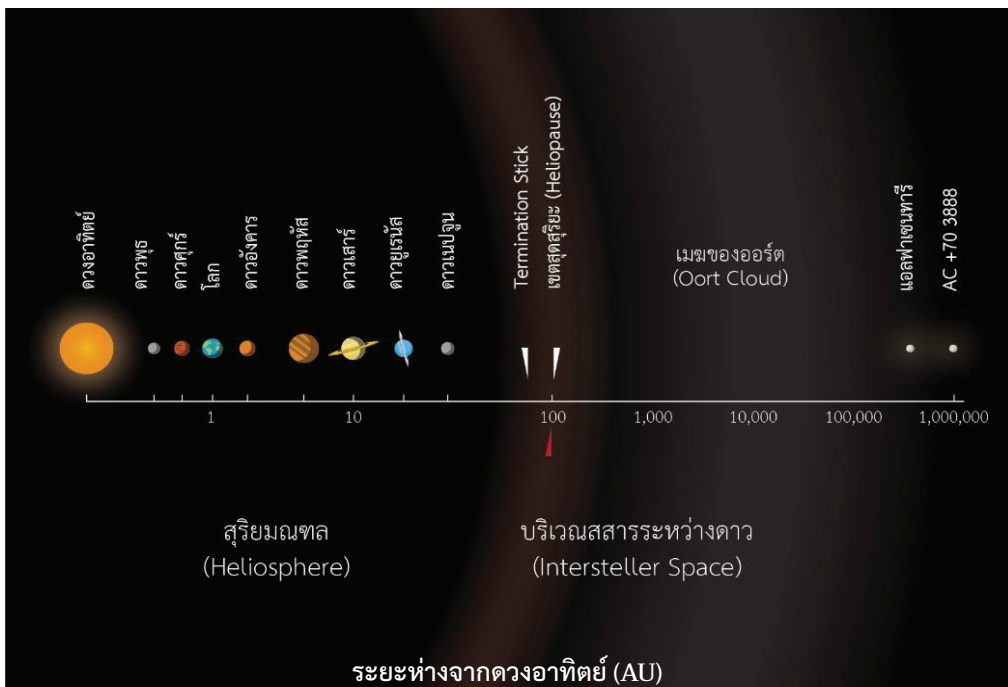
แนวคำตอบ มีโอกาส เนื่องจากในระบบสุริยะของเรามีเศษวัตถุที่เหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์จำนวนมาก แต่วัตถุเหล่านี้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กไม่ใหญ่มาก และจะถูกเผาไหม้ขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก จึงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก

6. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับขอบเขตของระบบสุริยะ และตอบคำถามในคำถามชวนคิด



ระบบสุริยะมีขนาดประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ ระบบสุริยะมีขอบเขตที่กว้างขวางมากโดยระยะทางจากดวงอาทิตย์ไปยังดาวเคราะห์ที่อยู่ไกลที่สุดเท่ากับ 30 หน่วยดาราศาสตร์(AU) และเมื่อพิจารณาขอบเขตที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมสุริยะจากดวงอาทิตย์ ระบบสุริยะจะมีขนาดประมาณ 120 หน่วยดาราศาสตร์ ซึ่งยืนยันได้เมื่อยานวอยเจอร์ 1 เดินทางไปถึงระยะทาง 122 หน่วยดาราศาสตร์ จากดวงอาทิตย์ ในวันที่ 25 สิงหาคม 2012 ซึ่งในปัจจุบันวัตถุที่โคจรรอบอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ที่อยู่ไกลที่สุดที่เรารู้จัก เช่น ดาวหางเวสต์ (West comet) โดยมีจุดไกลดวงอาทิตย์ที่สุดของวงโคจรที่ประมาณ 70,000 หน่วยดาราศาสตร์ (ประมาณ 1.1 ปีแสง) จึงพิจารณาได้ว่าขนาดของระบบสุริยะอาจจะมีความมากกว่านั้นดังภาพ



7. ครูให้นักเรียนสืบค้นข่าวสารเกี่ยวกับการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงใหม่ที่น่าจะอยู่ในเขตเอื้อชีวิต หรือสิ่งมีชีวิตนอกโลก แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับประเด็นคำถามดังนี้



ปัจจัยใดบ้างที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

แนวคำตอบ น้ำ อากาศ อุณหภูมิที่เหมาะสม



เขตเอื้อชีวิตคืออะไร

แนวคำตอบ เป็นบริเวณที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตมีน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลว มีชั้นบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตสิ่งมีชีวิต และอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ในระยะทางที่เหมาะสมและมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต



นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ที่มีการสันนิษฐานว่าอาจจะมีสิ่งมีชีวิตคล้ายโลกบนเคราะห์ดวงอื่นหรือระบบดาวเคราะห์อื่น จงอธิบายพร้อมเหตุผลประกอบ

แนวคำตอบ ตามความคิดเห็นของผู้เรียน หรือตามแนวคำตอบดังนี้

เห็นด้วย เนื่องจากในกาแล็กซีของเราประกอบด้วยดาวฤกษ์หลายแสนล้านดวง จึงมีโอกาสดาวฤกษ์บางดวงอาจมีดาวเคราะห์ที่ลักษณะคล้ายโลกได้ โดยบนดาวเคราะห์ดวงนั้นต้องมีอุณหภูมิ บรรยากาศ แก๊ส ออกซิเจน น้ำ และอื่น ๆ คล้ายโลก นอกจากนี้ในปัจจุบันนักดาราศาสตร์ยังค้นพบดาวเคราะห์ที่อยู่ในเขตเอื้อชีวิตคล้ายโลกเป็นจำนวนมาก จากการศึกษาค้นคว้าจากนอกโลกโดยโครงการ SETI ได้พบสัญญาณที่เรียกว่า WOW ซึ่งเป็นสัญญาณที่อาจจะส่งมาจากสิ่งมีชีวิตนอกโลก

ไม่เห็นด้วย เนื่องจากยังไม่มีหลักฐานยืนยันการค้นพบสิ่งมีชีวิตนอกโลก

8. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมลองทำดู เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลดาวเคราะห์ที่กำหนดกับความเป็นไปได้ที่จะพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้ โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้



ดาวเคราะห์ดวงใดที่น่าจะเป็นดาวเคราะห์คล้ายโลก

แนวคำตอบ Kepler-452b และดาว Trappist-1e



ถ้ามนุษย์จำเป็นต้องอพยพไปอาศัยที่ดาวเคราะห์ดวงอื่น นักเรียนจะเลือกดาวเคราะห์ดวงใด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ นักเรียนอาจจะเลือกดาว Kepler-452b เนื่องจากมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับโลก ดาวนี้มีสเปกตรัมเดียวกับดวงอาทิตย์ ระยะห่างจากดาวแม่ใกล้เคียงกับระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ และใช้เวลาโคจรรอบดาวแม่ 384 วันซึ่งใกล้เคียงกับโลก หรืออาจจะเลือกดาว Trappist-1e เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงที่ใกล้เคียงกับโลก

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: 1. การเกิดระบบสุริยะ 2. การแบ่งเขตบิรวารของดวงอาทิตย์ 3. เขตเอื้อชีวิต	1. แผนภาพจากการปฏิบัติกิจกรรม 3.1 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 3.1 2. การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม
A: 1. ความมีเหตุผล 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. การเห็นคุณค่าในวิทยาศาสตร์	การสืบค้นข้อมูล สังเกต ร่วมกันตั้งคำถาม อภิปรายเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับเขตเอื้อชีวิตและการค้นพบสิ่งมีชีวิตนอกโลก

3.2 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

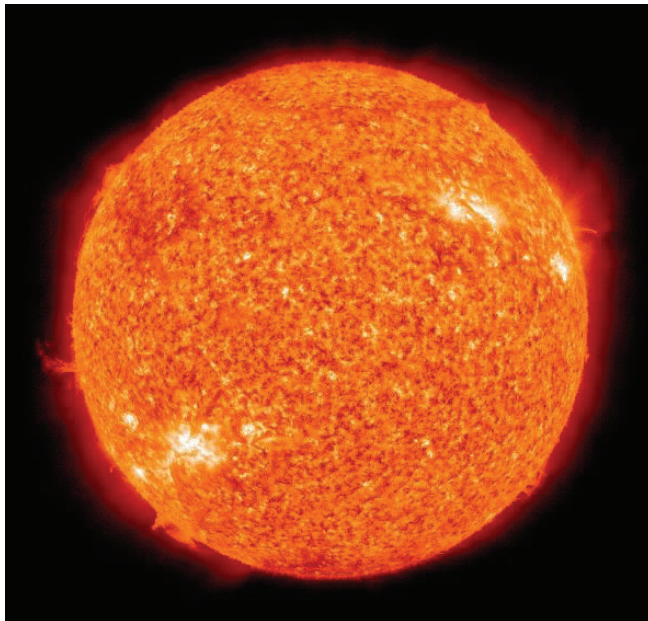
1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อโลก

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำภาพดวงอาทิตย์มาให้นักเรียนและทบทวนความรู้เกี่ยวกับดวงอาทิตย์โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้





อุณหภูมิพื้นผิวของดวงอาทิตย์ประมาณเท่าใด
แนวคำตอบ ประมาณ 5,800 เคลวิน



อุณหภูมิพื้นผิวของดวงอาทิตย์ประมาณเท่าใด
แนวคำตอบ ประมาณ 5,800 เคลวิน

โลกของเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ โลกเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ในรูปแบบพลังงานแสงและพลังงานความร้อน

2. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของดวงอาทิตย์ในหนังสือเรียนในหน้า 53-54 แล้วอภิปรายร่วมกันในประเด็นคำถามดังต่อไปนี้



โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์แบ่งได้เขต อะไรบ้าง

แนวคำตอบ โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์มี 3 เขตคือ แก่น เขตการแผ่รังสี และเขตการพาความร้อน



บริเวณใดของดวงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด

แนวคำตอบ บริเวณแก่นดวงอาทิตย์



บรรยากาศใดของดวงอาทิตย์แบ่งเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ คอโรนา



ชั้นบรรยากาศที่อยู่บริเวณนอกสุดของดวงอาทิตย์

แนวคำตอบ คอโรนา



ชั้นบรรยากาศใดที่สามารถมองเห็นได้เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสุริยะ

แนวคำตอบ ชั้นโฟโตสเฟียร์



กระบวนการถ่ายโอนความร้อนภายในดวงอาทิตย์มีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ การแผ่รังสีความร้อน และการพาความร้อน



นอกจากแสงแล้วยังมีสิ่งใดอีกที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยมายังโลก

แนวคำตอบ พลังงานความร้อน และอนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอน



พลังงานภายในดวงอาทิตย์ถ่ายโอนออกสู่ภายนอกได้อย่างไร และใช้เวลานานเท่าไร

แนวคำตอบ มีการแผ่รังสีความร้อนจากแก่นดวงอาทิตย์ และถ่ายโอนความร้อนมายังผิวดวงอาทิตย์โดยการพาความร้อน ซึ่งใช้เวลานานนับแสนปี

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์แสงเหนือได้แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้ตัวอย่างคำถามต่อไปนี้





ปรากฏการณ์ดังกล่าวคืออะไร และพบได้ที่บริเวณใดของโลก

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์แสงเหนือได้ พบได้บริเวณแถบขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้



ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดได้อย่างไร เกี่ยวข้องกับพลังงานจากดวงอาทิตย์หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากอนุภาคมีประจุไฟฟ้าพลังงานสูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตอนและอิเล็กตรอนจากดวงอาทิตย์ถูกปล่อยออกมาจากชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสนามแม่เหล็กและชั้นบรรยากาศโลก ทำให้แก๊สในบรรยากาศแตกตัวเป็นไอออนและเป็นต้นกำเนิดของแสงเหนือได้ในประเทศแถบใกล้ขั้วแม่เหล็กโลก

4. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหรือนำเสนอภาพข่าวเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก



ลมสุริยะและพายุสุริยะเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีผลกระทบอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก

แนวคำตอบ ลมสุริยะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ โดยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าหรือเรียกว่าพายุสุริยะ จะมากระทบบรรยากาศของโลก ทำให้อนุภาคของบรรยากาศจะสูงขึ้น และเกิดสนามไฟฟ้ารบกวนการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รบกวนการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้า และการสื่อสาร ทำให้การส่งคลื่นวิทยุและระบบนำร่องถูกตัดขาด การส่งผ่านข้อมูลจากดาวเทียมบางดวงขาดหายไป นอกจากนี้ เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพุ่งมากระทบบรรยากาศของโลก แนวสนามแม่เหล็กโลกบังคับให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปยังบริเวณขั้วโลก และชนกับอะตอมของแก๊สในบรรยากาศโลกทำให้เกิดแสงเรืองรองบนท้องฟ้าบริเวณขั้วโลก เรียกว่า แสงเหนือได้



การลุกจ้าคืออะไร

แนวคำตอบ การลุกจ้า คือ การปะทุขึ้นอย่างฉับพลันของพลังงานบนดวงอาทิตย์ แล้วพ่นรังสีและอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าออกสู่อวกาศ การลุกจ้าทำให้เกิดพายุสุริยะ ซึ่งจะมีการปล่อยอนุภาคความเร็วสูงจำนวนมาก โดยจะเกิดบ่อยครั้งในช่วงที่มีจุดมืดดวงอาทิตย์มาก



จุดมืดดวงอาทิตย์คืออะไร

แนวคำตอบ เป็นบริเวณบนชั้นโฟโตสเฟียร์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณอื่น

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามชวนคิด โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังนี้



เพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตบนโลกจึงไม่ได้รับอันตรายจากลมสุริยะ พายุสุริยะ และอนุภาคพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์

แนวคำตอบ เนื่องจากบนโลกมีสนามแม่เหล็กซึ่งช่วยปกป้องรังสี อนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอนจากดวงอาทิตย์



ดวงอาทิตย์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงและปลดปล่อยพลังงานออกมาตลอดเวลาในระยะเวลาที่ยาวนาน เพราะเหตุใดมวลของดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

แนวคำตอบ เนื่องจากมวลของไฮโดรเจนบนดวงอาทิตย์ที่ถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นฮีเลียมและพลังงาน ทำให้มวลของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: 1. โครงสร้างของดวงอาทิตย์ 2. การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และผลที่มีต่อโลก	1. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 2. แบบฝึกหัด

KPA	การวัดและประเมินผล
P: 1. การคิดและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสาร	1. การร่วมอภิปรายเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของข้อมูลที่น่าเสนอในข่าวอย่างสมเหตุสมผล 2. การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม
A: 1. ความมีเหตุผล 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. การเห็นคุณค่าในวิทยาศาสตร์	การร่วมอภิปราย และการตอบคำถามเกี่ยวกับผลจากพายุสุริยะและลมสุริยะ



ความรู้เพิ่มเติม

ผลกระทบเนื่องจากพายุสุริยะ

การเปลี่ยนแปลงสภาพอวกาศ (space weather) อันเนื่องมาจากพายุสุริยะมีผลทำให้สนามแม่เหล็กโลกมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทาง การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำของตัวนำต่าง ๆ ที่วางขนานกับพื้นดินไม่ว่าจะอยู่บนดินหรือฝังอยู่ใต้ดินเช่น โครงข่ายสายส่งกำลังไฟฟ้า (electrical power grid) สายโทรศัพท์ ท่อประปา

การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กอย่างรุนแรงและรวดเร็วอันเนื่องมาจากพายุสุริยะจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำปริมาณมากกว่าปกติในทันทีทันใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณใกล้กับขั้วแม่เหล็กโลกทั้งสองขั้ว ซึ่งทิศของสนามแม่เหล็กค่อนข้างจะตั้งฉากกับพื้น ซึ่งในเดือนมีนาคมปี 1989 กระแสเหนี่ยวนำนี้นี้เคยทำรีเลย์หลายตัวซึ่งทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟเกินให้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำในควิเบก ประเทศแคนาดา เกิดการตัดไฟขึ้นพร้อม ๆ กัน ส่งผลทำให้ประชากรประมาณ 6 ล้านคนไม่มีไฟฟ้าใช้ติดต่อกันนานถึง 9 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจอย่างมาก นอกจากนี้กระแสเหนี่ยวนำเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลก

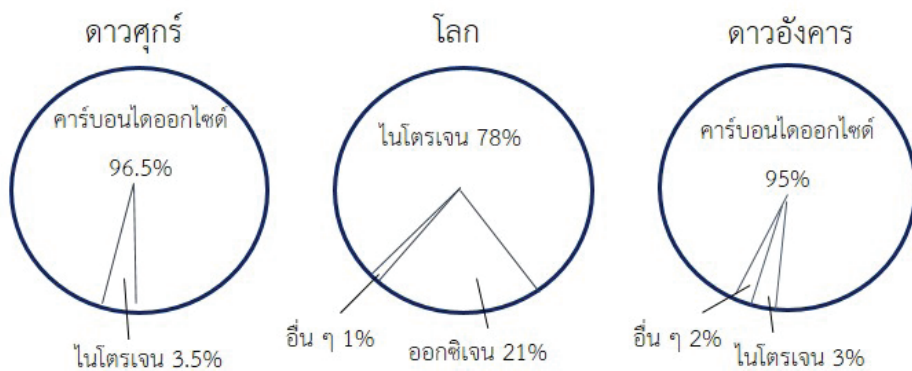
ยังมีผลกับการสื่อสารที่ใช้สาย รวมถึงการผูกเรือนของท่อประปาที่ฝังใต้ดินอีกด้วย ปัจจุบันมีการศึกษารวมทั้งการจัดตั้งสถานีตรวจวัดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกขึ้นหลายแห่ง เพื่อป้องกันและบรรเทาความเสียหายอันเกิดจากกระแสเหนี่ยวนำนี้



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จากความรู้เรื่องกำเนิดระบบสุริยะ เพราะเหตุใดจึงกล่าวว่าดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์รุ่นหลัง
แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์รุ่นหลังเนื่องจากมีองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ที่ได้มาจาก เนบิวลารุ่นหลัง ซึ่งปัจจุบันดวงอาทิตย์มีอายุประมาณ 5,000 ล้านปี
2. ความหนาแน่นของดาวเคราะห์หินและดาวเคราะห์แก๊ส เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ แตกต่างกัน ดาวเคราะห์หินจะมีความหนาแน่นมากกว่าดาวเคราะห์แก๊ส
3. จากแผนภาพแสดงปริมาณสัดส่วนของแก๊สบนดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร ตามลำดับ จงพิจารณาแผนภาพและตอบคำถามต่อไปนี้

ชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร



3.1 ดาวเคราะห์แต่ละดวงมีองค์ประกอบเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกัน โดยชั้นบรรยากาศของโลกมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น ไนโตรเจน ขณะที่ชั้นบรรยากาศของดาวศุกร์และดาวอังคารมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3.2 เพราะเหตุใดชั้นบรรยากาศของโลกจึงมีปริมาณแก๊สออกซิเจนมากกว่าดาวเคราะห์ดวงอื่น และออกซิเจนบนโลกมาจากที่ใด

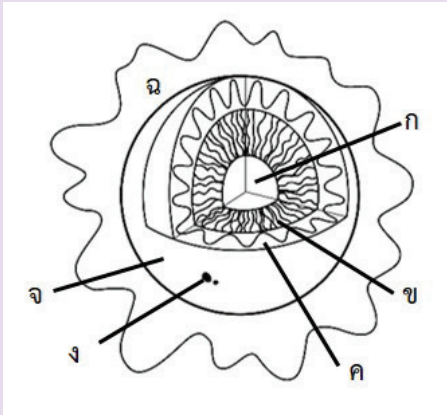
แนวคำตอบ ในยุคแรกชั้นบรรยากาศโลกประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม เมื่อเปลือกโลกค่อย ๆ เย็นลงไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สแอมโมเนียถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ต่อมาไอน้ำในอากาศรวมตัวเป็นฝน ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะรวมตัวกับน้ำฝนตกกลับสู่พื้นโลก ส่วนแก๊สแอมโมเนียจะแตกตัวเป็นแก๊สไนโตรเจนและไฮโดรเจนอยู่ในชั้นบรรยากาศ เมื่อเริ่มมีแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นทำให้การนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้และปล่อยแก๊สออกซิเจนสู่บรรยากาศ ทำให้โลกของเราจึงมีปริมาณแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนมากกว่าดาวดวงอื่น

4. จงเลือกคำที่กำหนดเติมลงในช่องว่างให้สอดคล้องกับข้อความที่กำหนด

**โฟโตสเฟียร์ เขตการพาความร้อน โครโมสเฟียร์ แก่น
คอโรนา เขตการแผ่รังสี จุดมืดดวงอาทิตย์**

- | | |
|-------------------------------------|---|
| แก่น | 4.1 เป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ |
| เขตการแผ่รังสี | 4.2 เป็นเขตที่มีการถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งอยู่ระหว่างแก่นและเขตการพาความร้อน |
| เขตการพาความร้อน | 4.3 เป็นเขตที่ถ่ายโอนความร้อนออกสู่ผิวของดวงอาทิตย์ |
| โฟโตสเฟียร์ | 4.4 เป็นบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสุริยะ) |
| จุดมืดดวงอาทิตย์ | 4.5 อยู่บริเวณผิวดวงอาทิตย์ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง |
| คอโรนา | 4.6 เป็นชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นน้อย และแผ่กระจายจากดวงอาทิตย์ได้ไกลมาก จะเห็นแสงส่วนนี้ในช่วงที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง |

5. ระบุโครงสร้างของดวงอาทิตย์ลงในช่องว่างให้สอดคล้องกับแผนภาพที่กำหนด



- ก. แก่น.....
 ข.เขตการแผ่รังสี.....
 ค. ...เขตการพาความร้อน.....
 ง.จุดมืดดวงอาทิตย์.....
 จ.โฟโตสเฟียร์.....
 ฉ.โคโรนา.....

6. จุดมืดดวงอาทิตย์เกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ จุดมืดดวงอาทิตย์ คือ บริเวณชั้นโฟโตสเฟียร์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณอื่น

7. พายุสุริยะเกิดขึ้นได้อย่างไร และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดจากการปล่อยอนุภาคความเร็วสูงจำนวนมากจากชั้นบรรยากาศโคโรนาของดวงอาทิตย์ โดยอนุภาคดังกล่าวส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของ DNA ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต มีการรบกวนสนามแม่เหล็กของโลก ทำให้ระบบสื่อสารโดยวิทยุคลื่นสั้นทั่วโลกและระบบส่งกำลังไฟฟ้าขัดข้องในประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วแม่เหล็กโลก สายการบินจะยกเลิกเที่ยวบินในช่วงเวลาที่เกิดพายุสุริยะ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในดาวเทียมที่โคจรรอบโลกอาจเสียหาย แต่สิ่งมีชีวิตบนโลกจะมีชั้นบรรยากาศและสนามแม่เหล็กโลกช่วยปกป้องจากรังสีและอนุภาคความเร็วสูงต่าง ๆ จากอวกาศ

บทที่



ipst.me/8854

4

| เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้



ตัวชี้วัด

สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด

สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศ มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
2. อธิบายการใช้เทคโนโลยีของยานอวกาศ สถานีอวกาศนานาชาติ และดาวเทียม
3. อธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบของจรวด และระบบขนส่งอวกาศ
4. อธิบายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในด้านวิทยาศาสตร์ อาหาร การแพทย์และอื่น ๆ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การตีความหมายและลงข้อสรุป 3. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับกับสเปซและสเปซกับเวลา	1. การสื่อสาร 2. การคิดสร้างสรรค์ 3. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 4. การสร้างแบบจำลอง 5. การคิดและการแก้ปัญหา 6. การทำงานร่วมกัน	1. ความมีเหตุผล 2. ความร่วมมือช่วยเหลือ 3. ความรับผิดชอบ

ลำดับความคิดต่อเนื่อง

นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดของรังสีหรืออนุภาคในอวกาศ ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสง อัลตราไวโอเลต และ รังสีเอ็กซ์



ดาวเทียม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าและนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การระบุตำแหน่งบนโลก การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ อุตุนิยมวิทยา โดยดาวเทียมมีหลายประเภทสามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์วงโคจรและการใช้งาน



ยานอวกาศ คือ ยานพาหนะที่นำอุปกรณ์ทางดาราศาสตร์หรือมนุษย์ขึ้นไปสู่อวกาศ เพื่อสำรวจหรือ เดินทางไปยังดาวดวงอื่น ส่วนสถานีอวกาศ คือ ห้องปฏิบัติการลอยฟ้า ที่โคจรรอบโลก ใช้ในการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ ในสภาพไร้น้ำหนัก



มนุษย์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการศึกษาเพื่อขยายขอบเขตความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ขณะเดียวกัน มนุษย์ได้นำเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์

สาระสำคัญ

เทคโนโลยีอวกาศเป็นการสำรวจสิ่งต่างๆที่อยู่ในอวกาศเพื่อหาข้อมูลทำให้ได้ความรู้ใหม่ ๆ และนำมาใช้ในการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้มีความสะดวกสบายมากขึ้น เทคโนโลยีมากมายที่จัดเป็นเทคโนโลยีอวกาศ เช่น กล้องโทรทรรศน์ใช้สำรวจวัตถุท้องฟ้า ดาวเทียมใช้ในการเก็บข้อมูลด้านต่าง ๆ ยานอวกาศใช้ในการสำรวจดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ต่าง ๆ สถานีอวกาศใช้ในการค้นคว้าวิจัยในสภาพไร้น้ำหนัก ความรู้ของเทคโนโลยีอวกาศสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์และอื่น ๆ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	2 ชั่วโมง
4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	1 ชั่วโมง
รวม	3 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

สมบัติของคลื่น (การสะท้อนและการหักเห) องค์ประกอบของคลื่น (ความถี่ ความยาวคลื่น) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงและการเคลื่อนที่ แสงและการเกิดภาพ

4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
2. อธิบายการใช้เทคโนโลยีของยานอวกาศ สถานีอวกาศ และดาวเทียม
3. อธิบายส่วนประกอบของจรวด และระบบขนส่งอวกาศ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ดังนี้



นักวิทยาศาสตร์ใช้อุปกรณ์ใดบ้างในการสำรวจอวกาศ

แนวคำตอบ กล้องโทรทรรศน์ ดาวเทียม ยานอวกาศ



กล้องโทรทรรศน์มีประโยชน์อย่างไร

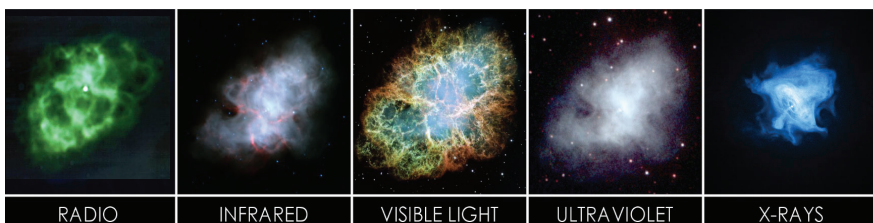
แนวคำตอบ ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลจากโลกมาก



กล้องโทรทรรศน์ที่นักเรียนรู้จักมีแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น กล้องโทรทรรศน์หักเหแสง และ กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง

2. ครูนำแผนภาพเนบิวลาปูที่ถ่ายในช่วงคลื่นต่าง ๆ ให้นักเรียนศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างว่าภาพแต่ละภาพแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใดจึงต้องมีการศึกษาเนบิวลาปูในช่วงคลื่นต่าง ๆ



แผนภาพเนบิวลาปู ที่มารูป นานา

ครูและนักเรียนร่วมสรุปองค์ความรู้ที่ได้ นักวิทยาศาสตร์ต้องการทราบองค์ประกอบภายในเนบิวลาปู นักวิทยาศาสตร์ได้มีการถ่ายภาพเนบิวลาปูในหลาย ๆ ช่วงคลื่น จึงทำให้ทราบว่าภายในเนบิวลาปูมีองค์ประกอบหลายอย่าง จึงมีการปล่อยแม่เหล็กไฟฟ้าในหลายช่วงคลื่น ซึ่งการถ่ายภาพในแต่ละช่วงคลื่นจะให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน

3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 4.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ



กิจกรรม 4.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

จุดประสงค์กิจกรรม

เปรียบเทียบและอธิบายความยาวคลื่นและวัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์แต่ละชนิด

เวลา 20 นาที

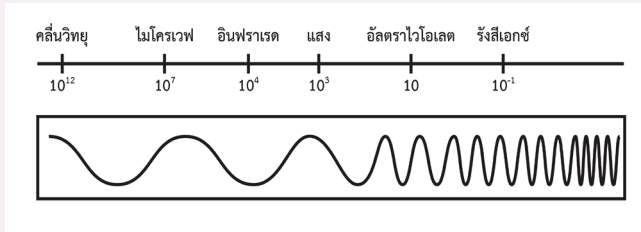
วัสดุ-อุปกรณ์

1. รูปแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 1 แผ่น
2. ใบความรู้เรื่อง กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ กล้องโทรทรรศน์อวกาศที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในประเด็นต่อไปนี้
 - ความยาวคลื่นที่ใช้ในการศึกษา
 - ตัวอย่างวัตถุท้องฟ้าที่ใช้ในการศึกษา
 - ที่ตั้งของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการศึกษา เช่น ศึกษาจากบนโลก ศึกษาในอวกาศ

2. เขียนชื่อภาพกล้องโทรทรรศน์แต่ละชนิด และวัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาลงบนแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังรูป เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลความยาวคลื่นที่สืบค้นได้ในข้อ 1



3. อภิปรายและอธิบายความแตกต่างของความยาวคลื่นและความถี่ รวมทั้งวัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาของกล้องโทรทรรศน์แต่ละชนิด
4. นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

ผลการทำกิจกรรม

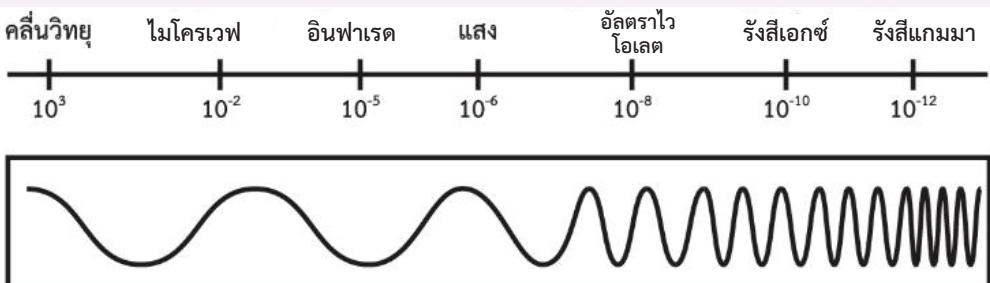
- กล้องโทรทรรศน์ฟาสต์
- ศึกษาซูเปอร์โนวา
หลุมดำ การלקซ์

- กล้องโทรทรรศน์
สปิตเซอร์
- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศเจมส์เวบบ์
- ศึกษาการלקซ์
และดาวฤกษ์เกิด
ใหม่

- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศฮับเบิล
- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศเจมส์เวบบ์
- ศึกษาการלקซ์
และดาวฤกษ์
เนบิวลา
ดาวเคราะห์

- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศฮับเบิล
- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศเจมส์เวบบ์
- ศึกษาดาวฤกษ์
อายุน้อย และ
วิวัฒนาการ
การלקซ์

- กล้องโทรทรรศน์
อวกาศจันทรา
- ศึกษาดาว
นิวตรอนและ
หลุมดำ



คำถามท้ายกิจกรรม



กล้องโทรทรรศน์แต่ละชนิดใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าในช่วงคลื่นใดบ้าง

แนวคำตอบ กล้องโทรทรรศน์ฟาสต์ ใช้ความยาวคลื่นวิทยุ

กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ใช้ความยาวคลื่นอินฟราเรด แสง และอัลตราไวโอเล็ต

กล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์ ใช้ความยาวคลื่นอินฟราเรด

กล้องโทรทรรศน์อวกาศสปิตเซอร์ ใช้ความยาวคลื่นอินฟราเรด

กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา ใช้ความยาวคลื่นรังสีเอกซ์



กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นใดบ้างที่ใช้ศึกษาได้จากบนโลก

แนวคำตอบ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ



กล้องโทรทรรศน์ในช่วงคลื่นใดบ้างที่เป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศ

แนวคำตอบ อินฟราเรด อัลตราไวโอเล็ต และรังสีเอกซ์



ถ้าจะศึกษาวัตถุท้องฟ้าที่มีความยาวคลื่นในช่วงรังสีเอกซ์ สามารถใช้กล้องโทรทรรศน์บนพื้นโลกได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้ เนื่องจากคลื่นในช่วงรังสีเอกซ์ จะถูกดูดกลืนจากชั้นบรรยากาศของโลก

- ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสำรวจอวกาศว่านอกจากจะมีการใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในการสำรวจอวกาศแล้วยังมีการนำเทคโนโลยีอวกาศอื่น ๆ มาใช้ในการศึกษาอวกาศ เช่น ยานอวกาศ สถานีอวกาศและดาวเทียม และระบบขนส่งอวกาศ
- ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาเกี่ยวกับยานอวกาศ สถานีอวกาศ ดาวเทียมและระบบขนส่งอวกาศ ในหนังสือเรียนหน้า 70-75 พร้อมตอบคำถามดังต่อไปนี้



เพราะเหตุใดต้องมีการส่งยานอวกาศออกไปสำรวจนอกโลก

แนวคำตอบ เนื่องจากการศึกษาอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ทำได้แค่วิเคราะห์ลักษณะวัตถุท้องฟ้าเบื้องต้นเท่านั้น หากต้องการศึกษารายละเอียดของวัตถุท้องฟ้าให้มากขึ้นต้องมีการส่งยานอวกาศออกไปสำรวจนอกโลก เช่น การส่งยานอวกาศพอลโลสำรวจดวงจันทร์ ยานอวกาศคิวริออซิตีสำรวจดาวอังคาร ยานอวกาศจูโนสำรวจดาวพฤหัสบดี ยานอวกาศแคสสินี-ฮอยเกนส์สำรวจดาวเสาร์ และยานอวกาศนิวฮอไรซอนส์สำรวจดาวเคราะห์แคระพลูโต



สถานีอวกาศมีประโยชน์ในด้านใด

แนวคำตอบ เปรียบเสมือนห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่โคจรรอบโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อประโยชน์ในการวิจัย ทดลอง และประดิษฐ์คิดค้นในสภาพไร้น้ำหนัก



เพราะเหตุใดจึงต้องมีการทำวิจัยในอวกาศ

แนวคำตอบ เนื่องจากการศึกษาและวิจัยในอวกาศจะมีสถานะที่แตกต่างจากบนโลก ที่เราได้ข้อมูลต่างกัน เช่น การศึกษาสถานะไร้น้ำหนักที่มีผลต่อร่างกายมนุษย์ การศึกษาพัฒนายาและวัคซีนรักษาโรค



ระดับวงโคจรของดาวเทียมสัมพันธ์กับการใช้งานของดาวเทียมหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ วงโคจรของดาวเทียมที่ความสูงต่าง ๆ สัมพันธ์กับภารกิจของดาวเทียม โดยดาวเทียมที่โคจรรอบใกล้ผิวโลกจะมีความเร็วในการโคจรมากซึ่งส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลางจะใช้ในการบอกตำแหน่งบนโลก ส่วนดาวเทียมวงโคจรระดับสูงจะมีความเร็วในการโคจรรอบโลกที่ช้าลง เช่น ดาวเทียมค้างฟ้าซึ่งจะโคจรรอบโลกเท่ากับที่โลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจึงเสมือนลอยอยู่นิ่งที่ตำแหน่งเดิม จึงถูกนำมาใช้เป็นดาวเทียมสื่อสาร



จรวดมีความสำคัญอย่างไร และการส่งจรวดต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง

แนวคำตอบ จรวดเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการส่งดาวเทียมและยานอวกาศออกนอกโลก ในการส่งจรวดสู่อวกาศจะต้องพิจารณาถึงความเร็วเริ่มต้นของจรวดที่สามารถขึ้นไปถึงวงโคจรได้หรือต้องมีความเร็วหลุดพ้นที่ทำให้จรวดเคลื่อนที่ออกนอกโลกได้



ระบบขนส่งอวกาศมีส่วนประกอบใดบ้าง และแต่ละส่วนทำหน้าที่อะไร

แนวคำตอบ ประกอบด้วย จรวดเชื้อเพลิงแข็งซึ่งติดกับถังเชื้อเพลิงภายนอกทั้งสองข้าง ถังเชื้อเพลิงภายนอกเป็นที่เก็บเชื้อเพลิงเหลว และยานขนส่งอวกาศทำหน้าที่ใช้บรรทุกสัมภาระ ดาวเทียม กล้องโทรทรรศน์อวกาศ และการส่งนักบินอวกาศเพื่อไปปฏิบัติงานยังสถานีอวกาศ

6. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมลองทำดู การกิจสู่ดวงอังคาร



ลองทำดู

จุดประสงค์กิจกรรม

ออกแบบและสร้างแบบจำลองการส่งยานอวกาศไปยังดาวอังคาร

วัสดุ-อุปกรณ์

1. กระดาษ A 4
2. ดินสอสี

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนสืบค้นข้อมูลในประเด็นต่อไปนี้
 - การส่งยานอวกาศไปดาวอังคาร
 - วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างยานอวกาศ
 - แรงโน้มถ่วง อุณหภูมิ ชั้นบรรยากาศ ความดันบนดาวอังคาร
 - การวางแผนด้านที่อยู่อาศัยบนดาวอังคาร
 - อาหาร น้ำและอากาศบนดาวอังคาร
2. ออกแบบและสร้างแบบจำลองยานอวกาศในการเดินทางไปดาวอังคารและวางแผนการใช้ชีวิตบนดาวอังคาร
3. นำเสนอแบบจำลองและอภิปรายร่วมกัน

สรุปผลการทำกิจกรรม

ในการออกแบบยานอวกาศเพื่อเดินทางไปดาวอังคารและการใช้ชีวิตบนดาวอังคาร นักเรียนควรคำนึงถึงเงื่อนไขต่อไปนี้

- การส่งยานอวกาศต้องออกแบบให้ยานอวกาศสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วหลุดพ้นเพื่อให้เอาชนะแรงโน้มถ่วงของโลกได้
- การเลือกใช้วัสดุในการสร้างยานอวกาศ ควรเป็นวัสดุที่ทนต่อความร้อนที่สูงมากในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก
- มีการออกแบบการลงจอดบนดวงอังคาร เนื่องจากดาวอังคารมีแรงโน้มถ่วงน้อยกว่าโลกประมาณครึ่งหนึ่ง ทำให้น้ำหนักของตัวยานน้อยกว่าบนโลก
- การวางแผนออกแบบด้านที่อยู่อาศัย จำเป็นต้องสร้างที่อยู่อาศัยที่สามารถจำลองชั้นบรรยากาศและใช้ป้องกันรังสีต่าง ๆ ได้ เนื่องจากชั้นบรรยากาศของดาวอังคารเบาบางมากและไม่มีแก๊สออกซิเจน มีอากาศที่หนาวมาก แต่ดินบนดาวอังคารมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำใต้พื้นผิวดินที่มีสภาพเป็นน้ำแข็ง จึงจำเป็นต้องหาน้ำเพื่อใช้ในการปลูกพืชโดยได้น้ำจากการละลายน้ำแข็งเพื่อสามารถปลูกพืชได้และให้แก๊สออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	ทางการวัดและประเมินผล
K: เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 4.1 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัดท้ายบท

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 4.1
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม

4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในด้านวัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์และอื่น ๆ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศโดยใช้ประเด็นคำถาม ดังนี้



นักเรียนคิดว่าความรู้จากเทคโนโลยีอวกาศ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความรู้เดิมของนักเรียน เช่น ด้านวัสดุศาสตร์ นำมาใช้ ออกแบบชุดดับเพลิงที่ทนความร้อนสูง

2. ให้นักเรียนศึกษาประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศในด้านต่าง ๆ จากหนังสือเรียนหน้า 77-82 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ประเด็นคำถามดังต่อไปนี้



ความรู้จากเทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านใดบ้าง

แนวคำตอบ ด้านวัสดุศาสตร์ ด้านอาหาร ด้านการแพทย์และสุขภาพ



ความรู้ทางเทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านวัสดุศาสตร์อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ สามารถนำความรู้ที่ได้จากการออกแบบยานอวกาศ ชุมนักบินอวกาศมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาวัสดุต่าง ๆ เช่น การผลิตเลนส์แว่นตาจากคาร์บอนแข็งแรงพิเศษ ทนทานต่อรอยขีดข่วน มีการผลิตแอโรเจล ซึ่งจัดเป็นของแข็งที่เบาที่สุด มีความหนาแน่นต่ำ แข็งแรงและมีสภาพยืดหยุ่นสูง นำมาพัฒนาเป็นสิ่งของที่ใช้ประโยชน์บนโลก เช่น นำมาทำชุดนักดับเพลิง ชุดของนักแข่งรถ นำมาทำผ้าห่มที่ช่วยเก็บกักรักษาอุณหภูมิ ความร้อน ผลิตเป็นพื้นรองเท้าที่สามารถลดการสูญเสียความร้อนสำหรับนักปีนภูเขาน้ำแข็ง การผลิตโฟมชนิดพิเศษ ที่ถูกนำมาเป็นที่นอนกับหมอนเพื่อลดน้ำหนักที่กดทับขณะนอน สามารถปรับตัวให้รองรับพอดีกับร่างกาย ลดปัญหาการปวดเมื่อย การออกแบบเซลล์สุริยะ เพื่อนำมาเป็นพลังงานที่ใช้ในดาวเทียมและยานอวกาศ สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานบนโลกได้



ความรู้ทางเทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านอาหารอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ความก้าวหน้าทางด้านอาหารสำหรับนักบินอวกาศได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอาหารให้กับมนุษย์ที่อยู่บนโลก เช่น เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็งแบบสุญญากาศ เป็นการลดอุณหภูมิและความชื้นในอาหารทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา มีอายุยาวนานขึ้น การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ให้นาน และมีการพัฒนาอาหารเสริมสำหรับเด็กที่มีสารอาหารที่จำเป็นต่อเด็กเช่นเดียวกับน้ำนมแม่



ความรู้ทางเทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์และสุขภาพอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ มีการนำความรู้เกี่ยวกับการเสื่อมของกล้ามเนื้อและกระดูกของมนุษย์ที่อยู่ในอวกาศเป็นเวลานานมาช่วยในการชะลอการสูญเสียมวลกระดูกของคนที่อยู่บนโลก การนำความรู้ทางเทคโนโลยีอวกาศมาพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ เช่น การพัฒนากล้อง 3 มิติ ที่มีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพสูงจากห้องปฏิบัติการของนาซา นำมาพัฒนากล้องส่องตรวจอวัยวะภายในของร่างกาย 3 มิติ การออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิทางหูเพื่อใช้วัดอุณหภูมิของคนไข้ การพัฒนาเครื่องปั๊มหัวใจเทียมขนาดเล็กพิเศษ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว การออกแบบเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต ใช้สำหรับวัดค่าการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตของดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก ซึ่งช่วยในการกระตุ้นผิวหนังให้สร้างวิตามิน D ที่พอเหมาะโดยไม่ทำอันตรายต่อผิวหนัง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	ทางการวัดและประเมินผล
K: เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	1. การตอบคำถาม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	การอภิปรายเพื่อตอบคำถาม
A: ความร่วมมือช่วยเหลือ	พฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. เพราะเหตุใดจึงต้องส่งกล้องโทรทรรศน์ขึ้นไปโคจรรอบโลกในการศึกษาวัตถุท้องฟ้า
แนวคำตอบ เพราะบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกประกอบด้วย ฝุ่น ละออง ไอ น้ำ แก๊สต่าง ๆ และมีความแปรปรวน ตลอดจนแสงรบกวนจากเมืองทำให้ลดทอนประสิทธิภาพของกล้องโทรทรรศน์ทำให้กล้องโทรทรรศน์บนพื้นโลกส่องเห็นวัตถุท้องฟ้าได้ไกลสุดประมาณ 2,000 ล้านปีแสง แต่กล้องโทรทรรศน์ที่ขึ้นไปโคจรรอบโลกช่วยขยายขอบเขตการเห็นและการรับรู้ของมนุษย์เกี่ยวกับเอกภพให้ไกลออกไป เช่น กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ส่องเห็นวัตถุท้องฟ้าได้ไกลออกไปประมาณ 13,000 ล้านปีแสง นอกจากนี้ยังสังเกตดาวฤกษ์ในช่วงคลื่นอื่นที่ไม่อาจทำได้บนผิวโลก
2. ทำไมกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าต้องใช้ความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ
แนวคำตอบ เนื่องจากวัตถุท้องฟ้าแผ่พลังงานหลายช่วงคลื่น จึงต้องมีการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์เพื่อใช้ตรวจจับหลายช่วงคลื่นซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกัน เช่น ช่วงคลื่นวิทยุและช่วงคลื่นไมโครเวฟ ใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าซึ่งสามารถรับสัญญาณบนพื้นผิวโลกได้ ช่วงคลื่นอินฟราเรดจะใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าที่สามารถทะลุทะลวงฝุ่นและแก๊สในอวกาศได้ดี ช่วงคลื่นแสงที่มองเห็นจะใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าทั่วไป ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงมาก และช่วงคลื่นรังสีเอกซ์จะใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลมาก

3. จงเติมคำตอบลงในตารางให้ถูกต้อง

กล้องโทรทรรศน์	ช่วงความยาวคลื่นที่สามารถรับสัญญาณ	วัตถุอวกาศที่เหมาะสมในการศึกษา
กล้องโทรทรรศน์ฟาสต์	1 เซนติเมตร - 20 เมตร	ซูเปอร์โนวา หลุมดำ กาแล็กซี และไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง	400 - 700 นาโนเมตร	ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ เนบิวลาและกาแล็กซี
กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา	10 - 0.1 นาโนเมตร	ดาวนิวตรอน เศษซากของดาวฤกษ์ที่หลงเหลืออยู่จากการระเบิดซูเปอร์โนวา และหลุมดำในใจกลางกาแล็กซี
กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล	1 ไมโครเมตร - 1 มิลลิเมตร , 10 - 320 นาโนเมตร , 400 - 700 นาโนเมตร	สสารระหว่างดาว ดาวฤกษ์อายุน้อย วิวัฒนาการของกาแล็กซี และองค์ประกอบของเนบิวลาดาวเคราะห์
กล้องโทรทรรศน์อวกาศสปิตเซอร์	1 ไมโครเมตร - 1 มิลลิเมตร	การก่อกำเนิดของดาวฤกษ์ในใจกลางกาแล็กซี

4. ระบบขนส่งอวกาศประกอบด้วยส่วนใดบ้าง

แนวคำตอบ ประกอบด้วย จรวดเชื้อเพลิงแข็ง ถึงเชื้อเพลิงภายนอก และยานขนส่งอวกาศ

5. การทดลองทางวิทยาศาสตร์บนสถานีอวกาศนานาชาติมีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ การทดลองทางวิทยาศาสตร์บนสถานีอวกาศนานาชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในสภาพไร้น้ำหนัก เช่น พัฒนายาที่มีประสิทธิภาพ สำหรับโรคต่างๆ เช่น โรคกล้ามเนื้อหัวใจ และมะเร็ง เพื่อหาทางป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากเอนไซม์บางตัวในระบบภูมิคุ้มกัน พัฒนาวัดขึ้นป้องกันโรคทางเดินอาหาร การบำบัดรักษา

แก่ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ทดลองเพาะปลูกพืชบนสถานีอวกาศ ศึกษาผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในอวกาศเป็นเวลานาน เช่น การเสื่อมของกล้ามเนื้อ และกระดูก ศึกษาการรวมตัวของของไหลที่สามารถผสมกันได้เกือบสมบูรณ์ การเคลื่อนที่ช้าลงของสารในอุณหภูมิต่ำซึ่งจะทำให้สามารถความเข้าใจเกี่ยวกับสารตัวนำยวดยิ่งได้ดียิ่งขึ้น การศึกษากระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอาจนำไปสู่การออกแบบเครื่องยนต์เผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นบนโลก การทดสอบเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสำหรับการประยุกต์ใช้งานในอวกาศ เช่น การสื่อสาร แขนกล และเทคโนโลยีด้านพลังงาน

6. การอาศัยอยู่ในอวกาศของมนุษย์อวกาศเป็นระยะเวลาานาน ๆ มีผลกระทบต่อมนุษย์อวกาศอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ มนุษย์อวกาศที่อาศัยอยู่ในอวกาศซึ่งเป็นสภาพไร้น้ำหนักเป็นเวลานาน อาจทำให้ระบบต่างๆภายในร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น หัวใจเต้นช้าลง กล้ามเนื้อทุกส่วนมีขนาดเล็กลง กระดูกพรุนและแตกหักง่าย

7. เทคโนโลยีอวกาศนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง ให้ยกตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง

แนวคำตอบ เทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านวัสดุศาสตร์ สามารถออกแบบวัสดุกันความร้อนใช้กับชุดนักดับเพลิง และชุดของนักแข่งรถ ผ้าอ้อมเด็กและผู้ใหญ่ ผ้าห่มที่ช่วยเก็บรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่

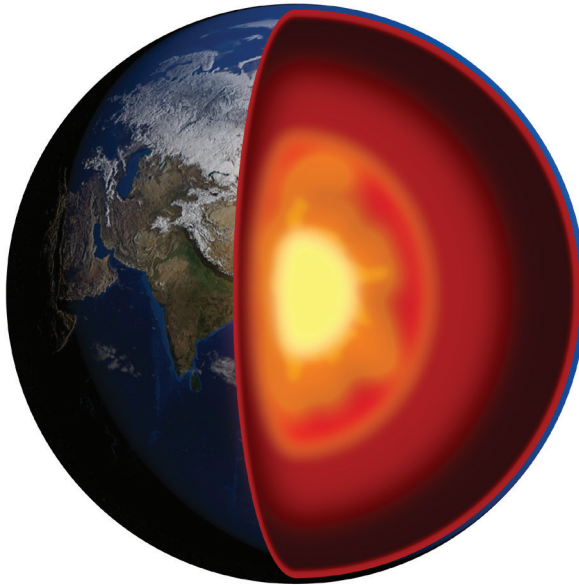
ด้านอาหาร มีการออกแบบการเก็บรักษาอาหารให้ได้นานและยังคงคุณค่าสารอาหารไว้ เช่น อาหารเยือกแข็งแบบสุญญากาศ อาหารเสริมสำหรับเด็ก

ด้านการแพทย์ เช่น กล้องส่องตรวจอวัยวะภายในของร่างกาย เครื่องปั๊มหัวใจเทียมขนาดเล็กพิเศษ เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ประยุกต์ด้านอื่น เช่น เครื่องตรวจคว้น เซลล์สุริยะ กล้องดิจิทัล กล้องอินฟราเรด เครื่องกรองน้ำ

หน่วยที่ | กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก

2



ตัวชี้วัด

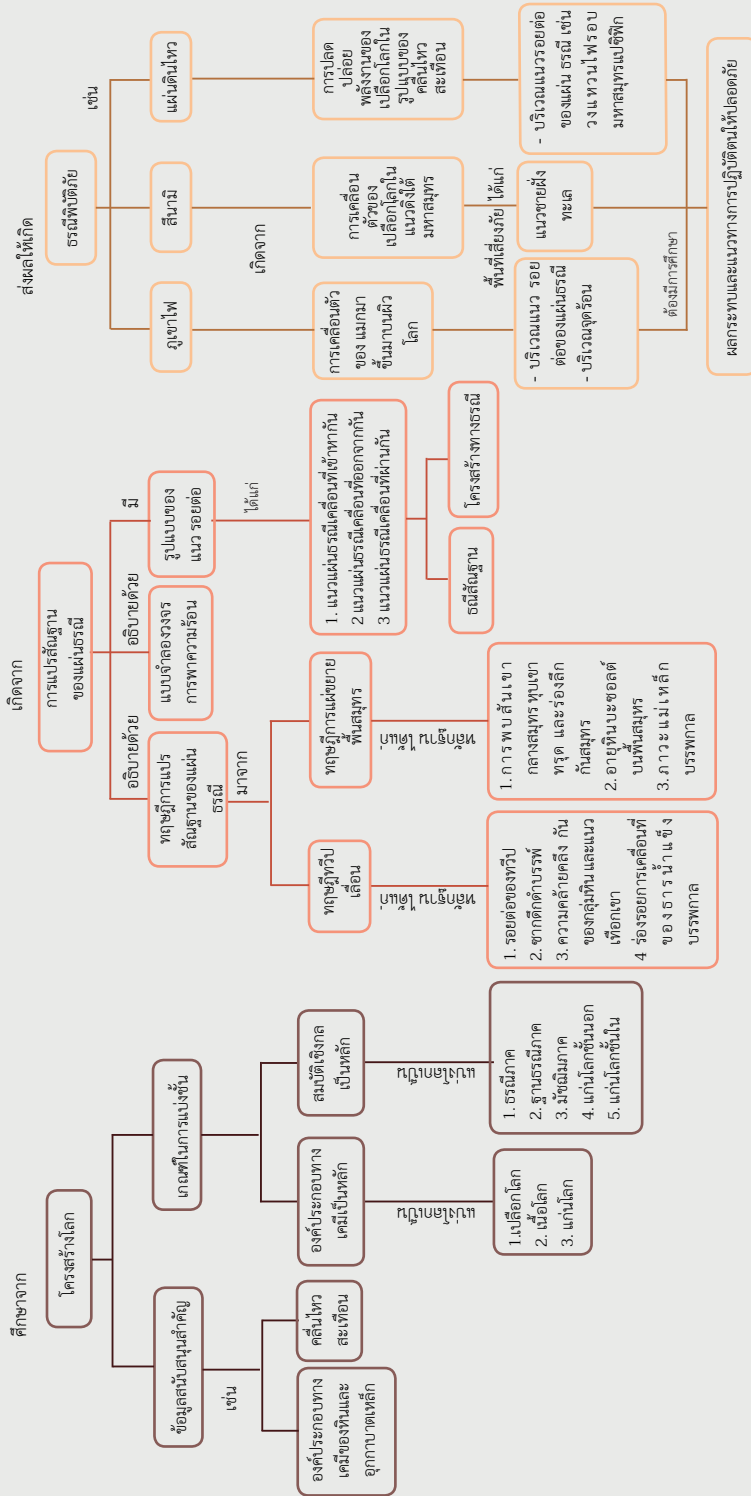
1. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
3. ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ
4. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
5. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
6. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

เวลาที่ใช้ จำนวนชั่วโมงของหน่วยการเรียนรู้ รวม 19 ชั่วโมง แบ่งเป็น

ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 5 โครงสร้างโลก	
5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก	2
5.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	3
รวม	5
ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 6 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	
6.1 แนวคิดของทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน	2
6.2 แนวคิดของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรและหลักฐานสนับสนุน	2
6.3 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	2
6.4 ธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	2
รวม	8
ชื่อบท	เวลา (ชั่วโมง)
บทที่ 7 ธรณีพิบัติภัย	
7.1 ภูเขาไฟระเบิด	2
7.2 แผ่นดินไหว	2
7.3 สึนามิ	2
รวม	6

ผังมโนทัศน์ กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก

กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก





ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย (✗) ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ผิด

- ✓ 1. ชั้นโครงสร้างโลกประกอบด้วย เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก
- ✗ 2. เปลือกโลกเป็นส่วนที่หนาที่สุดของโครงสร้างโลก (เปลือกโลกเป็นชั้นที่บางที่สุดของโครงสร้างโลก)
- ✗ 3. เนื้อโลกมีสถานะเป็นของเหลว (เนื้อโลกมีสถานะเป็นของแข็ง)
- ✗ 4. แก่นโลกเป็นชั้นของโลกที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด (แก่นโลกเป็นชั้นที่มีความหนาแน่นมากที่สุด)
- ✓ 5. ธาตุโลหะส่วนใหญ่มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุโลหะ
- ✓ 6. คลื่นกลจะเกิดการสะท้อนและหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน
- ✓ 7. คลื่นกลจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อของตัวกลางต่างชนิดกัน
- ✗ 8. อุกกาบาตเป็นวัตถุที่มาจากนอกระบบสุริยะ (อุกกาบาตเป็นวัตถุที่หลงเหลือจากการกำเนิดระบบสุริยะ จึงเป็นวัตถุที่อยู่ในระบบสุริยะ)
- ✓ 9. สunami เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุ
- ✓ 10. ซากดึกดำบรรพ์ คือ ซากและร่องรอยของสิ่งมีชีวิตในอดีตที่ปรากฏอยู่ในหิน
- ✓ 11. ในกระบวนการพาความร้อน เมื่อสสารได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำลง และมวลสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความหนาแน่นสูงกว่าจะเข้ามาแทนที่
- ✗ 12. ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิเป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบนผิวโลก (เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก)

-  13. คลื่นไหวสะเทือนเป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
-  14. หากเกิดแผ่นดินไหวขณะอยู่ในอาคารควรหมอบลงใต้โต๊ะเพื่อป้องกันของตกใส่
-  15. หากเกิดสึนามิขณะอยู่ในเรือกลางทะเลให้รีบเข้าใกล้ฝั่งให้มากที่สุด (ควรนำเรือออกจากฝั่งให้มากที่สุด เนื่องจากเมื่ออยู่ในทะเลลึกสึนามิจะมีความสูงคลื่นน้อยกว่าบริเวณน้ำตื้น)

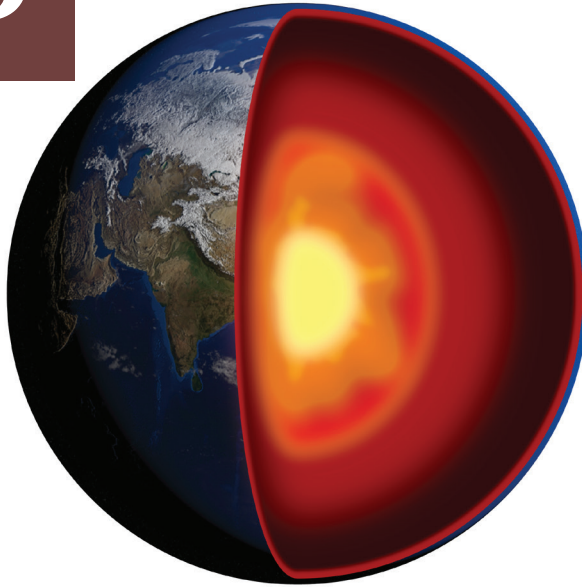
บทที่



ipst.me/8855

5

| โครงสร้างโลก (Earth's Structure)



ตัวชี้วัด

อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่น่าสนใจ

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด

อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล
2. วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก และสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
3. สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก และอธิบายสมบัติของโครงสร้างโลกในแต่ละชั้นได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	ความใจกว้าง

ลำดับความคิดต่อเนื่อง โครงสร้างโลก

การศึกษาโครงสร้างโลกศึกษาจากข้อมูลหลายด้าน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ อุกกาบาตที่พบบนโลก ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก



การศึกษาโครงสร้างโลกจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านภายในโลกนั้นใช้สมบัติของคลื่นในตัวกลางเป็นหลัก ซึ่งแบ่งออกเป็น คลื่นปฐมภูมิที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ และคลื่นทุติยภูมิซึ่งไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวได้ โดยคลื่นทั้งสองชนิดจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน



นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลหาความหนาแน่นเฉลี่ยของโลกซึ่งคำนวณได้จากค่าความหนาแน่นของแร่เหล็กจากอุกกาบาตเหล็ก หินแข็งที่เคยอยู่ในระดับลึกใต้เปลือกโลก และหินที่พบบนโลก รวมทั้งข้อมูลความหนาแน่นของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นที่ได้จากการศึกษาคลื่นไหวสะเทือน จึงมีการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกโดยใช้ทั้งตามองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติเชิงกลเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง



การแบ่งโครงสร้างโลกโดยใช้องค์ประกอบทางเคมีแบ่งได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก โดยเปลือกโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและออกซิเจน เนื้อโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของเหล็กและแมกนีเซียม แก่นโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของ เหล็กและนิกเกิล



การแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลแบ่งได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน ซึ่งแต่ละชั้นมีสมบัติเชิงกลแตกต่างกันซึ่งวิเคราะห์ได้จากความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่เปลี่ยนไปในแต่ละระดับความลึกเมื่อเคลื่อนที่ผ่านชั้นโครงสร้างโลก

สาระสำคัญ

การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลสำคัญในการสนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกทั้งการแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีและการแบ่งตามสมบัติเชิงกล เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ อุกกาบาตเหล็ก และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ภายในโลก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้อธิบายองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

บทที่ 5 โครงสร้างโลก

- | | |
|--|-----------|
| 5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก | 2 ชั่วโมง |
| 5.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก | 3 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

การเคลื่อนที่ของคลื่นในตัวกลาง การสะท้อนและการหักเหของคลื่น สมบัติของธาตุและสารประกอบบางชนิด ทฤษฎีกำเนิดระบบสุริยะ

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เนื้อโลกเป็นของเหลว	เนื้อโลกมีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก

5.1 ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นและอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. วิดีทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลก <https://www.youtube.com/watch?v=JIF13tppRCs> Solar System History - How Was the Earth Formed - Full Documentary National Geographic HD

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูทบทวนความรู้เรื่องโครงสร้างโลกโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับภาพนำบทในหนังสือเรียนหน้า 88 โดยใช้คำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้



โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

แนวคำตอบ โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก



นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทราบลักษณะของโครงสร้างภายในโลกได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับขั้นตอนการกำเนิดโลกโดยใช้รูป 5.1 (ก)-(ค) ในหนังสือเรียนหน้าที่ 89 หรือครูอาจใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลกประกอบการนำอภิปรายทั้งนี้ครูควรใช้เวลาประมาณ 10 นาที โดยมีแนวการอภิปรายดังตัวอย่าง

จากรูป 5.1 (ก) แสดงช่วงต้นของการกำเนิดโลกเป็นช่วงที่โลกมีอุณหภูมิสูง สสารที่ประกอบเป็นโลกยังหลอมรวมกันด้วยความร้อนเนื่องจากการปะทะของวัตถุอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์ การที่โลกถูกวัตถุที่หลงเหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์พุ่งชนนั้น นอกจากจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้ว ยังเกิดการพอกพูนมวลทำให้โลกมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงมีแรงโน้มถ่วงเพิ่มมากขึ้น จึงดึงดูดวัตถุอื่น ๆ เข้ามาปะทะมากขึ้น โลกในขณะนั้นเปรียบเหมือนลูกบอลไฟขนาดใหญ่ที่เป็น

สารเหลวร้อน ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 2,000 องศาเซลเซียส ธาตุที่มีความหนาแน่นมากจะจมลงสู่ใจกลางโลก ส่วนธาตุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะรวมตัวกันอยู่ด้านบน ทำให้เกิดกระบวนการแยกชั้นของโลก (planetary differentiation) ซึ่งในช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 30 ล้านปี โลกจึงมีขนาดเท่ากับปัจจุบัน

จากรูป 5.1 (ข) แสดงถึงโลกในช่วงที่ไม่มีการปะทะกับวัตถุอื่นแล้วทำให้อุณหภูมิภายนอกของโลก ลดลงอย่างช้า ๆ ส่วนนอกสุดของโลกเกิดการแข็งตัวจนกลายเป็นชั้นของแข็งบาง ๆ ห่อหุ้มโลก แต่ภายในยังมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง

จากรูป 5.1 (ค) แสดงถึงโลกในปัจจุบันที่ผิวโลกมีทั้งส่วนที่ปกคลุมด้วยน้ำและส่วนที่เป็นแผ่นดิน ที่เกิดขึ้นภายหลังที่โลกมีอุณหภูมิลดลงแล้ว สภาพของโลกในปัจจุบันเกิดจากทั้งกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก

หลังการอภิปรายครูให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของโลก ซึ่งนักเรียนอาจนำเสนอ โดยใช้แผนภาพ ความเรียง หรือเรื่องเล่าประกอบภาพ

นักเรียนควรสรุปได้ว่า

โลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีกำเนิดมาจากกลุ่มแก๊สและธาตุต่าง ๆ จากเนบิวลาสूरียะ พร้อมกับ ดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะ โลกและดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ จึงมีกำเนิดและองค์ประกอบที่ คล้ายกัน ลักษณะของโลกเริ่มจากลูกบอลไฟที่เป็นของเหลวร้อนในอวกาศ ซึ่งต่อมาอุณหภูมิที่ผิวของ โลกจะค่อย ๆ ลดลงทำให้ธาตุที่อยู่ภายนอกรวมตัว และแข็งตัวกลายเป็นหินซึ่งต่อมาเป็นเปลือกโลก ห่อหุ้มธาตุหรือสสารต่าง ๆ ที่ยังคงมีอุณหภูมิสูงไว้ภายในโลก

3. ครูให้นักเรียนศึกษาลักษณะและองค์ประกอบของเปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก (ศึกษาจาก หนังสือเรียนหน้า 90-91) และอภิปรายเชื่อมโยงสู่ข้อมูลพื้้นกวีวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้

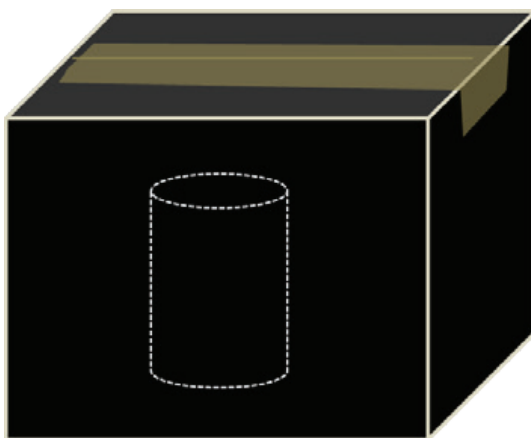
- นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าแต่ละชั้นของโลกมีลักษณะและองค์ประกอบดังกล่าว

แนวทางการอภิปราย นักวิทยาศาสตร์ได้เจาะสำรวจและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหิน บนเปลือกโลก พบว่าเปลือกโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและ อะลูมิเนียม แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีการสำรวจในปัจจุบันยังไม่สามารถเจาะสำรวจหิน ที่อยู่ลึกลงไปกว่าเปลือกโลกได้ ข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการเจาะสำรวจทำให้ทราบว่าภายในโลก มีอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าสนใจนำมาใช้ประกอบในการ แบ่งชั้นโครงสร้างโลก

ต่อมา นักวิทยาศาสตร์พบหินแปลกปลอม (xenolith) ที่ถูกลาวาพาขึ้นมาจากภายในโลก และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินดังกล่าว พบว่าหินแปลกปลอมมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียมและเหล็ก ซึ่งแตกต่างจากหินบนเปลือกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปว่าองค์ประกอบทางเคมีของโลกชั้นที่อยู่นอกสุด และชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีองค์ประกอบแตกต่างกัน

นอกจากนี้ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาตที่พบบนพื้นโลก โดยเฉพาะอุกกาบาตเหล็ก ดังรูป 5.2 ในหนังสือเรียนหน้า 91 พบว่ามีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนองค์ประกอบที่เหลือที่เหลือเป็นนิกเกิลและธาตุอื่น ๆ ซึ่งอุกกาบาตเหล็กเป็นชิ้นส่วนของวัตถุที่เหลือจากการกำเนิดระบบสุริยะ และเกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกับการกำเนิดโลก จึงสันนิษฐานว่าชั้นในสุดของโลกมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายอุกกาบาตเหล็ก

4. ครูใช้กิจกรรมกล่องปริศนาเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะโครงสร้างโลก โดยนำสิ่งของใส่ในกล่องทึบและปิดฝา ดังรูปตัวอย่าง และใช้คำถามดังตัวอย่าง



รูป ตัวอย่างกล่องทึบ

- ถ้าต้องการทราบว่ามีสิ่งใดอยู่ภายในกล่อง โดยไม่เปิดฝากล่องนักเรียนจะมีวิธีการใดบ้าง
- แนวทางการอภิปราย** นักเรียนอาจหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้คำตอบ เช่น การเขย่ากล่อง การเคาะ การส่องกับแสงไฟ ยกเพื่อคาดคะเนน้ำหนัก หรือน้ำหนักของวัตถุโดยการแทนที่น้ำ จากนั้นครูนำอภิปรายว่า การศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในบางเรื่องไม่สามารถศึกษาได้โดยตรง จึงต้องศึกษาเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาทำความเข้าใจและอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษาด้วยในทำนองเดียวกัน ในการศึกษาโครงสร้างโลกนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้สมบัติของคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางชนิดต่าง ๆ มาศึกษาสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลก

5. ครูนำอภิปรายเพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติเชิงกลของวัสดุตามหนังสือเรียนหน้า 92 โดยมีแนวการอภิปรายดังนี้

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุ ที่สามารถแสดงออกมาเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) สภาพพลาสติก (plasticity) สภาพยืดหยุ่น (elasticity) ความเปราะ (brittleness) ความแข็งแรง (stiffness) วัสดุต่าง ๆ จะมีการตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากกระทำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงกลของวัสดุ ในที่นี้คือการตอบสนองของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน

6. ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่องเกี่ยวกับคลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกจากหนังสือเรียนหน้า 92 ในหัวข้อคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ จากนั้นให้อภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



คลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในโลกมีคลื่นใดบ้าง

แนวคำตอบ คลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในโลกคือคลื่นในตัวกลาง ซึ่งแบ่งออกเป็นคลื่นปฐมภูมิ (primary wave, P-wave) และคลื่นทุติยภูมิ (secondary wave, S-wave)



คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิมีสมบัติแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ คลื่นปฐมภูมิเป็นคลื่นตามยาวเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าคลื่นทุติยภูมิ และเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ ส่วนคลื่นทุติยภูมิเป็นคลื่นตามขวางและไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวและแก๊ส ได้



นักวิทยาศาสตร์ใช้สมบัติใดของคลื่นไหวสะเทือนในการศึกษาโครงสร้างโลก

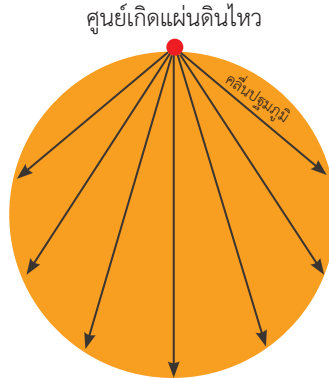
แนวคำตอบ ใช้สมบัติการสะท้อนและหักเหของคลื่น และการเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน

7. ครูให้นักเรียนพิจารณารูป 5.5 ในหนังสือเรียนหน้า 94 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



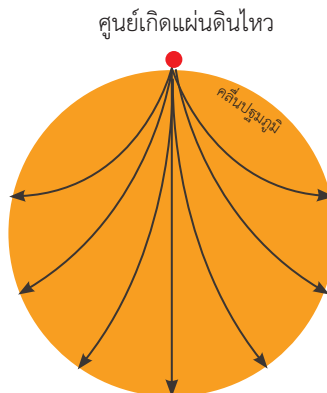
จากสมบัติของคลื่นไหวสะเทือน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างภายในโลกจึงมีลักษณะ ดังเช่นรูป 5.5

แนวคำตอบ หากภายในโลกเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด คลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านภายในโลกจะมีความเร็วคงที่และเดินทางเป็นเส้นตรง ดังรูปด้านล่าง



รูป การเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือน
หากภายในโลกเป็นเนื้อเดียวกัน

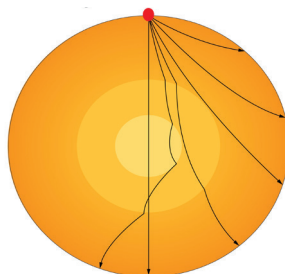
หากความหนาแน่นและความดันภายในโลกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับความลึก คลื่นไหวสะเทือนจะเดินทางผ่านภายในโลกด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นและความดัน เส้นทางเดินของคลื่นจะเบี่ยงเบนเล็กน้อย ดังรูปด้านล่าง



รูป การเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือนเมื่อภายในโลกมี
ความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้นตามความลึก

แต่จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า เมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลกจะมีลักษณะดังรูปด้านล่าง ซึ่งแสดงว่าภายในโลกอาจแบ่งเป็นชั้นที่มีสถานะและความหนาแน่นแตกต่างกัน เมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านภายในโลกจะมีทิศทางและความเร็วเปลี่ยนแปลงไป ทำให้นามาสู่ข้อสรุปเรื่องความหนาแน่น สถานะ และความหนาโดยประมาณ ของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

ศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

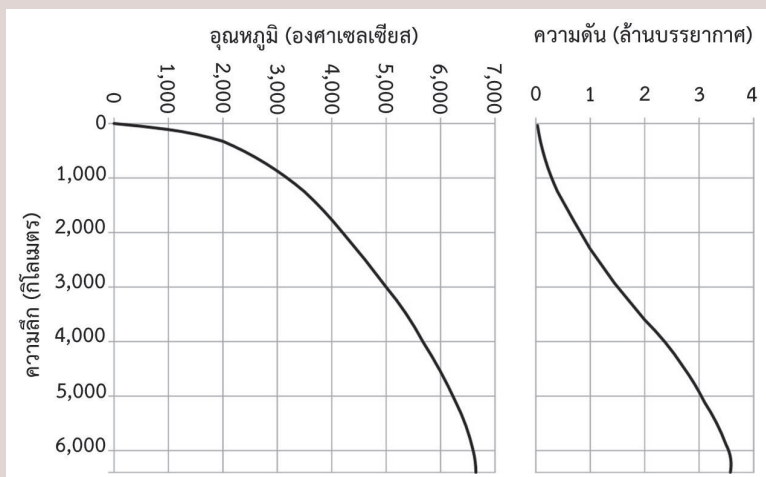


รูป คลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลก



ชวนคิด

ความดันและอุณหภูมิภายในโลก



พิจารณารูปแสดงอุณหภูมิและความดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึกของโครงสร้างโลก ณ ปัจจุบัน และตอบคำถามต่อไปนี้

1. ที่ระดับความลึกใดของโลกที่มีอุณหภูมิและความดันสูงที่สุด และที่ระดับความลึกใดมีอุณหภูมิและความดันต่ำที่สุด

แนวคำตอบ ที่ระดับความลึก 0 กิโลเมตร มีอุณหภูมิและความดันต่ำที่สุด ที่ระดับความลึกประมาณ 6,000 กิโลเมตร มีอุณหภูมิและความดันสูงที่สุด

2. อุณหภูมิและความดันภายในโลกที่เปลี่ยนไปในแต่ละระดับความลึกมีความสัมพันธ์กับสิ่งใด

แนวคำตอบ สัมพันธ์กับความหนาแน่นและสถานะของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

3. อุณหภูมิและความดันของโลกในช่วงก่อกำเนิดแตกต่างจากปัจจุบันอย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นต่าง ๆ ภายในโลกมีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าปัจจุบันมาก

8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยมีแนวทางการสรุปดังต่อไปนี้

การศึกษาการแบ่งชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลก นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลที่หลากหลายร่วมกัน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหิน อุกกาบาต และสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน

แนวการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของหิน อุกกาบาต เหล็ก และคลื่นไหวสะเทือนที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	1. การตอบคำถามในชั้นเรียน 2. การสรุปองค์ความรู้จากการอภิปราย 3. แบบฝึกหัด
P : การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	คำถามที่ครูอาจสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากกราฟ
A : ความใจกว้าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย

5.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
2. วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
3. สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แบ่งตามสมบัติเชิงกล และเปรียบเทียบกับ การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <http://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณา รูป 5.6 องค์ประกอบทางเคมีของโลก ในหนังสือเรียน หน้า 95 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างคำถามต่อไปนี้



ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโลกมีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ เหล็ก ออกซิเจน ซิลิกอน และแมกนีเซียม

2. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละชั้นของโครงสร้างโลก จากรูป 5.7 ในหนังสือเรียน หน้า 96 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



โครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก



โครงสร้างโลกแต่ละชั้นประกอบด้วยธาตุ หรือสารประกอบใดเป็นหลัก

แนวคำตอบ เปลือกโลกประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียมเป็นหลัก เนื้อโลกประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียมและเหล็กส่วนเป็นหลัก ส่วนแก่นโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของเหล็กและนิกเกิล

3. ให้นักเรียนศึกษารายละเอียดของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเพิ่มเติมจากในหนังสือเรียน หน้า 97-99 จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และข้อมูลที่ใช้ศึกษาโครงสร้างโลกแต่ละชั้น โดยมีแนวการสรุปดังต่อไปนี้

โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก

- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างโลกเปลือกโลกจากการเจาะสำรวจและศึกษาองค์ประกอบของหินบนเปลือกโลกพบว่า **เปลือกโลก** (crust) เป็นชั้นนอกสุดที่ห่อหุ้มโลก มีความหนาระหว่าง 5-70 กิโลเมตร เปลือกโลกประกอบด้วย **เปลือกโลกทวีป** (continental crust) และ **เปลือกโลกมหาสมุทร** (oceanic crust)

เปลือกโลกทวีป คือ บริเวณพื้นทวีปและไหล่ทวีป ประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียม มีความหนาประมาณ 35-70 กิโลเมตร และมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เปลือกโลกมหาสมุทร เป็นส่วนที่รองรับทะเลหรือมหาสมุทร ประกอบด้วยหินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและแมกนีเซียม มีความหนาประมาณ 5-10 กิโลเมตร และมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของหินบนเปลือกโลกกับหินแปรกลปอมที่เป็นหินอยู่ในระดับลึกที่ขี้นมาบนผิวโลกพร้อมกับกล่าวพบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน จึงสันนิษฐานว่าเนื้อโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของเหล็กและแมกนีเซียมเช่นเดียวกับหินแปรกลปอม และเมื่อนำมาประกอบกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านในโลกจึงทำให้ทราบว่า เนื้อโลกมีขอบเขตตั้งแต่ใต้เปลือกโลกจนถึงระดับความลึกประมาณ 2,900 กิโลเมตร

- จากทฤษฎีกาเนดิระบบสุริยะ ที่กล่าวว่า โลกเกิดพร้อมกับวัตถุอื่น ๆ ในระบบสุริยะ นักวิทยาศาสตร์จึงศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาตเหล็กเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของหินจากเนื้อโลกและเปลือกโลก พบว่าอุกกาบาตเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างออกไป และจากการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของโลก เมื่อนำค่าความหนาแน่นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอุกกาบาตเหล็กมาคำนวณ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นของโลกที่คำนวณได้จากกฎแรงโน้มถ่วงสากลของนิวตัน จากเหตุผลข้างต้นนักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าแก่นโลกน่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารประกอบของเหล็กและนิกเกิล และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจากคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลกทำให้นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่า แก่นโลกที่เป็นชั้นในสุดของโลกอยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2,900 กิโลเมตรจากผิวโลก จนถึงใจกลางโลก ประกอบด้วยธาตุเหล็กเป็นส่วนใหญ่ และธาตุอื่น ๆ ได้แก่ นิกเกิล ออกซิเจน ซิลิกอน และซัลเฟอร์

4. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล โดยใช้คลื่นไหวสะเทือน โดยมีแนวทางการอภิปรายดังตัวอย่าง

แนวทางการอภิปราย เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาชั้นโครงสร้างโลกได้โดยตรง ซึ่งในปัจจุบันสามารถเจาะสำรวจได้ลึกไม่เกินความหนาของเปลือกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงศึกษาโครงสร้างโลกโดยใช้สมบัติของคลื่นไหวสะเทือน

5. ให้นักเรียนวิเคราะห์รูป 5.12 ในหนังสือเรียนหน้า 100 ซึ่งแสดงข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากการเกิดแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน ณ บริเวณต่าง ๆ ของโลก จากนั้น อภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- จากรูปนักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงมีบริเวณที่ไม่พบคลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิ

แนวทางการอภิปราย จากสมบัติของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ หากโครงสร้างภายในโลกเป็นเนื้อเดียวกัน คลื่นไหวสะเทือนจะต้องเคลื่อนที่เป็นแนวตรง แต่จากภาพจะเห็นได้ว่า คลื่นไหวสะเทือนไม่เคลื่อนที่เป็นแนวตรงทั้งหมด แต่มีการหักเหที่ตำแหน่งที่คาดว่าจะป็นรอยต่อระหว่างตัวกลางต่างชนิดกัน และมีบางบริเวณคลื่นไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ ที่เรียกว่า เขตอับคลื่น ได้แก่ บริเวณที่ห่างจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวเป็นระยะทางเชิงมุม 104-140 องศา สำหรับคลื่นปฐมภูมิ และ ถัดจากบริเวณ 104 องศาเป็นต้นไปจะไม่พบคลื่นทุติยภูมิ ซึ่งเป็นมุมที่กวาดออกไปจากจุดกำเนิดทุกทิศทาง โดยมีจุดยอดมุมอยู่ที่จุดศูนย์กลางโลก นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปว่าภายในโลกไม่เป็นเนื้อเดียวกันและมีโครงสร้างแบ่งได้เป็นชั้น ๆ

6. จากสมบัติของคลื่นไหวสะเทือนที่ว่า คลื่นจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 5.1 เพื่อแปลความหมายและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึกที่คลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลก



กิจกรรม 5.1 การศึกษาคลื่นไหวสะเทือนที่ผ่านโครงสร้างโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

แปลความหมายและอธิบายข้อมูลการเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือนตามระดับความลึกของโครงสร้างโลกจากกราฟที่กำหนดให้

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก รูป 1 และ 2

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ดาวนโหลด ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก รูป 1 และ 2 และภาพเฉลยจาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

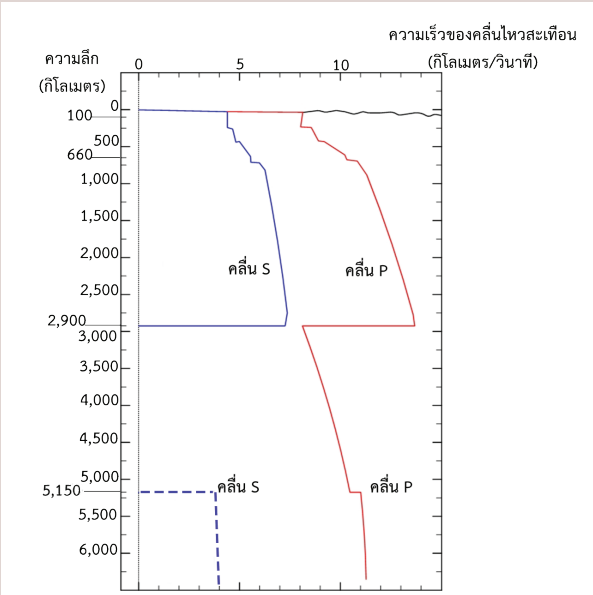
- สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิจากกราฟในแต่ละช่วงระดับความลึก โดยพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้
 - การเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นปฐมภูมิในแต่ละช่วงระดับความลึก
 - การเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นทุติยภูมิในแต่ละช่วงระดับความลึก
 - การปรากฏของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิที่แต่ละช่วงระดับความลึก
- นำผลการสังเกตจากข้อที่ 1 มาวิเคราะห์และอภิปรายถึงสาเหตุที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยเชื่อมโยงกับสถานะของตัวกลาง และสรุปแนวคิดการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

3. จากข้อ 2 ให้ระบุและอธิบายสถานะของตัวกลางที่คลื่นแต่ละชนิดเคลื่อนที่ผ่านตามระดับความลึกต่าง ๆ พร้อมเหตุผลสนับสนุน
4. ระบุชั้นโครงสร้างโลกและสถานะของโครงสร้างแต่ละชั้นตามความคิดของนักเรียน พร้อมให้เหตุผลสนับสนุน
5. นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

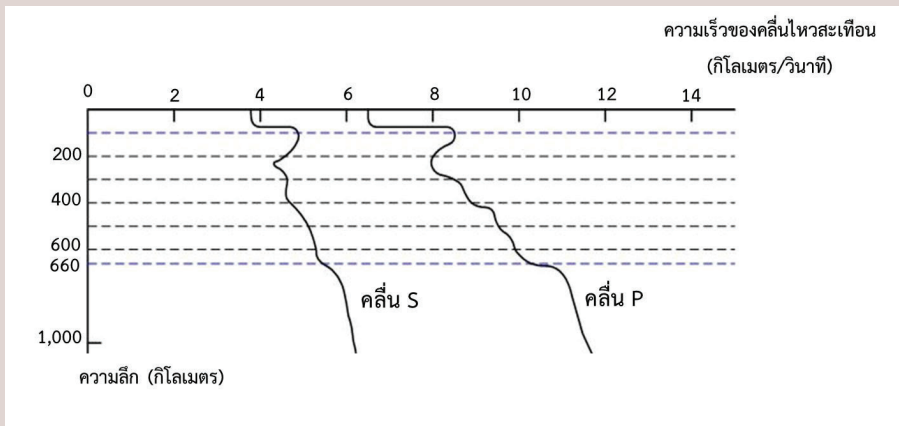
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ระดับความลึก (กิโลเมตร)	การเปลี่ยนแปลงความเร็วของ		สถานะของ ตัวกลาง
	คลื่น P	คลื่น S	
0-100	ที่ ความ ลึก 100 กิโลเมตร ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 6.4 กิโลเมตร/วินาที เป็น 8.4 กิโลเมตร/วินาที	ที่ความลึก 100 กิโลเมตร ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 3.7 กิโลเมตร/วินาที เป็น 4.8 กิโลเมตร/วินาที	ของแข็ง
100-660	ความลึกที่ 100–250 กิโลเมตร มีความเร็วลดลงจาก 8.4 กิโลเมตร/วินาที เหลือ 7.9 กิโลเมตร/วินาที จากนั้นมีความเร็วเพิ่มขึ้นจนถึง 11 กิโลเมตร/วินาที	ความลึกที่ 100–250 กิโลเมตร มีความเร็วลดลงจาก 4.8 กิโลเมตร/วินาที เหลือ 4.3 กิโลเมตร/วินาที จากนั้นมีความเร็วเพิ่มขึ้นจนถึง 6 กิโลเมตร/วินาที	ของแข็ง
660-2,900	ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 11 เป็น 14 กิโลเมตร/วินาที	ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 6 กิโลเมตร/วินาที เป็น 7 กิโลเมตร/วินาที	ของแข็ง

ระดับความลึก (กิโลเมตร)	การเปลี่ยนแปลงความเร็วของ		สถานะของ ตัวกลาง
	คลื่น P	คลื่น S	
2,900–5,150	ที่ระดับความลึก 2900 กิโลเมตร ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็ว จาก 14 กิโลเมตร/วินาที เป็น 8 กิโลเมตร/วินาที จากนั้นเพิ่มขึ้น จาก 9 กิโลเมตร/วินาที เป็น 11กิโลเมตร/วินาที	ที่ระดับความลึก 2900 กิโลเมตร ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็ว และไม่ปรากฏคลื่น S	ของเหลว
5,150-6,370	ความเร็วคงที่ประมาณ 11 กิโลเมตร/วินาที	ความเร็วเพิ่มขึ้น จาก 3.5 เป็น 4 กิโลเมตร/วินาที	ของแข็ง



รูป 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก



รูป 2 ภาพขยายกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึกช่วง 0-660 กิโลเมตร จากผิวโลก

ผลการทำกิจกรรม

จากกราฟพบว่าคลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่เร็วกว่าคลื่นทุติยภูมิในทุกระดับความลึกที่มีคลื่นทั้งสองชนิดปรากฏ ความเร็วของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิในแต่ละช่วงระดับความลึกเป็นดังนี้

- ในระดับลึกประมาณ 0-100 กิโลเมตร คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงว่าเป็นชั้นที่มีสถานะเป็นของแข็ง
- ในระดับลึกประมาณ 100-660 กิโลเมตร คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ แสดงว่าเป็นชั้นที่มีสถานะเป็นของแข็ง
- ในระดับลึกประมาณ 660-2,900 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิความเร็วเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ แสดงว่าเป็นชั้นที่มีสถานะเป็นของแข็ง

- ในระดับลึกประมาณ 2,900–5,150 กิโลเมตร คลื่นปฐมภูมิมีความเร็วลดลงอย่างรวดเร็วก่อนที่จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และไม่พบคลื่นทุติยภูมิ แสดงว่าเป็นชั้นที่มีสถานะเป็นของเหลว
- ในระดับลึกประมาณ 5,150-6,370 กิโลเมตร คลื่นปฐมภูมิมีอัตราเร็วค่อนข้างคงที่ แสดงว่าเป็นชั้นที่มีสถานะเป็นของแข็ง

คำถามท้ายกิจกรรม



จากกิจกรรม กราฟที่กำหนดให้แสดงข้อมูลเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ ข้อมูลความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิ และ คลื่นทุติยภูมิ และระดับความลึกของโครงสร้างโลก



ข้อมูลในกราฟมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ความลึกที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ในช่วง 0–2,900 กิโลเมตร ความเร็วของคลื่น P และ S มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก จากนั้นที่ระดับความลึก 2,900 กิโลเมตร ความเร็วของคลื่นทั้งสองลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนคลื่น S หายไป และความเร็วของคลื่น P ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกอีกครั้ง



โครงสร้างโลกแต่ละระดับความลึกมีสถานะเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ มีสถานะแตกต่างกันดังตารางบันทึกผล ดังนี้ ระดับความลึกจากผิวโลก 0-2,900 กิโลเมตร ตัวกลางมีสถานะเป็นของแข็ง ระดับความลึกจากผิวโลก 2,900-5,150 กิโลเมตร ตัวกลางมีสถานะเป็นของเหลวและ ระดับความลึกจากผิวโลก 5,150-6,370 กิโลเมตร ตัวกลางมีสถานะเป็นของแข็ง เนื่องจากสมบัติของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ต่างสถานะกัน คลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ คลื่นทุติยภูมิผ่านได้เฉพาะตัวกลางที่เป็นของแข็ง

7. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน

8. ครูให้นักเรียนศึกษารายละเอียดของการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล ตามหนังสือเรียน หน้า 104-106 และนำเสนออภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรม 5.1 กับการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์แบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลได้เป็น 5 ชั้น คือ

- ในระดับลึกประมาณ 0-100 กิโลเมตร คือ ธรณีภาค มีสถานะเป็นของแข็ง ความหนาแน่นน้อยที่สุด
- ในระดับลึกประมาณ 100-660 กิโลเมตร คือ ฐานธรณีภาค มีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก ความหนาแน่นใกล้เคียงธรณีภาค
- ในระดับลึกประมาณ 660-2,900 กิโลเมตร คือ มัชฌิมภาคมีสถานะเป็นของแข็ง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากมัชฌิมภาค
- ในระดับลึกประมาณ 2,900-5,150 กิโลเมตร คือ แก่นโลกชั้นนอก มีสถานะเป็นของเหลว ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากชั้นมีโซสเฟียร์
- ในระดับลึกประมาณ 5,150-6,370 กิโลเมตร คือ แก่นโลกชั้นใน มีสถานะเป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากที่สุด

9. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 5.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก เพื่อเปรียบเทียบชั้นต่าง ๆ ของการแบ่งโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีและการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล (อาจให้นักเรียนทำนอกเวลาและมานำเสนอได้ตามความเหมาะสม)



กิจกรรม 5.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

สร้างแบบจำลอง อธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติเชิงกล

เวลา 1-2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

โฟม ดินน้ำมัน กรรไกร คัตเตอร์ สี กระดาษ หรือวัสดุและอุปกรณ์อื่นตามความเหมาะสม

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูอาจเตรียมหรือแนะนำวัสดุต่าง ๆ ที่ทำได้ในห้องให้แก่นักเรียน
2. หากนักเรียนทำในห้องเรียนครูอาจเตรียม หรือให้นักเรียนเตรียมถุงมือ ผ้ากันเปื้อนหรือกระดาษปูโต๊ะเพื่อกันเปื้อนจากสีที่ใช้
3. ครูควรกำชับนักเรียนเรื่องความปลอดภัยในการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูแนะนำให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองด้วยการวาดภาพร่างก่อน จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอภาพร่าง และให้คำแนะนำในการปรับภาพร่างก่อนที่นักเรียนจะลงมือสร้างจริง

สถานการณ์

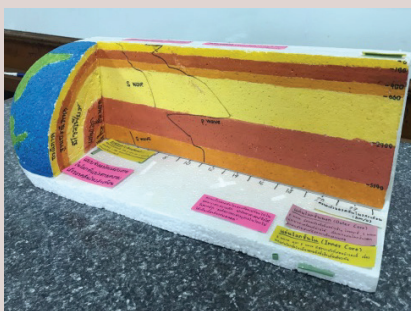
“โรงเรียนจะจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งในห้องเรียนของนักเรียนได้รับมอบหมายให้นำเสนอความรู้เกี่ยวกับ “โครงสร้างโลก” โดยมีพื้นที่จัดแสดงขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 1.5 เมตร ให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แสดงการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกลอยู่ในแบบจำลองเดียวกัน โดยให้ความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง”

วิธีการทำกิจกรรม

1. วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนด
2. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ความรู้การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล
3. ออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกตามสัดส่วนที่ถูกต้อง จากนั้นสร้างแบบจำลอง ตามที่ได้ออกแบบไว้
4. นำเสนอแบบจำลองและอภิปรายร่วมกัน
5. ปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้องและสมบูรณ์

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนอาจสร้างเป็นแบบจำลอง 2 มิติ หรือ 3 มิติ



ตัวอย่างผลงานนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่มาของรูป : นายวิทยา อินโท

การอภิปรายและสรุปผล

แบบจำลองโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี เปลือกโลกจะเป็นชั้นที่บางที่สุด มีความหนา 5-70 กิโลเมตร ต่อมาคือเนื้อโลก มีความหนา 2,885 กิโลเมตร และแก่นโลกเป็นชั้นที่หนาที่สุด มีความหนา 3,486 กิโลเมตร

แบบจำลองโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล ธรณีภาคเป็นชั้นที่บางที่สุด มีความหนา 0-100 กิโลเมตร ต่อมาเป็นฐานธรณีภาค มีความหนา 500 กิโลเมตร มัชฌิมภาค มีความหนา 2,300 กิโลเมตร แก่นโลกชั้นนอกมีความหนา 2,250 กิโลเมตร และแก่นโลกชั้นใน มีความหนา 1,220 กิโลเมตร

10. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม โดยครูสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียน และให้เพื่อนร่วมชั้นสะท้อนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองของเพื่อนซึ่งมีแนวทางตามเกณฑ์การประเมิน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
11. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก โดยให้นักเรียนเติมข้อมูลการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกลงในตารางหน้า 108 ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ตรวจสอบความเข้าใจ



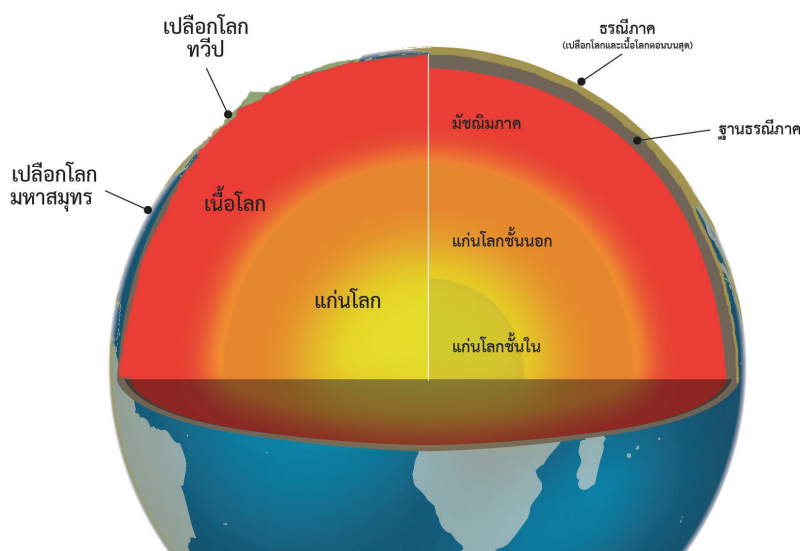
ให้นักเรียนเติมข้อมูลการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกลงในตารางให้ถูกต้อง

ความลึก (กิโลเมตร)	ชั้นโครงสร้างโลก		
	แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี	แบ่งตามสมบัติเชิงกล	
0-70	เปลือกโลก	ธรณีภาค	
70-100	เนื้อโลก		
100-400		เขตความเร็วต่ำ	ฐานธรณีภาค
400-660		เขตเปลี่ยนแปลง	
660-2,900		มัชฌิมภาค	
2,900-5,150	แก่นโลก	แก่นโลกชั้นนอก	
5,150-6,370		แก่นโลกชั้นใน	

12. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบเคมี และตามสมบัติเชิงกล โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป

การศึกษาโครงสร้างโลกนักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลต่าง ๆ เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ องค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาต ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก ทำให้แบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ 2 แบบ คือ โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก และโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล แบ่งได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน โดยเปรียบเทียบการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีกับการแบ่งตามสมบัติเชิงกลแบบได้ ดังรูป 5 ส่วนของเปลือกโลกและเนื้อโลกตอนบนสุด คือ ธรณีภาค เนื้อโลกตอนบน คือ ฐานธรณีภาค เนื้อโลกตอนล่าง คือ มัชฌิมภาค และแก่นโลกแบ่งออกเป็นแก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน



รูป 5 เปรียบเทียบการแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และตามสมบัติเชิงกล

การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล นำมาอธิบายชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลกได้แตกต่างจากการใช้เกณฑ์องค์ประกอบทางเคมี นอกจากทำให้แบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ละเอียดขึ้นแล้วยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและการเกิดธรณีพิบัติภัยอีกด้วย

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และตามสมบัติเชิงกล	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 5.1 และ 5.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 5.1 และ 5.2 2. การสร้างแบบจำลองตามมาตราส่วนที่ถูกต้อง 3. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 5.1 และ 5.2 4. แนวความคิด และการเลือกใช้วัสดุในการสร้างแบบจำลอง
A : ความใจกว้าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย

ตัวอย่างแบบประเมินแบบจำลองโครงสร้างโลก

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
เนื้อหาและความถูกต้องทางวิชาการ	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน และถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมี และสมบัติเชิงกล	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน แต่มีบางส่วนไม่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมี และสมบัติเชิงกล	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ไม่ครบถ้วน และมีบางส่วนไม่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมี และสมบัติเชิงกล
ความสวยงามและความคิดสร้างสรรค์	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้บางส่วน - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
การนำเสนอผลงาน	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - มีการนำเสนอเป็นลำดับเข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือมีรูปแบบที่หลากหลาย	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้บางส่วน - มีการนำเสนอเป็นลำดับ เข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือ มีรูปแบบที่หลากหลาย	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ - มีการนำเสนอเป็นลำดับ เข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือ มีรูปแบบที่หลากหลาย
ความประหยัด/การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้บางส่วน - ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ - ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน 12-10 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับดี อาจต้องปรับปรุงบางส่วน

คะแนน 9-6 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้ ต้องปรับปรุงบางส่วน

คะแนน 5-1 หมายถึง ต้องปรับปรุงใหม่

แบบประเมินพฤติกรรมการทำกิจกรรมกลุ่ม

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน			บันทึกเพิ่มเติม
	3	2	1	สำหรับผู้ประเมิน
การวางแผนการทำงานในกลุ่ม	มีการประชุมปรึกษาหารือกันและมีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำอย่างชัดเจน	มีการประชุมปรึกษาหารือกันหรือมีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำ	ไม่มีการประชุมปรึกษาหารือกันและไม่มีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำ	
ความสนใจและการมีส่วนร่วมในกิจกรรม	ทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	คนในกลุ่มส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	คนในกลุ่มส่วนใหญ่ไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	
การจัดการเวลา	ทำกิจกรรมเสร็จทันเวลา	-	ทำกิจกรรมเสร็จไม่ทันเวลา	

เกณฑ์การให้คะแนน

- คะแนน 9-7 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับดี
- คะแนน 6-5 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
- คะแนน 4-1 หมายถึง ต้องปรับปรุง



ความรู้เพิ่มเติม

โครงการเจาะสำรวจโครงสร้างโลก

นักวิทยาศาสตร์พยายามเจาะสำรวจลงไปภายในโลกทั้งบริเวณที่เป็นพื้นทวีป และพื้นมหาสมุทร เช่น โครงการ Kola Superdeep Borehole ทำการขุดเจาะที่คาบสมุทรโคลา ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศรัสเซีย สามารถเจาะลงไปในพื้นที่บอบลติกได้ ความลึกมากที่สุดประมาณ 12 กิโลเมตร โดยใช้เวลารวมถึง 19 ปี (พ.ศ. 2513-2532) และโครงการ Integrated Ocean Drilling Program (IODP) ทำการเจาะบริเวณพื้นทะเลแปซิฟิก ใกล้กับประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เรือชื่อ Chikyu เจาะได้ลึกประมาณ 7 กิโลเมตร ดังรูป

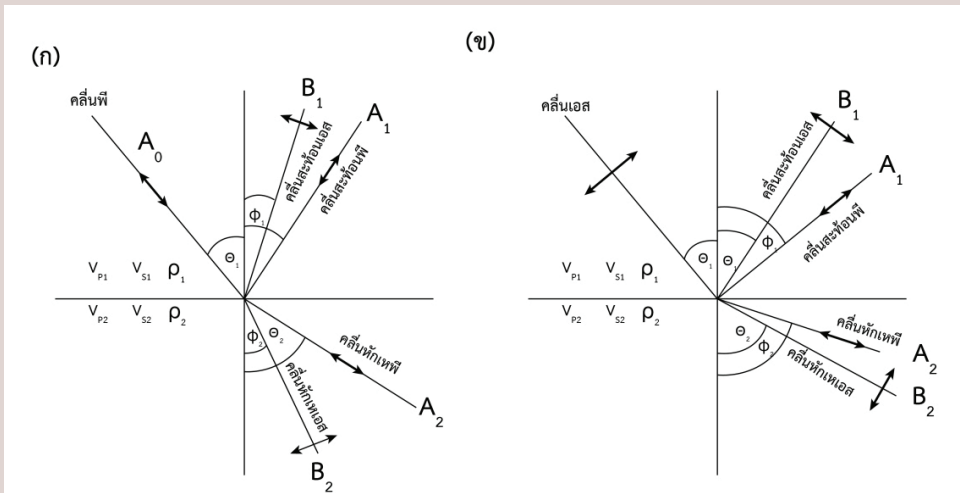


รูปจำลองการเจาะสำรวจภายในโลก

การเปลี่ยนโหมดของคลื่นไหวสะเทือน

(ตอบคำถามที่ว่าเพราะเหตุใดจึงพบคลื่น S ในแก่นโลกชั้นใน เมื่อคลื่น S ไม่สามารถเดินทางผ่านแก่นโลกชั้นนอกที่มีสถานะเป็นของเหลวได้)

เมื่อคลื่น P หรือคลื่น S กระทบกับรอยต่อของตัวกลางต่างชนิดกันแบบทำมุม จะเกิดการสะท้อนและหักเหของทั้งคลื่น P และคลื่น S ดังแสดงในรูป จากรูปจะพบว่าเมื่อคลื่น P หรือคลื่น S ตกกระทบรอยต่อของชั้นต่าง ๆ จะปรากฏคลื่นสะท้อนและหักเหทั้งคลื่น P และคลื่น S ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเปลี่ยนโหมดของคลื่น (mode conversion) ซึ่งทำให้สามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงพบคลื่น S บริเวณรอยต่อของชั้นแก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นใน คลื่น S ดังกล่าวเป็นคลื่นที่แตกตัวออกมาจากคลื่น P ที่ตกกระทบรอยต่อระหว่างแก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นในนั่นเอง เมื่อคลื่น P ซึ่งเป็นคลื่นตามยาว ตกกระทบที่รอยต่อของวัสดุ พลังงานบางส่วนทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ตามขวางจึงเกิดเป็นคลื่นตามขวาง (คลื่น S) ดังนั้นการเปลี่ยนโหมดของคลื่นเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบกับรอยต่อระหว่างวัสดุต่างชนิดกัน ที่มีความต้านทานต่อการสะท้อนต่างกัน



รูปลักษณะการเกิดคลื่นสะท้อนและคลื่นหักเหแบบทำมุม
(1) เมื่อมีคลื่น P ตกกระทบ (ข) เมื่อมีคลื่น S ตกกระทบ

ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน

คลื่นไหวสะเทือนแต่ละชนิดสามารถเดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ ได้ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของตัวกลางแต่ละชนิด เช่น ระหว่างดินแห้งกับดินเปียก ค่าความหนาแน่นย่อมไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือนภายในดินแห้งจึงแตกต่างจากดินเปียก หรือระหว่างหินทรายกับหินปูน ค่าความหนาแน่นของหินทรายที่มีควอตซ์เป็นองค์ประกอบกับหินปูนที่มีแร่แคลไซต์เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือนเมื่อเคลื่อนที่ผ่านย่อมแตกต่างกัน ตารางด้านล่างแสดงค่าความเร็วคลื่น P และคลื่น S ของตัวกลางที่สำคัญ

ตารางแสดงค่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนของวัสดุชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	ความเร็วคลื่นปฐมภูมิ (เมตร/วินาที)	ความเร็วคลื่นทุติยภูมิ (เมตร/วินาที)
อากาศ	332	-
น้ำ	1,400–1,500	-
ปิโตรเลียม	1,300–1,400	-
เหล็ก	6,100	3,500
คอนกรีต	3,600	2,000
หินแกรนิต	5,500–5,900	2,800–3,000
หินบะซอลต์	6,400	3,200
หินทราย	1,400–4,300	700–2,800
หินปูน	5,900–6,100	2,800–3,000
ทราย (ยังไม่แข็งตัว)	200–1,000	80–400
ทราย (แข็งตัว)	800–2,200	320–880
ดินเหนียว	1,000–2,500	400–1,000
ตะกอนธารน้ำแข็ง	1,500–2,500	600–1,000



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงลากเส้นเชื่อมโยงชื่อชั้นโครงสร้างโลกกับข้อความด้านขวาที่มีความสัมพันธ์กัน

- (1) ธรณีภาค

(2) ฐานธรณีภาค

(3) มัชฌิมภาค

(4) แก่นโลกชั้นนอก

(5) แก่นโลกชั้นใน

ก. หนาประมาณ 100 กิโลเมตร เป็นของแข็ง อุณหภูมิต่ำ ความหนาแน่นน้อยที่สุด

ข. หนาประมาณ 2,240 กิโลเมตร เป็นของแข็ง อุณหภูมิสูง ความหนาแน่นมาก

ค. หนาประมาณ 1,220 กิโลเมตร เป็นของแข็ง อุณหภูมิสูงมาก ความหนาแน่นมากที่สุด

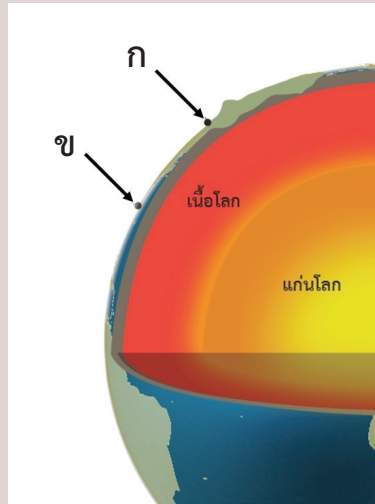
ง. หนาประมาณ 560 กิโลเมตร เป็นของแข็งที่มีสมบัติเป็นพลาสติก อุณหภูมิสูง

จ. หนาประมาณ 2,250 กิโลเมตร เป็นของเหลว อุณหภูมิสูงมาก ความหนาแน่นมาก

2. จงเติมชื่อชั้นโครงสร้างโลกให้สัมพันธ์กับสมบัติและองค์ประกอบของโครงสร้างโลก

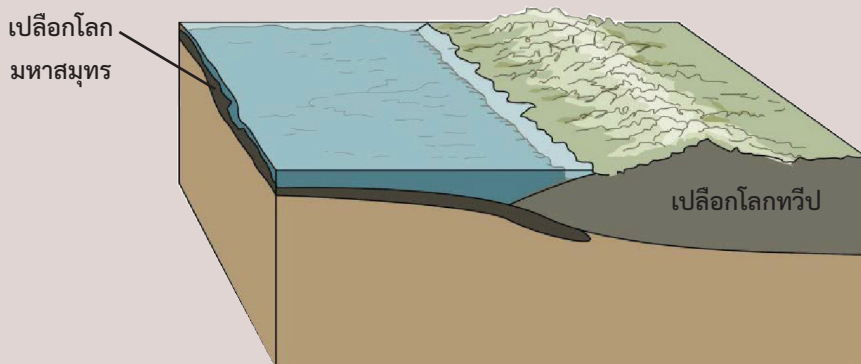
ชั้นโครงสร้างโลก	องค์ประกอบทางเคมี	ความหนาแน่นเฉลี่ย (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
1. ...เนื้อโลก.....	ประกอบด้วยแร่ที่เป็นสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียม และเหล็ก	4.5
2. ...แก่นโลก.....	ประกอบด้วยเหล็กเป็นหลัก	13
2. ...เปลือกโลก....	ประกอบด้วยหินแกรนิต หรือ หินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่	2.8

3. จากรูปโครงสร้างโลก บริเวณ ก และ ข ทั้งสองบริเวณ คือส่วนใดของโครงสร้างโลก และบริเวณทั้งสองมีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอย่างไร



แนวคำตอบ เรียกว่าเปลือกโลก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ก. เปลือกโลกทวีปประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ หรือประกอบด้วยธาตุซิลิกอน และธาตุอะลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่
- ข. เปลือกโลกมหาสมุทรประกอบด้วยหินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่ หรือประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและธาตุแมกนีเซียมเป็นส่วนใหญ่



4. จงทำเครื่องหมาย(✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย (✗) หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	ข้อความ
✓	1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโลกส่วนหนึ่งได้ตัวอย่างมาจากหินแปรกล่อมในระดับลึกที่ลาวาพาขึ้นมาบนผิวโลก
✓	2. ผลจากการศึกษาอุกกาบาตที่ตกลงมายังโลก เป็นหลักฐานหนึ่งที่ทำให้ทราบองค์ประกอบของแก่นโลก
✓	3. ถ้าแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แก่นโลก ประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่
✗	4. เปลือกโลกทวีป ประกอบด้วย หินบะซอลต์เป็นส่วนมาก
✗	5. เปลือกโลกทวีปมีความหนาแน่นมากกว่าเปลือกโลกมหาสมุทร
✓	6. แหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนมีทั้งที่มาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์
✗	7. คลื่นปฐมภูมิมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านธรณีภาคและมัชฌิมภาคและมีความเร็วเป็นศูนย์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอก
✓	8. คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลกที่มีสถานะเป็นของเหลวได้
✗	9. คลื่นปฐมภูมิมีความเร็วน้อยกว่าคลื่นทุติยภูมิ เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านฐานธรณีภาค
✗	10. เขตความเร็วต่ำอยู่ในธรณีภาค และเขตเปลี่ยนแปลงอยู่ในฐานธรณีภาค

5. จงตอบคำถามต่อไปนี้

5.1 หากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหินก้อนหนึ่งพบว่าเป็นหินแกรนิต หินก้อนนี้มีกำเนิดมาจากส่วนใดของโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ เปลือกโลกทวีป

5.2 เนื้อโลกประกอบด้วยสสารในสถานะใด เป็นส่วนใหญ่

แนวคำตอบ ของแข็ง

5.3 หลักฐานใดที่นำมาใช้ยืนยันว่าแก่นโลกชั้นนอกเป็นของเหลว

แนวคำตอบ คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกได้ ข้อมูลความเร็วของคลื่นปฐมภูมิที่เคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกและการที่โลกมีสนามแม่เหล็ก เพราะสนามแม่เหล็กโลกเกิดจากการเคลื่อนที่ของสสารที่เป็นของเหลวภายในแก่นโลก

5.4 เพราะเหตุใดผลการศึกษาอุกกาบาตเหล็กจึงใช้เป็นข้อมูลอธิบายองค์ประกอบของแก่นโลกได้

แนวคำตอบ เพราะอุกกาบาตเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีรวมทั้งลักษณะและกระบวนการเกิดที่แตกต่างจากตัวอย่างหิน อุกกาบาตหิน และแร่เหล็กที่พบที่ผิวโลก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าอุกกาบาตเหล็กนี้ เกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้เคียงกับการเกิดโลก และมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับแก่นโลก

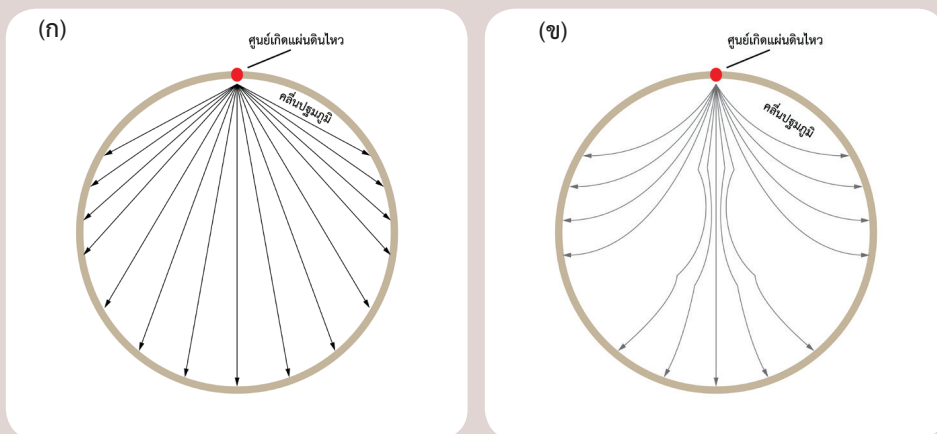
5.5 นอกจากผลการศึกษาอุกกาบาตเหล็กแล้ว ข้อมูลใดช่วยสนับสนุนว่าแก่นโลกประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนมาก

แนวคำตอบ ความหนาแน่นของโลก

5.6 เพราะเหตุใดคลื่นไหวสะเทือนจึงเกิดการสะท้อนและหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ คลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสมบัติเชิงกลแตกต่างกัน เช่น ความหนาแน่น สถานะ

5.7 จากแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิผ่านโครงสร้างภายในโลกดังรูป (ก) และ (ข) แสดงว่าลักษณะโครงสร้างภายในโลกสองรูปนี้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



แนวคำตอบ โครงสร้างโลกในภาพ ก แสดงว่าภายในโลกมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความหนาแน่นเท่ากันเนื่องจากคลื่นเดินทางผ่านเป็นเส้นตรงไม่มีการหักเห โครงสร้างโลกในภาพ ข แสดงว่าภายในโลกมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีสถานะและความหนาแน่นแตกต่างกันไปตามความลึก ทำให้คลื่นปฐมภูมิเกิดการหักเห

5.8 ลาวาที่ปะทุขึ้นมาบนผิวโลกมีแหล่งกำเนิดมาจากชั้นใดของโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ เขตความเร็วต่ำในฐานธรณีภาค

5.9 เขตความเร็วต่ำ มีสมบัติแตกต่างจากธรณีภาคอย่างไร

แนวคำตอบ มีอุณหภูมิและความดันสูงกว่าและมีสมบัติเป็นพลาสติก

5.10 คลื่นทุติยภูมิที่เกิดขึ้นใหม่เมื่อคลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกเข้าไปยังแก่นโลกชั้นใน สามารถเดินทางออกมาที่ผิวโลกได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้เนื่องจากไม่สามารถเดินทางผ่านแก่นโลกชั้นนอกที่เป็นของเหลวได้

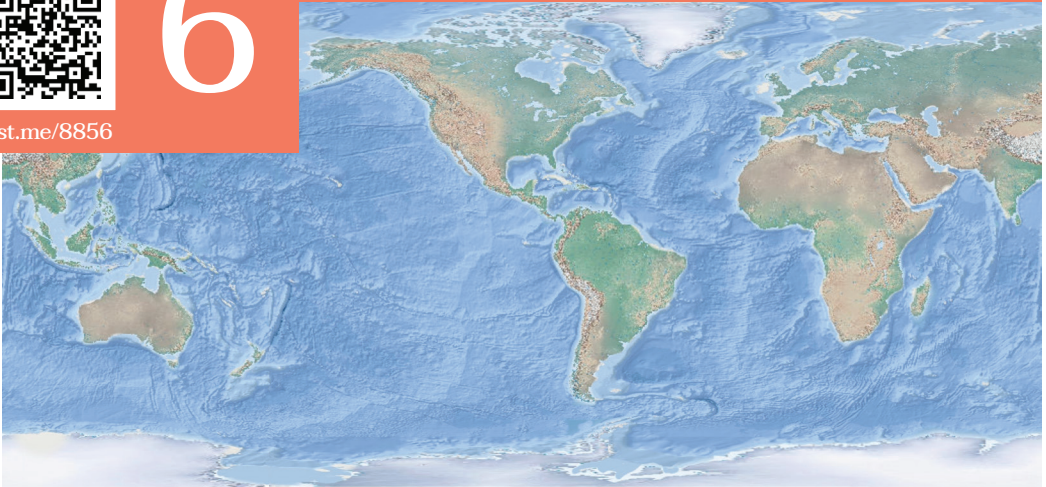
บทที่



ipst.me/8856

6

| การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี (Plate Tectonics)



*ราชบัณฑิตยสถานบัญญัติคำว่า plate tectonics ว่าการแปรสัณฐานแบบแผ่น แต่ในที่นี้จะใช้คำว่า การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ซึ่งหมายถึงคำเดียวกัน

ตัวชี้วัด

1. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด - อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีโดยใช้แบบจำลอง - ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ จุดประสงค์การเรียนรู้ - อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี - อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี - อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และระบุผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี - อธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายและลงข้อสรุป - การสร้างแบบจำลอง	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 - การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ - ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	จิตวิทยาศาสตร์ - ความใจกว้าง - ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน

ลำดับความคิดต่อเนื่อง

ธรณีภาคซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของโครงสร้างโลก แบ่งออกเป็น**แผ่นธรณี** (plate) หลายแผ่น ซึ่งเคลื่อนที่ไปบนฐานธรณีภาคทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีอยู่ตลอดเวลา



ทฤษฎีทวีปเลื่อน คือ แนวความคิดที่กล่าวว่า ในอดีต ณ ช่วงเวลาหนึ่งทวีปต่าง ๆ ไม่ได้มีตำแหน่งเหมือนกับในปัจจุบัน แต่เคยอยู่รวมกันเป็นแผ่นดินใหญ่เพียงแผ่นดินเดียวที่เรียกว่า **พังเจีย** (Pangaea)



หลักฐานที่สนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีป ซากดึกดำบรรพ์ ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา หลักฐานจากรอยครูดบนหินที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของธารน้ำแข็งบรรพกาล



ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร เป็นการพบหลักฐานบนพื้นสมุทรที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ได้แก่ สันเขากลางสมุทร อายุของหินบะซอลต์บนพื้นมหาสมุทร ภาวะแม่เหล็กบรรพกาล



นักวิทยาศาสตร์รวบรวมหลักฐานและแนวคิด จากทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร นำมาสรุปเป็นทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ซึ่งกล่าวถึงการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นธรณีอันเนื่องมาจากวงจรการพาความร้อนของแมกมาภายในเนื้อโลก



การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีสัมพันธ์กับ แนวรอยต่อของแผ่นธรณี 3 รูปแบบ คือ แนวแผ่นธรณีแยกตัว แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากัน แนวแผ่นธรณีเคลื่อนผ่านกันในแนวราบ แต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีฐาน โครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ และปรากฏการณ์ทางธรณีต่าง ๆ บนโลก

สาระสำคัญ

แผ่นธรณีต่าง ๆ ของโลกมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีหลักฐานปรากฏให้เห็น ซึ่งอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้ตามทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี โดยมีแนวคิดมาจาก ทฤษฎีทวีปเลื่อน และทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร ซึ่งมีหลักฐานที่สนับสนุน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีปที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ซากดึกดำบรรพ์ ร่องรอยการเคลื่อนที่ของตะกอนธารน้ำแข็ง ภาวะแม่เหล็กบรรพกาล อายุหินของพื้นมหาสมุทร รวมทั้งการค้นพบสันเขากลางสมุทร และร่องลึกก้นสมุทร

ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี เนื่องจากการพาความร้อนของแมกมา ภายในโลก โดยแนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี 3 รูปแบบ ได้แก่ แนวแผ่นธรณีแยกตัว แนวแผ่นธรณีเคลื่อนหากัน และแนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ ซึ่งทำให้เกิดธรณีฐาน ได้แก่ ร่องลึกก้นสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุดและสันเขากลางสมุทร และโครงสร้างทางธรณี เช่น เขตรอยเลื่อน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง

บทที่ 6 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี

- | | | |
|-----|---|-----------|
| 6.1 | แนวคิดของทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน | 2 ชั่วโมง |
| 6.2 | แนวคิดของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและหลักฐานสนับสนุน | 2 ชั่วโมง |
| 6.3 | การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี | 2 ชั่วโมง |
| 6.4 | ธรณีฐานและธรณีโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี | 2 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล ซากดึกดำบรรพ์ การพาความร้อน

6.1 แนวคิดของทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <http://www.scimath.org>
3. แอนิเมชันพื้นเฉีย USGS https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea_animation_03.gif

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
รูปร่างและตำแหน่งของทวีปไม่เปลี่ยนแปลง	ทวีปต่าง ๆ ของโลกมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและตำแหน่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอย่างช้า ๆ
ทวีปลอยอยู่บนน้ำ	ทวีป คือ ส่วนหนึ่งของธรณีภาคที่แตกออกเป็นแผ่น ๆ หลายแผ่น หรือที่เรียกว่า แผ่นธรณี โดยที่ในแผ่นธรณี 1 แผ่นนั้นอาจรองรับทั้งส่วนที่เป็นแผ่นดินและส่วนที่เป็นมหาสมุทร และเกิดการเคลื่อนที่ได้เนื่องจากวางตัวอยู่บนฐานธรณีภาคที่เคลื่อนที่เนื่องจากการพาความร้อนจากภายในโลก

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบขนาด ตำแหน่ง และการวางตัวของทวีปในแผนที่โลกเมื่อ 200 ล้านปีก่อน กับถึงปัจจุบัน โดยใช้ภาพนิ่ง (ดาวน์โหลดได้จาก QR code ประจำบท) หรือภาพเคลื่อนไหวจากสื่อต่างๆ (ตัวอย่างเช่น แอนิเมชันพันเจีย USGS: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea_animation_03.gif) เพื่อกระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนตำแหน่งของทวีปต่าง ๆ และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้



เมื่อเปรียบเทียบขนาด ตำแหน่ง และการวางตัวของทวีปในแผนที่โลกในอดีตกับแผนที่โลกในปัจจุบันมีความแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ในอดีต ทวีปในแผนที่โลกเป็นทวีปขนาดใหญ่ ทวีปเดียว แต่ในปัจจุบันในแผนที่โลกมีหลายทวีปอยู่แยกกัน

2. ครูกล่าวถึงแนวคิดของเวเกเนอร์ที่ว่า ในอดีต ณ ช่วงเวลาหนึ่งทวีปต่าง ๆ ของโลกไม่ได้มีตำแหน่งเหมือนกับในปัจจุบัน แต่เคยเชื่อมต่อเป็นแผ่นดินเดียวกันมาก่อน โดยสังเกตจากรูปร่างของขอบทวีปที่มีบางทวีปในปัจจุบันต่อกันได้พอดี จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้



นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับแนวคิดดังกล่าว เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง



แนวคิดดังกล่าวมีความเป็นไปได้ และน่าเชื่อถือหรือไม่

แนวคำตอบ แนวคิดดังกล่าวอาจมีความเป็นไปได้แต่มิได้น่าเชื่อถือเนื่องจากยังไม่มีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอ หรือนักเรียนตอบตามตามความคิดเห็นของตนเอง

3. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากรูปร่างของขอบทวีปแล้วมีหลักฐานใดอีกบ้างที่จะสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว (ตอบตามความคิดของตนเอง) จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 6.1 ตามหนังสือเรียนหน้า 115 เพื่อศึกษาหลักฐานสนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน และตอบคำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 6.1 การสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนแนวคิดที่ว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อนโดยใช้แบบจำลอง

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

แผนภาพแสดงหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ กลุ่มหินและแนวเทือกเขาที่พบในทวีปต่าง ๆ

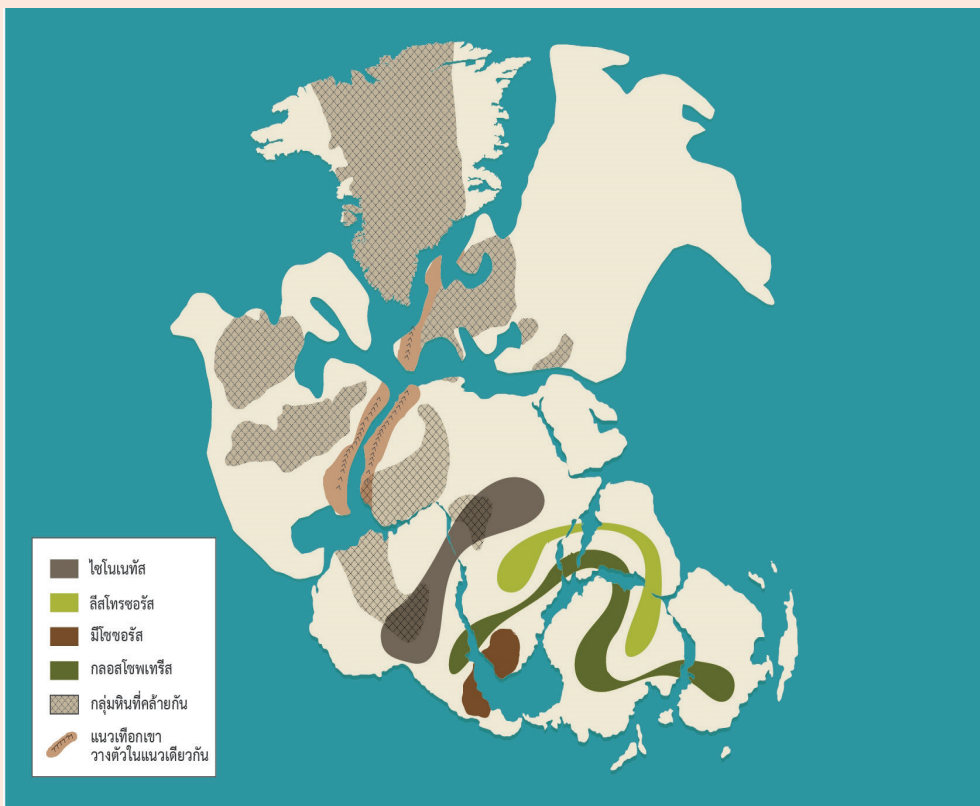
การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. เตรียมแผนที่โลกในปัจจุบันที่แสดงชื่อทวีปและประเทศต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้อ้างอิง
2. ดาวน์โหลดแผนภาพได้ที่ QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาหลักฐานต่าง ๆ จากแผนภาพที่กำหนดให้ และวิเคราะห์ตามประเด็น ต่อไปนี้
 - หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์และแหล่งที่พบ
 - หลักฐานความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขาและแหล่งที่พบ
2. วิเคราะห์การเชื่อมต่อของแผ่นทวีปจากข้อมูลและหลักฐานในข้อ 1
3. ออกแบบการนำเสนอเพื่ออธิบายแนวคิดที่ว่า "ในอดีตทวีปทั้งหมดเคยเป็นแผ่นดินเดียวกัน" โดยใช้หลักฐานที่วิเคราะห์ได้ในข้อ 2
4. นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



ตัวอย่างตารางบันทึกผล

หลักฐานที่ใช้สนับสนุน		ทวีป/ประเทศ							
		ยุโรป	เอเชีย	อินเดีย	อเมริกาเหนือ	อเมริกาใต้	ออสเตรเลีย	แอฟริกา	แอนตาร์กติกา
ซากดึกดำบรรพ์	มีไซซอร์ส					✓		✓	
	ไซโนเนทัส			✓				✓	
	ลิสโทรซอร์ส							✓	✓
	กลอสไซเพทริส			✓		✓	✓	✓	✓
แนวเทือกเขาที่วางตัวในแนวเดียวกัน		พบ			พบ				
กลุ่มหินที่คล้ายกัน		พบ			พบ	พบ		พบ	

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ของพืชและสัตว์ ทำให้ทราบว่า ทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา แอนตาร์กติกา ออสเตรเลียและอินเดีย ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ต่าง ๆ ดังกล่าวอยู่ห่างกันมากและมีมหาสมุทรคั่นอยู่นั้นเคยอยู่ติดกันมาก่อนในอดีต เนื่องจากโอกาสที่พืชและสัตว์ดังกล่าวจะอพยพข้ามถิ่นฐานระหว่างทวีปซึ่งมหาสมุทรขวางกั้นนั้นเป็นไปได้ยาก

นอกจากนี้หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ทำให้ทราบว่าบางทวีป เช่น อเมริกาเหนือ ยุโรป มีแนวเทือกเขาวางตัวในแนวเดียวกัน และบางทวีป เช่น อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ ยุโรป มีกลุ่มหินเดียวกันที่มีช่วงอายุเดียวกัน จึงเป็นหลักฐานว่าทวีปนั้น ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน

คำถามท้ายกิจกรรม



จากกิจกรรมมีทวีปใดบ้างที่เคยอยู่ติดกันมาก่อน

แนวคำตอบ ทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา แอนตาร์กติกา ออสเตรเลียและอินเดีย เคยอยู่ติดกันใกล้บริเวณขั้วโลกใต้ ทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป-เอเชีย และเกาะกรีนแลนด์ เคยอยู่ติดกันมาก่อน



มีหลักฐานใดบ้างที่นำมาใช้สนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน

แนวคำตอบ หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา



หลักฐานใดบ้างที่สามารถนำมาใช้ระบุช่วงเวลา que ทวีปต่าง ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน และหลักฐานดังกล่าวนำมาใช้อธิบายได้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ กลุ่มหินในแนวเทือกเขาแอปพาเลเชียน ในทวีปอเมริกาเหนือ และแนวเทือกเขาคาเลโดเนียน ในทวีปยุโรป มีช่วงอายุเดียวกันประมาณ 200 ล้านปี หลักฐานนี้อธิบายได้ว่าประเทศและทวีปข้างต้นเคยอยู่ติดกันมาก่อนในช่วงเวลาดังกล่าว และหลักฐานจากกลุ่มหินบริเวณทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา ทวีปยุโรป และเกาะกรีนแลนด์ พบว่ามีกลุ่มหินที่มีช่วงอายุระหว่าง 359-146 ล้านปี หลักฐานนี้อธิบายได้ว่าทวีปข้างต้นเคยอยู่ติดกันมาก่อนในช่วงเวลาดังกล่าว

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถาม ดังด้านบน

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับหลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล เพื่อเชื่อมโยงว่าเป็นอีกหลักฐานหนึ่งที่ใช้สนับสนุนแนวคิดว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมา จากนั้นครูนำอภิปรายร่วมกันก่อน โดยรูปในหนังสือเรียนหน้า 121 และความรู้เพิ่มเติมเรื่อง การถูกรูดของเศษหินตะกอนในธารน้ำแข็ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง (ดาวน์โหลดจาก QR code ประจำบท) โดยมีแนวการอภิปราย ดังตัวอย่าง

จากรูป 6.5 (ก) หน้า 121 แสดงการพบหลักฐานการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาลโดยบริเวณ ลีลาวคือบริเวณที่คาดว่าเคยมีธารน้ำแข็งปกคลุม และลูกศรสีดำแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของ ธารน้ำแข็ง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์พบร่องรอยของธารน้ำแข็งบรรพกาลเหล่านี้ในทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา ประเทศอินเดีย ออสเตรเลีย และแอนตาร์กติกา ร่องรอยที่เป็นหลักฐาน คือ รอยกรูดบนพื้นที่เกิด จากตะกอนและเศษหินต่าง ๆ ในธารน้ำแข็งส่วนที่อยู่ติดกับพื้นครูดอยู่กับพื้นจนเป็นรอยบนพื้นที่ ธารน้ำแข็งเคลื่อนที่ผ่าน

นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังพบว่าธารน้ำแข็งบรรพกาลเคลื่อนที่กระจายออกจากทวีปแอฟริกา ไปสู่บริเวณอื่น ๆ ซึ่งคล้ายกับการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งในทวีปแอนตาร์กติกาในปัจจุบัน จึงเป็น สมมติฐานว่าทวีปดังกล่าวเคยอยู่ติดกันบริเวณขั้วโลกใต้และมีพืดน้ำแข็งปกคลุม ดังรูป 6.5 (ข) หน้า 122

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับองค์ความรู้ร่วมกันเกี่ยวกับแนวคิดของ อัลเฟรด เวเกเนอร์ และหลักฐานที่สนับสนุน ตามประเด็นดังนี้

- **ทฤษฎีทวีปเลื่อน** (continental drift) ที่เสนอโดย อัลเฟรด เวเกเนอร์ กล่าวว่า ทวีปที่พบในปัจจุบันเคยอยู่ติดกันเป็นแผ่นเดียวก่อนในอดีตเรียกว่า พันเจีย

- **หลักฐานของทฤษฎีทวีปเลื่อน** ได้แก่

1. รอยต่อบริเวณขอบทวีป
2. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์
3. ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา
4. หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล

7. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีทวีปเลื่อน และหลักฐานสนับสนุน โดยใช้คำถามในหน้า 123 ดังนี้

 หากสำรวจพบกลุ่มหินในเทือกเขาหนึ่งมีช่วงอายุประมาณ 200 ล้านปี เช่นเดียวกับกลุ่มหินในเทือกเขาแอปปาเลเชียน นักเรียนจะสามารถสรุปว่าเทือกเขาทั้งสองนั้นเคยอยู่ติดกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่สามารถสรุปได้ การที่จะสรุปว่าเทือกเขาทั้งสองนั้นอยู่เคยอยู่ติดกันมาก่อนหรือไม่จะต้องพิจารณาหลักฐานอื่น ๆ ประกอบ เช่น ชนิดของหิน การวางตัวของแนวเทือกเขา ว่าเหมือนกันหรือไม่

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 6.1 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. การออกแบบการบันทึกผลในการปฏิบัติกิจกรรม 6.1 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 6.1 แนวความคิด และการเลือกใช้วัสดุในการสร้างแบบจำลอง
A: ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน	การอธิบายการเคลื่อนที่ของทวีปและแผ่นธรณีโดยมีหลักฐานสนับสนุน

6.2 แนวคิดทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรและหลักฐานสนับสนุน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <http://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทรโดยใช้คำถามตัวอย่าง ดังนี้



จากที่นักเรียนได้ศึกษาหลักฐานต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าทวีปต่าง ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน แล้วกระบวนการใดทำให้ทวีปอยู่ในตำแหน่งดังปัจจุบัน

แนวคำตอบ เกิดจากการขยายตัวของมหาสมุทร หรือนักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

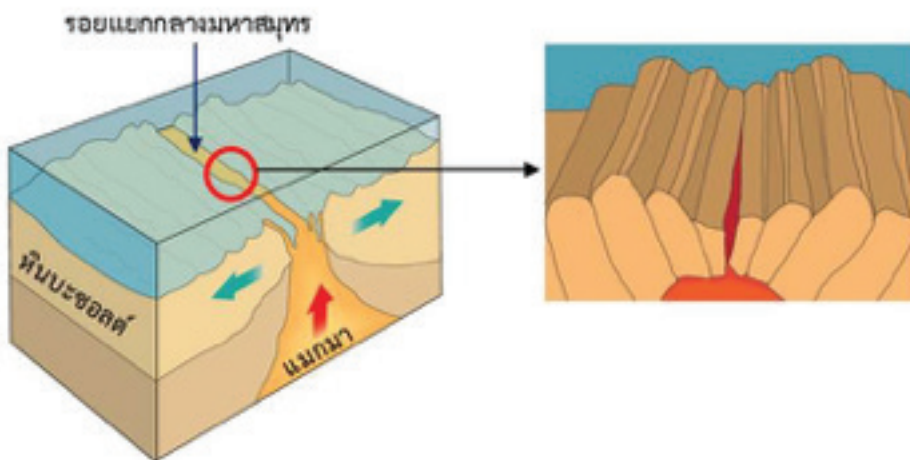


หลักฐานต่าง ๆ ที่นักเรียนได้ศึกษาจากกิจกรรม 6.1 เป็นหลักฐานที่พบบนทวีป นักเรียนคิดว่าในมหาสมุทรจะมีหลักฐานใดบ้าง ทราบได้อย่างไร

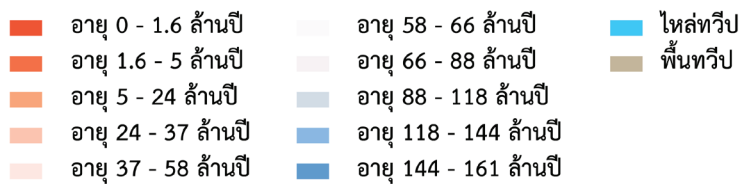
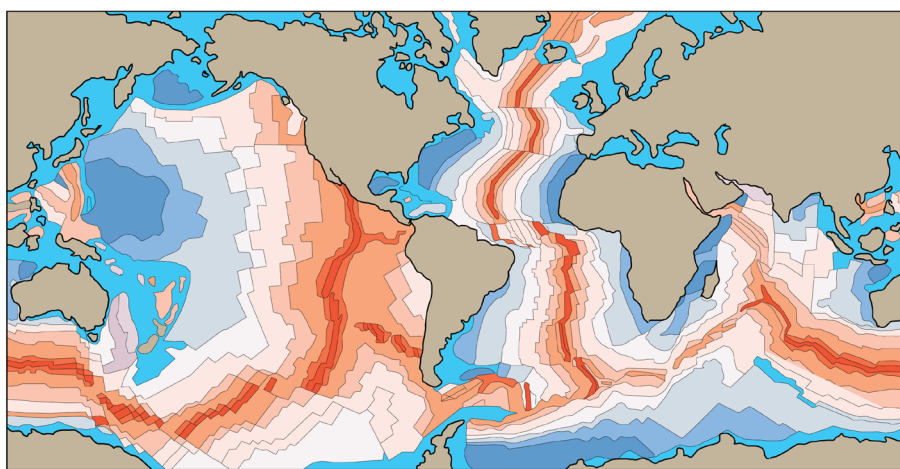
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง

2. ครูให้นักเรียนพิจารณารูป 1 รอยแยกกลางมหาสมุทรประกอบกับรูป 6.6 ในหนังสือเรียน หน้า 124 และรูป 2 อายุของหินบนบริเวณพื้นมหาสมุทร ซึ่งแสดงหลักฐานของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร ดังนี้

- พบแมกมาแทรกตัวขึ้นมาตามรอยแยกกลางมหาสมุทร ดังรูป 1
- เมื่อเจาะสำรวจหินบริเวณพื้นมหาสมุทร และเมื่อนำมาตรวจสอบชนิด และวิเคราะห์หาอายุ ได้ข้อมูลดังรูป 2



รูป 1 รอยแยกกลางมหาสมุทร



รูป 2 อายุของหินบนบริเวณพื้นมหาสมุทร

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง ดังนี้



จากบทเรียนเรื่องโครงสร้างโลก หินที่พบบนพื้นมหาสมุทรเป็นหินชนิดใด และจากรูป 1 ทำให้ทราบข้อมูลใด

แนวคำตอบ เป็นหินบะซอลต์ และจากรูป 1 ทำให้ทราบว่าหินบะซอลต์กลางมหาสมุทรมีรอยแยก และมีแมกมาแทรกดันขึ้นมาทำให้หินเดิมถูกดันออกห่างจากรอยแยก



ข้อมูลจากรูป 2 อายุของหินแต่ละบริเวณเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ข้อมูลจากรูปที่ 2 ทำให้ทราบว่าอายุหินที่อยู่ไกลรอยแยกออกไปมีอายุมากกว่าหินที่อยู่ใกล้รอยแยก ถ้าพิจารณาทั้งสองฝั่งของรอยแยกจะพบว่าอายุของหินบะซอลต์ทั้งสองฝั่งสมมาตรกัน



หินบริเวณใดบ้างที่มีอายุเท่ากัน

แนวคำตอบ หินที่แทรกดันมาพร้อมกันทั้งซ้ายและขวาของรอยแยก



นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่า “พื้นมหาสมุทรมีการแผ่ขยายตัว” นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนอาจเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผล

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักฐานอื่น ๆ ที่สนับสนุนว่าพื้นมหาสมุทรมีการขยายตัว (หรือให้อ่านความรู้เพิ่มเติมเรื่องสันเขากลางสมุทร และภาวะแม่เหล็กบรรพกาลในหนังสือเรียนหน้า 123-124 โดยดาวนโหลดจาก QR code ประจำบท) จากนั้นสรุปบทเรียนซึ่งมีแนวทางในการสรุป ดังนี้

พื้นมหาสมุทรเป็นหินบะซอลต์เกือบทั้งหมด และหินบะซอลต์ที่อยู่ไกลจากรอยแยกบริเวณสันเขากลางสมุทรมีอายุมากกว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ใกล้รอยแยก โดยมีรูปแบบสมมาตรตามแนวสันเขากลางสมุทร และพบว่าหินบะซอลต์ที่มีอายุเดียวกันทั้งสองข้างของรอยแยก มีทิศทางสนามแม่เหล็กโลกในแนวเดียวกัน ดังนั้นจากหลักฐานที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้เป็นทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร (sea-floor spreading)

4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 125 ดังนี้

 นักเรียนคิดว่าเมื่อพื้นมหาสมุทรมีการแผ่ขยายตัวจะเกิดอะไรขึ้นกับเปลือกโลก
แนวคำตอบ นักเรียนอธิบายกระบวนการตามทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. การตอบคำถาม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม
A: 1. ความใจกว้าง 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม 2. การอธิบายการแนวคิดของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรโดยมีหลักฐานสนับสนุน

6.3. การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และระบุผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- สสวท. Learning space <http://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีโดยตั้งคำถามเพื่ออภิปรายดังนี้



จากทฤษฎีทวีปเลื่อน และทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรสามารถนำมาอธิบายสาเหตุการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่ได้เนื่องจากยังไม่สามารถอธิบายกลไกที่ทำให้ทวีปเกิดการเคลื่อนที่ได้

2. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างคำว่า เปลือกโลก ธรณีภาคและแผ่นธรณี ตามหนังสือเรียนหน้า 162 เพื่อให้นักเรียนได้ทราบว่าในบทเรียนต่อไปที่จะกล่าวถึงเรื่องการเคลื่อนที่นั้น คือ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีซึ่งก็คือธรณีภาคที่แตกออกเป็นแผ่น ๆ นั้นเอง และทวีปที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้นี้เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นธรณี

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม และปฏิบัติกิจกรรม 6.2 ตามหนังสือเรียนหน้า 127



กิจกรรม 6.2 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายสาเหตุที่ทำให้แผ่นธรณีเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลอง

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|---------------|
| 1. น้ำมันพืช | 700 มิลลิลิตร |
| 2. แผ่นวัสดุเบา ลอยบนน้ำมันได้ และทนความร้อน เช่น แผ่นโฟมบาง
ไม้บัลซา ขนาด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร | 2 แผ่น |
| 3. บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน | 1 ใบ |
| 4. ผงวัสดุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมัน เช่น ผงพริกป่น ซีลี้อย | |
| 5. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 6. แท่งแก้วคนสาร | 1 แท่ง |
| 7. ช้อน | 1 คัน |

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ตัดแผ่นวัสดุเบาจำนวน 2 แผ่น ตามขนาดที่กำหนด โดยอาจตัดเป็นรูปร่างทวีปต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. หากไม่มีปั๊กเกอร์ขนาดใหญ่สามารถใช้ขามแก้วทนไฟสำหรับทำอาหารแทนได้
2. ควรกำชับให้นักเรียนระมัดระวังในการจุดไฟ ไม่สัมผัสหรือเข้าใกล้แหล่งกำเนิดความร้อน และภาชนะที่ยังมีความร้อนอยู่
3. เพื่อประหยัดทรัพยากรอาจทดลองโดยใช้ชุดสาธิตเพียง 1-2 ชุด และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มผลัดกันออกมาสังเกตผล
4. ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับเหตุผลในการใช้วัสดุต่าง ๆ เช่น การใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นของเหลวแทนเนื้อโลกที่เป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติกเนื่องจากเมื่อน้ำมันพืชได้รับความร้อนจะเปลี่ยนแปลงได้เร็วและอันตรายน้อยกว่าการใช้พาราฟิน แผ่นวัสดุเบาแทนแผ่นธรณี และความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์แทนแหล่งกำเนิดความร้อนภายในโลก

วิธีการทำกิจกรรม

1. เหน้้ำมันพืชลงในปั๊กเกอร์ และนำปั๊กเกอร์ตั้งบนชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
2. ใช้ช้อนตักผงวัสดุใส่ลงตรงกลางปั๊กเกอร์ ใช้แท่งแก้วกดให้ผงวัสดุแขวนลอยอยู่ในชั้นน้ำมันพืช
3. วางแผ่นโฟมที่ตัดเป็นรูปร่างของแผ่นธรณี 2 แผ่น โดยวางให้ชิดกันและอยู่ตรงกลางปั๊กเกอร์
4. สังเกตการเคลื่อนที่ของผงวัสดุและแผ่นโฟมก่อนจุดไฟ
5. จุดไฟที่ตะเกียงแอลกอฮอล์
6. สังเกตและเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของผงวัสดุและแผ่นโฟมในข้อ 4 และบันทึกผลการสังเกต โดยวาดภาพและเขียนบรรยาย

หมายเหตุ: การใช้น้ำมันแทนของแข็งที่มีสภาพพลาสติก เนื่องจากเมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะเปลี่ยนแปลงได้เร็วจึงสะดวกต่อการสังเกต

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมเมื่อน้ำมันได้รับความร้อนน้ำมันด้านล่างจะมีอุณหภูมิสูงเกิดการขยายตัวและเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน และเมื่อเคลื่อนที่ขึ้นใกล้ผิวหน้าของน้ำมัน น้ำมันจะถ่ายโอนความร้อนให้กับอากาศ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำลงจึงไหลวนลงสู่ด้านล่าง โดยสังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของผงวัสดุที่แขวนลอยในน้ำมัน ลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวเรียกว่า การพาความร้อน และผลจากการเคลื่อนที่ของน้ำมันทำให้แผ่นโพนี่วางอยู่ด้านบนเคลื่อนที่ตามทิศทางของน้ำมันที่อยู่ด้านล่าง เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่วางตัวอยู่บนเนื้อโลก

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อให้ความร้อนกับน้ำมัน น้ำมันและแผ่นโพนี่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สังเกตได้จากสิ่งใด

แนวคำตอบ น้ำมันมีการเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนและจมกลับลงมาด้านล่าง หมุนวนเป็นวงจรสังเกตได้จากวัสดุที่ลอยอยู่ในน้ำมัน ส่วนแผ่นโพนี่จะมีการเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

2. น้ำมันพืช แผ่นโฟม และความร้อนที่ใช้ในกิจกรรมเปรียบเทียบกับอะไรในธรรมชาติ
แนวคำตอบ น้ำมันพืชเทียบกับเนื้อโลก แผ่นโฟมเทียบกับแผ่นธรณี ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์เทียบกับความร้อนจากภายในโลก

3. กิจกรรมนี้เปรียบกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้อย่างไร

แนวคำตอบ แผ่นโฟมด้านบนเคลื่อนที่ออกจากกันเนื่องจากการหมุนวนของน้ำมันด้านล่าง เช่นเดียวกับแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่ได้เนื่องจากการหมุนวนของเนื้อโลกที่เกิดจากการพาความร้อนเช่นเดียวกับแบบจำลอง

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีว่าเป็นทฤษฎีที่ใช้หลักฐานแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ตั้งแต่ทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร และแนวคิดวงจรการพาความร้อน นำมาอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



เมื่อแผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่นอกจากจะทำให้ตำแหน่งของแผ่นธรณีเปลี่ยนแปลงไปแล้วยังส่งผลให้เกิดสิ่งใดอีกบ้าง

แนวคำตอบ ส่งผลให้เกิดธรณีฐานฐาน โครงสร้างทางธรณี และธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ หรือนักเรียนอาจตอบตามความเข้าใจของตนเองเช่น เกิดการสั่นของแผ่นดินหรือมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น

6. ครูนำอภิปรายและสรุปบทเรียนร่วมกันโดยให้ได้ข้อสรุปดังนี้

กระบวนการที่ทำให้แผ่นธรณีเคลื่อนที่ เนื่องจากความร้อนภายในโลกทำให้หินในฐานธรณีภาคหลอมตัวเป็นแมกมาแทรกดันขึ้นมาบนผิวโลกตามแนวรอยแตก เมื่อแมกมาอุณหภูมิลดต่ำลงจะเคลื่อนตัวห่างออกจากแนวรอยแตกเคลื่อนที่กลับลงสู่ด้านล่าง และได้รับความร้อนอีกครั้ง จึงเคลื่อนที่หมุนวนกันเป็นวงจร ทำให้แผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกออกจากกัน เรียกว่า วงจรการพาความร้อน (convection cell) ทำให้แผ่นธรณีที่วางตัวอยู่บนฐานธรณีภาคเคลื่อนที่ได้ นักวิทยาศาสตร์ได้รวบรวมหลักฐาน แนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ ได้แก่ แนวคิดวงจรการพาความร้อน ทฤษฎีทวีปเลื่อน และทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร นำมาสรุปเป็นทฤษฎีเรียกว่า ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี (plate tectonics) ซึ่งอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ธรณีฐานฐานต่าง ๆ

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 6.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การตีความและลงข้อสรุป 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม 6.2 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 6.2
A: ความใจกว้าง	การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม

6.4 ธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <http://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครุณาเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาารูปแผ่นธรณีและทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี (ดาวน์โหลดจาก QR code ประจำบท) จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



รูป แผ่นธรณีของโลก



ตำแหน่งของทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกาในปัจจุบันเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่แยกออกจากกันของแผ่นธรณี นักเรียนคิดว่าอีกฝั่งหนึ่งของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่แยกจากกันจะมีสิ่งใดเกิดขึ้น

แนวคำตอบ อีกด้านหนึ่งของแผ่นธรณีอาจชนหรือเบียดกับแผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่ง หรือนักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง



จากรูป แผ่นธรณีต่าง ๆ ของโลกเคลื่อนที่ได้กี่รูปแบบ สังเกตจากสิ่งใด

แนวคำตอบ 3 รูปแบบคือ เคลื่อนที่เข้าหากัน แยกออกจากกัน และเคลื่อนที่ผ่านกัน ในแนวราบ โดยสังเกตจากลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่



นักเรียนคิดว่าเมื่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่จะส่งผลให้เกิดสิ่งใดบ้าง และผลเหล่านั้นจะเกิดที่บริเวณใดบนแผ่นธรณี

แนวคำตอบ เกิดธรณีสังฐาน โครงสร้างทางธรณี และธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ หรือนักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาถึงผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีจากการปฏิบัติกิจกรรม 6.3 ตามหนังสือเรียนหน้า 130



กิจกรรม 6.3 ท่องโลกกว้างตามหาธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

1. ระบุลักษณะธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณี
2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณี กับการเคลื่อนที่รูปแบบต่าง ๆ ของแผ่นธรณี

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศ
2. รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
3. เอกสารความรู้ธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณี

หมายเหตุ: ข้อมูล 1-3 ดาวน์โหลดจาก QR code กิจกรรมในหนังสือเรียนหน้า 130

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูอาจเตรียมหรือให้นักเรียน ดาวน์โหลดโปรแกรม google earth ลงในคอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการสำรวจธรณีสัณฐานแบบต่าง
2. ดาวน์โหลดภาพธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีจาก QR code
3. ให้นักเรียนดาวน์โหลดแผนที่ภูมิประเทศและรูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูควรทบทวนเกี่ยวกับการเกิดภูมิประเทศรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งตำแหน่งของประเทศทวีปต่างๆ บนแผนที่ภูมิประเทศให้กับนักเรียน

สถานการณ์

“นักธรณีวิทยาได้สำรวจพบลักษณะธรณีฐาน และโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น หุบเขาทรุดที่ทะเลแดง ร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนา แนวรอยเลื่อนซานแอนเดรียส แนวเทือกเขาหิมาลัย แนวเทือกเขาแอนดิส”

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาลักษณะของธรณีฐาน และโครงสร้างทางธรณีจากเอกสารความรู้ที่กำหนดให้ และระบุบริเวณที่พบลงบนแผนที่ภูมิประเทศ
2. เชื่อมโยงข้อมูลบริเวณที่พบธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีกับแนวรอยต่อและทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีจากรูปที่กำหนดให้
3. ออกแบบและนำเสนอแนวคิดเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีที่กำหนดให้กับทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี
4. นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



ธรณีฐาน/โครงสร้างทางธรณี	ลักษณะ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี	ทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก	สันเขาที่มีฐานกว้าง ส่วนยอดมีลักษณะของหุบเขาทรุด มีรอยแตกและรอยเลื่อนตัดขวางกับรอยแยกจำนวนมาก	รอยต่อระหว่างแผ่นอเมริกาใต้ และแผ่นแอฟริกาหรือรอยต่อระหว่างแผ่นยูเรเชีย และแผ่นอเมริกาเหนือ	เคลื่อนที่ออกจากกัน
หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้งประเทศญี่ปุ่น	เป็นหมู่เกาะแนวยาว และมีภูเขาไฟจำนวนมากบนเกาะ	รอยต่อระหว่างแผ่นยูเรเชีย แผ่นอเมริกาเหนือ แผ่นฟิลิปปินส์	เคลื่อนที่เข้าหากัน
หุบเขาทรุดที่ทะเลแดง	มีลักษณะการแยกตัว และการทรุดตัวของเปลือกโลก	รอยต่อระหว่างแผ่นแอฟริกาและแผ่นอาระเบีย	เคลื่อนที่ออกจากกัน
ร่องลึกกันสมุทรมาเรียนา	ร่องลึกในมหาสมุทรที่มีความลึกมากที่สุด	รอยต่อระหว่างแผ่นแปซิฟิก และแผ่นฟิลิปปินส์	เคลื่อนที่เข้าหากัน
แนวรอยเลื่อนซานแอนเดรียส	แนวรอยเลื่อนในแนวระดับขนาดใหญ่	รอยต่อระหว่างแผ่นแปซิฟิก และแผ่นอเมริกาเหนือ	เคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ
แนวเทือกเขาหิมาลัย	เทือกเขาสูง	รอยต่อระหว่างแผ่นยูเรเชีย และแผ่นอินเดีย-ออสเตรเลีย	เคลื่อนที่เข้าหากัน
แนวเทือกเขาแอนดิส	เทือกเขาสูง	รอยต่อระหว่างแผ่นนาสคา และแผ่นอเมริกาใต้	เคลื่อนที่เข้าหากัน

สรุปผลการทำกิจกรรม

ธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ เกิดขึ้นในบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี โดย แนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี 3 รูปแบบ คือ 1. แนวแผ่นธรณีแยกตัว (divergent plate boundary) 2. แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากัน (convergent plate boundary) 3. แนวแผ่นธรณีเคลื่อนผ่านกันในแนวราบ (transform plate boundary) โดยแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีฐานแตกต่างกัน เช่น สันเขากลางสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง หุบเขาทรุด ร่องลึกก้นสมุทร แนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ แนวเทือกเขาสูง รวมทั้งการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีที่สำคัญ เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมถ้าจำแนกแนวรอยต่อของแผ่นธรณีตามลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแล้ว แนวรอยต่อของแผ่นธรณีมีกี่รูปแบบ อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ แนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี 3 แบบ จากแนวลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ โดยมีแนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน แนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน และแนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน โดยแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีฐานแตกต่างกัน

2. การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแต่ละรูปแบบทำให้เกิดธรณีฐาน หรือโครงสร้างทางธรณีแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ

1. การเคลื่อนที่ออกจากกันของแผ่นธรณีทำให้เกิด สันเขากลางมหาสมุทร เช่น แอตแลนติก หุบเขาทรุดที่ทะเลแดง
2. การเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีทำให้เกิด หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง ประเทศญี่ปุ่น ร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนา แนวเทือกเขาหิมาลัย แนวเทือกเขาแอนดิส
3. การเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวระนาบของแผ่นธรณีทำให้เกิด แนวรอยเลื่อนซานแอนเดรียส

3. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการวิเคราะห์ของตนหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 3 นาที โดยควรนำเสนอข้อมูลดังนี้ธรณีฐานทั้ง 7 แห่ง และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน

4. ให้นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี โดยใช้รูปแนวรอยต่อของแผ่นธรณี 3 รูปแบบ และธรณีฐาน โครงสร้างทางธรณีที่สัมพันธ์กับแนวรอยต่อตามหนังสือเรียน หน้า 131-133

5. ครูนำอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลอื่น ๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี โดยใช้คำถามดังนี้ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีทั้ง 3 รูปแบบ นอกจากจะทำให้เกิดธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ยังทำให้เกิดสิ่งใดอีกบ้าง

แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีทั้ง 3 รูปแบบ นอกจากจะทำให้เกิดธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ตรงบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแล้ว ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหิน เกิดเป็นโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ อีก เช่น รอยคดโค้งหรือชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อน ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณที่เป็นแนวรอยต่อของแผ่นธรณี แต่ละบริเวณภายในแผ่นธรณีที่ผลกระทบของแรงส่งไปถึง และยังทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรณีที่สำคัญ คือ แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด และสึนามิ

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: รูปแบบ และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 6.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม 6.3 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 6.3
A: ความใจกว้าง	การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม

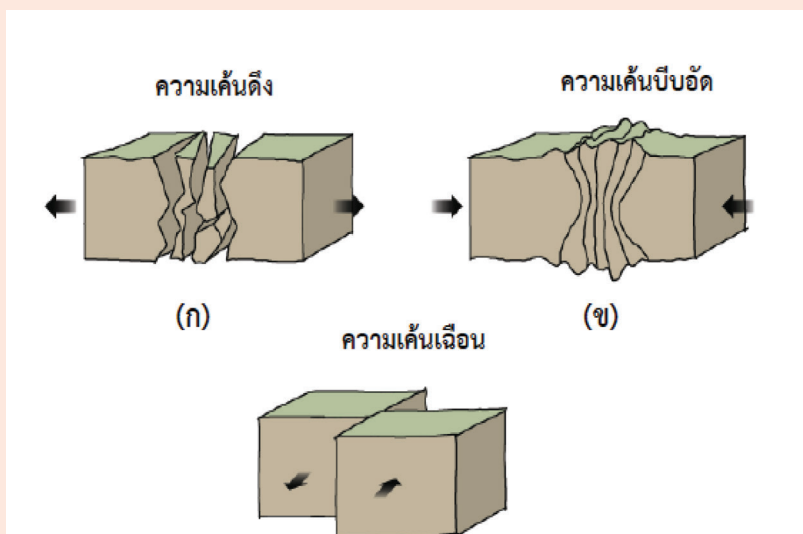


ความรู้เพิ่มเติม

การเปลี่ยนแปลงลักษณะของหิน

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีทั้ง 3 รูปแบบ นอกจากจะทำให้เกิดธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ตรงบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแล้ว ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหิน เกิดเป็นโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ อีก เช่น รอยคดโค้งหรือชั้นหินคดโค้ง (fold) รอยเลื่อน (fault) ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และบริเวณภายในแผ่นธรณีที่ผลกระทบของแรงส่งไปถึง กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ทำให้เกิดแรงต่าง ๆ กระทำต่อหินในเปลือกโลก ส่งผลให้เกิดความเค้นในหิน ซึ่งความเค้นนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และ/หรือ ปริมาตรของหิน และทำให้หินอยู่ในภาวะความเครียด (strain condition) โดยปกติแล้วความเค้นที่กระทำต่อหินจะไม่เท่ากันทุกทิศทาง และสามารถแยกความเค้นได้เป็น 3 ชนิด ดังรูป 1 คือ

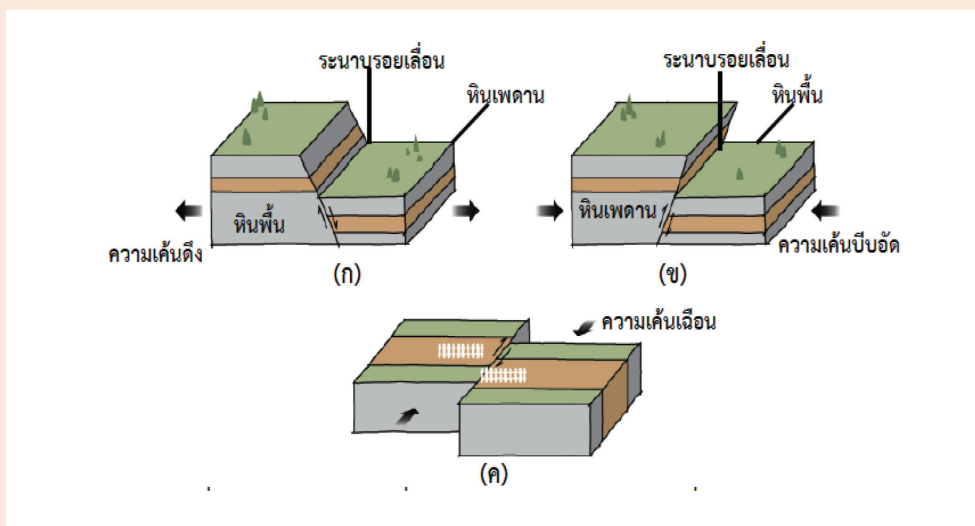
- ความเค้นดึง (tensional stress)
- ความเค้นบีบอัด (compressional stress)
- ความเค้นเฉือน (shear stress)



รูป 1 ความเค้นทั้ง 3 ชนิด คือ (ก) ความเค้นดึง (ข) ความเค้นบีบอัด (ค) ความเค้นเฉือน

ความเค้นที่กระทำต่อหินทำให้หินเปลี่ยนลักษณะได้แตกต่างกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินขึ้นอยู่กับชนิดของความเค้นที่มากระทำ อุณหภูมิ ระยะเวลา และอัตราของความเค้นที่มากระทำ รวมถึงสมบัติของหิน เช่น ในกรณีที่ความเค้นกระทำต่อชั้นหินชนิดหนึ่งที่อยู่ใต้ผิวโลกในระดับลึกที่มีอุณหภูมิและความดันสูง หินจะมีสมบัติคล้ายดินน้ำมันหรือมีสภาพพลาสติก ชั้นหินมีการเปลี่ยนลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้ง แต่ในขณะที่หินชนิดเดียวกันใกล้ผิวโลกมีสมบัติแข็งเกร็งและเปราะคล้ายสมบัติของเวเฟอร์ ชั้นหินจะเกิดรอยแตกและรอยเลื่อน

รอยเลื่อน (fault) เป็นโครงสร้างทางธรณีที่เกิดจากชั้นหินที่สมบัติแข็งเกร็งและเปราะถูกความเค้นมากระทำจนแตกและเคลื่อนที่ตามระนาบรอยแตก ซึ่งสามารถจำแนกรอยเลื่อนออกได้เป็น 3 ประเภทหลักตามลักษณะความเค้นที่มากระทำ ดังรูป 2 คือ



รูป 2 รอยเลื่อน 3 ประเภท (ก) รอยเลื่อนปกติ (normal fault) (ข) รอยเลื่อนย้อน (reverse fault) (ค) รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault)

รอยเลื่อนปกติ (normal fault) เป็นรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ตามมุมเทของระนาบรอยเลื่อน โดยที่หินเพดาน (hanging-wall block) มีการเคลื่อนที่ลง เทียบกับหินพื้น (footwall block) ที่มีการเคลื่อนที่ขึ้น ดังรูป 3 เป็นผลมาจากความเค้นดึง

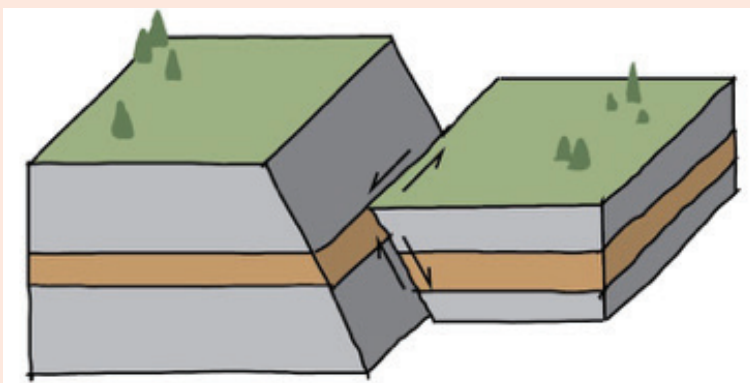


รูป 3 รอยเลื่อนปกติ เมืองมิริ ประเทศมาเลเซีย
ที่มาของรูป สุนทรเมธ จิตรมหันตกุล

รอยเลื่อนย้อน (reverse fault) เป็นรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ตามมุมเทของระนาบรอยเลื่อนเช่นเดียวกับรอยเลื่อนปกติ แต่ทิศทางการเคลื่อนจะกลับกัน กล่าวคือหินเพดานจะเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหินพื้น ถ้ารอยเลื่อนย้อนมีมุมเอียงเทต่ำกว่าหรือเท่ากับ 45 องศา จะมีชื่อเรียกเฉพาะว่า **รอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault)** ซึ่งรอยเลื่อนทั้งสองแบบเป็นผลมาจากความเค้นบีบอัด

รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) เป็นรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ในแนวระดับเป็นผลมาจากความเค้นเฉือน

นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ผสมกันทั้งตามแนวเอียงเทของระนาบรอยเลื่อนและในแนวระดับของระนาบรอยเลื่อน เรียกว่า **รอยเลื่อนเฉียง (oblique fault)** ดังรูป 4 ซึ่งเป็นผลมาจากความเค้นที่กระทำในหลายทิศทาง

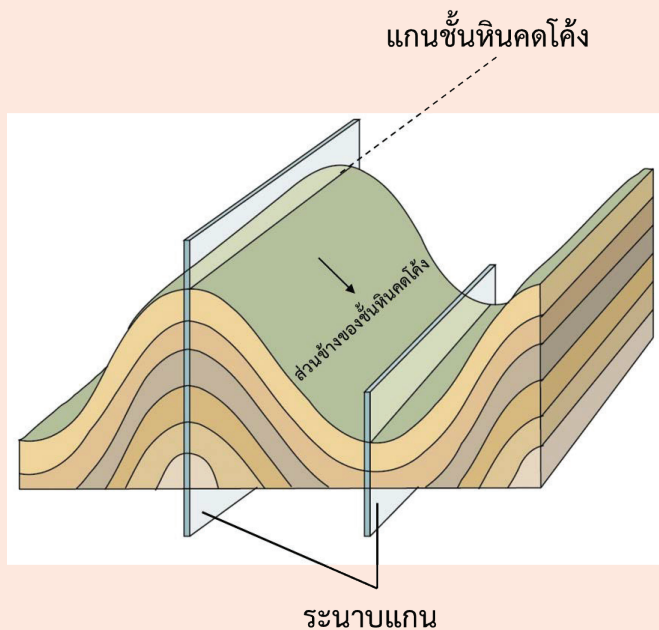


รูป 4 รอยเลื่อนเฉียง

ในกรณีที่มีความเค้นบีบอัดมากกระทำกับชั้นหินที่มีสภาพพลาสติก จะทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีที่เรียกว่า ชั้นหินคดโค้ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

ชั้นหินคดโค้งรูปประทุน (anticline) เป็นการโค้งของระนาบชั้นหิน คล้ายรูปประทุน หรือสะพานโค้งเมื่อมองจากด้านหน้าตัดที่ตั้งฉากกับแกนชั้นหินคดโค้ง (axis) หินที่มีอายุน้อยกว่า จะอยู่บริเวณส่วนกลางของแกนชั้นหินคดโค้ง ดังรูป 5

ชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงาย (syncline) เป็นการโค้งของชั้นหินคล้ายรูปตัวยู หินที่มีอายุน้อยสุดจะอยู่บริเวณส่วนกลางของแนวคดโค้ง และชั้นหินที่อยู่บริเวณโดยรอบแนวแกนชั้นหินคดโค้ง ในธรรมชาติอาจพบชั้นหินคดโค้งทั้งสองเกิดร่วมกันและจะใช้ส่วนข้างของชั้นหินคดโค้ง (limb) ร่วมกันดังรูป 6



รูป 5 ชั้นหินคดโค้ง



รูป 6 ชั้นหินคดโค้งรูปประทุน และรูปประทุนหงาย บ่อดินซุด อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
ที่มาของรูป สุคนธ์เมธ จิตรมหันตกุล

โครงสร้างทางธรณีเหล่านี้ นักธรณีวิทยาใช้ในการศึกษาเพื่อตรวจสอบ และอธิบายประวัติขนาด และทิศทางของแรงต่าง ๆ ที่มากระทำต่อตัวหินหรือเปลือกโลกในบริเวณนั้น ๆ และสามารถนำมาแสดงบนแผนที่ธรณีวิทยา ทำให้สามารถเข้าใจสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ในลักษณะเป็น 3 มิติ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้พื้นที่ และการสำรวจทรัพยากรธรณีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปิโตรเลียม เนื่องจากโครงสร้างทางธรณีบางลักษณะมีความสัมพันธ์กับแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงนำกลุ่มคำต่อไปนี้เติมลงในตารางให้สัมพันธ์กับทฤษฎีที่กำหนดให้ (สามารถเติมคำตอบซ้ำกันได้)

ทฤษฎีทวีปเลื่อน	ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร	ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี
ไซโนเนตัส การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินมีโซซอร์ส ลอเรเชีย พันเจีย แนวเทือกเขาสูง	อายุหินบนพื้นมหาสมุทร ภาวะแม่เหล็กบรรพกาล สันเขากลางสมุทร หุบเขาทรุด	วงจรการพาความร้อน แนวมุดตัวของแผ่นธรณี หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง รอยเลื่อนในแนวระดับ สันเขากลางสมุทร หุบเขาทรุด

2. จงตอบคำถามต่อไปนี้
- 2.1 เพราะเหตุใด อัลเฟรด เวเกเนอร์จึงเชื่อว่าทวีปต่าง ๆ ในปัจจุบันเคยติดกันเป็นแผ่นเดียวมาก่อน
- แนวคำตอบ** อัลเฟรด เวเกเนอร์สังเกตรูปร่างของขอบทวีป เช่น ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกา มีส่วนที่ต่อกันได้เหมือนจิ๊กซอว์ จึงสันนิษฐานว่าทวีปต่าง ๆ อาจเคยอยู่ติดกันมาก่อน จากนั้นเวเกเนอร์ได้ศึกษาหาหลักฐานต่าง ๆ มาเพิ่มเติม ได้แก่ หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล

2.2 การค้นพบสิ่งใดของ แฮรี เฮส ที่ถูกนำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร
แนวคำตอบ แฮรี เฮสค้นพบของสันเขาที่เป็นแนวยาวกลางมหาสมุทรแอตแลนติก ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าพื้นมหาสมุทรมีการเคลื่อนที่เนื่องจากการแทรกดันอย่างต่อเนื่องของแมกมาบริเวณสันเขา

2.3 ถ้ามีการค้นพบสันเขากลางสมุทรในมหาสมุทรแห่งหนึ่ง ในเวลาต่อมามหาสมุทรแห่งนั้นจะกว้างขึ้น หรือแคบลง เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ กว้างขึ้นเนื่องจากการพบสันเขากลางสมุทรแสดงว่ามีการแทรกดันของแมกมาในบริเวณรอยแยกกลางมหาสมุทรทำให้พื้นมหาสมุทรเกิดการขยายตัว

2.4 สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติกเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบใด

แนวคำตอบ เคลื่อนที่แยกออกจากกัน

2.5 หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้งเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบใด

แนวคำตอบ เคลื่อนที่เข้าหากัน

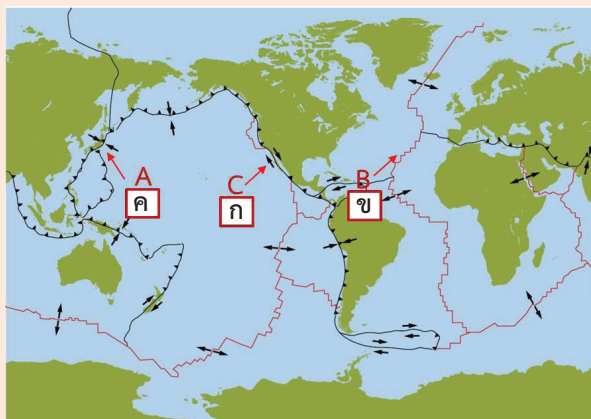
3. จงทำเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย (✗) หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	คำถาม
✓	1. หินบะซอลต์ที่พบใกล้รอยแยกบริเวณสันเขากลางสมุทรจะมีอายุอ่อนกว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ไกลจากรอยแยกออกไป
✗	2. เมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทรเกิดรอยแยกและเคลื่อนที่ออกจากกันอย่างช้า ๆ จะมีเนื้อหินแกรนิตจากส่วนล่างแทรกดันขึ้นมาตรงรอยแยกเกิดเป็นธรณีภาคใหม่
✓	3. วงจรการพาความร้อนเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

คำตอบ	โจทย์
✗	4. อัลเฟรด เวเกเนอร์ เป็นผู้เสนอทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร
✗	5. บริเวณทะเลแดงเกิดจากการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป
✓	6. เทือกเขาหิมาลัยเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณียูเรเชียและแผ่นธรณีอินเดีย – ออสเตรเลีย
✗	7. แผ่นธรณี คือเปลือกโลกเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นทวีปที่แตกออกเป็นหลายแผ่น
✗	8. ร่องลึกก้นสมุทรเกิดขึ้นบริเวณกลางมหาสมุทรแอตแลนติก
✗	9. รอยเลื่อนซานแอนเดรียสเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นทวีป
✓	10. ภาวะแม่เหล็กบรรพกาลของพื้นมหาสมุทรเป็นหลักฐานยืนยันการเคลื่อนที่ออกจากกันของแผ่นทวีป

4. พิจารณารูป 1 และ 2 แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้

4.1 จงจับคู่รอยต่อ A B และ C กับ รูป (ก) (ข) และ (ค) ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเขียนคำตอบลงในกล่องข้อความในรูป 1

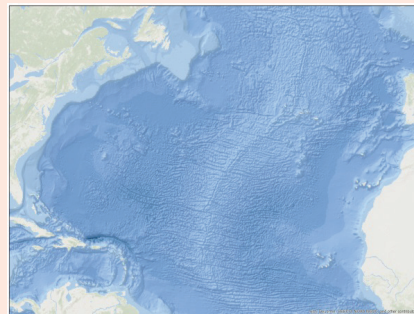


รูป 1 รอยต่อของแผ่นธรณี

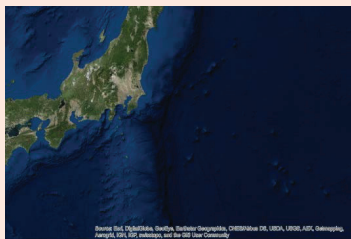
4.2 ธรณีสัณฐานที่ปรากฏในรูป 2 (ก)-(ค) มีกระบวนการเกิดอย่างไร และมีบริเวณใดอีกบ้างที่มีลักษณะคล้ายกับในรูป 2 (ก)-(ค) จงยกตัวอย่าง



(ก)



(ข)



(ค)

รูป 2 แสดงธรณีสัณฐาน ณ บริเวณต่าง ๆ บนโลก

- (ก) รอยเลื่อนซานแอนเดรียส ประเทศสหรัฐอเมริกา
- (ข) สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก
- (ค) ร่องลึกก้นสมุทรญี่ปุ่น

รูป ก รอยเลื่อนซานแอนเดรียส เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านกันในระดับของแผ่นธรณี

รูป ข สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก เกิดจากการเคลื่อนที่แยกออกจากกันของแผ่นธรณี

รูป ค ร่องลึกก้นสมุทร ประเทศญี่ปุ่น และหมู่เกาะญี่ปุ่น เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณี

5. จากหลักฐานการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทรแอตแลนติกส่งผลอย่างไรต่อการเคลื่อนที่ของทวีปอเมริกาใต้และแอฟริกา

แนวคำตอบ ทำให้ทวีปอเมริกาใต้และทวีปแอฟริกาเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

6. ลักษณะของทวีปในปัจจุบันเหมือนหรือต่างกับทวีปเมื่อประมาณ 200 ล้านปีก่อนอย่างไร

แนวคำตอบ ทวีปในปัจจุบันแยกออกจากกันไม่ได้อยู่ติดกันเป็นแผ่นดินเดียวเหมือนเมื่อ 200 ล้านปีก่อน

7. แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร และทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีมีความเหมือน และแตกต่างกันในเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ ทั้งสามทฤษฎีต่างกล่าวถึงการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่รายละเอียดและหลักฐานสนับสนุน ทฤษฎีทวีปเลื่อนมีหลักฐานสนับสนุน เช่น หลักฐานซากดึกดำบรรพ์ หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา และหลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล แต่ยังไม่สามารถอธิบายสาเหตุของการเคลื่อนที่ได้

ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรมีหลักฐานการขยายตัวของพื้นมหาสมุทร คือ การค้นพบสันเขากลางสมุทร อายุของหินบะซอลต์บนพื้นมหาสมุทร และภาวะแม่เหล็กบรรพกาล ถึงแม้จะสามารถอธิบายว่าทวีปเคลื่อนที่ออกจากกันได้เพราะมหาสมุทรขยายตัวแต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายกลไกการเคลื่อนที่ของทวีปได้

ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี รวมเอาหลักฐาน แนวคิด ทฤษฎี ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร และแนวคิดวงจรการพาความร้อนมา อธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นธรณี โดยใช้ ข้อมูลการพาความร้อนของแมกมาภายในฐานธรณีภาค และใช้การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในลักษณะต่าง ๆ มาอธิบายธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณี และปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาต่างๆ ที่มีกระบวนการเกิดอยู่ภายในโลกและส่งผลกระทบต่อชั้นมาสู่โลก เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด

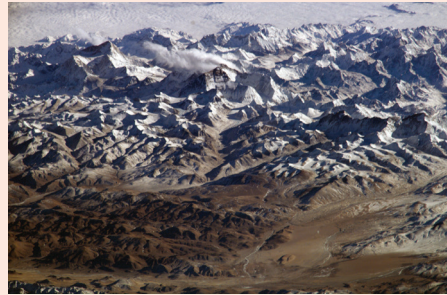
8. เพราะเหตุใดเมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทรและแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีสมุทรจึงมุดตัวลงข้างใต้แผ่นธรณีทวีป ส่วนที่มุดตัวจะลงไปอยู่ที่ส่วนใดของโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ เนื่องจากแผ่นธรณีสมุทรมีความหนาแน่นมากกว่าแผ่นธรณีทวีป และส่วนที่มุดตัวจะเคลื่อนที่ลงไปที่ฐานธรณีภาค

9. จากรูป 1 แสดงบริเวณที่ราบสูงทิเบต และแนวเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีอินเดีย-ออสเตรเลียและแผ่นธรณียูเรเชีย หากแผ่นธรณีดังกล่าวเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมต่อไปเรื่อย ๆ นักเรียนคิดว่าลักษณะของธรณีสัณฐานบริเวณนั้นจะเป็นอย่างไร



(ก)



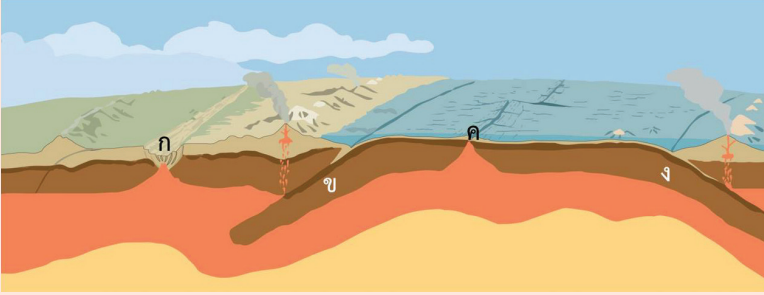
(ข)

รูป 1 บริเวณที่ราบสูงทิเบต และแนวเทือกเขาหิมาลัย

- (ก) ทิศทางการเคลื่อนที่บริเวณของแผ่นธรณีอินเดีย-ออสเตรเลีย และแผ่นธรณียูเรเชีย
(ข) แนวเทือกเขาหิมาลัย ประเทศเนปาล ที่มาของรูป NASA

แนวคำตอบ หากแผ่นธรณีบริเวณดังกล่าวเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมไปเรื่อย ๆ อาจทำให้เทือกเขาหิมาลัยสูงขึ้นเนื่องจากการโก่งตัวของแผ่นธรณี

10. นักเรียนคิดว่าการเกิดแผ่นธรณีขึ้นมาใหม่จะมีผลทำให้โลกมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ ไม่ เนื่องจากมีบางส่วนของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันจะมุดลงไปในชั้นฐานธรณีภาคเกิดการหลอมกลายเป็นแมกมา
11. จากรูปบริเวณใดบ้างที่แผ่นธรณีเกิดการต่อเติมและขยายตัวออก บริเวณใดบ้างเกิดการหลอมแผ่นธรณีสู่ภายใต้โลก เพราะเหตุใด



แนวคำตอบ บริเวณ ก และ ค เป็นบริเวณที่แผ่นธรณีเกิดขึ้นใหม่และขยายตัวออก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน มีแมกมาแทรกดันขึ้นมาตามรอยแตกเกิดเป็นแผ่นธรณีใหม่

บริเวณ ข และ ง เป็นบริเวณที่แผ่นธรณีเกิดการหลอมภายใต้โลก เนื่องจากเป็นรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน เกิดแนวมุดตัวทำให้แผ่นธรณีบางส่วนถูกหลอมเมื่อมุดตัวสู่ฐานธรณีภาค

12. จากรูป จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) ตำแหน่ง ก และ ข เป็นธรณีสัณฐานแบบใด

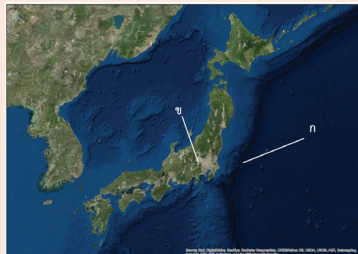
แนวคำตอบ ก คือร่องลึกก้นสมุท ข คือหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง

2) ธรณีสัณฐานข้างต้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีใด และเคลื่อนที่แบบใด

แนวคำตอบ ก เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีแปซิฟิก และแผ่นธรณียูเรเชีย ข เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีแปซิฟิก แผ่นอเมริกาเหนือ แผ่นยูเรเชีย และแผ่นฟิลิปปินส์

3) บริเวณใดคือรอยต่อของแผ่นธรณีและเป็นรอยต่อแบบใด

แนวคำตอบ บริเวณ ข แผ่นธรณีมหาสมุทรและแผ่นทวีปเคลื่อนที่เข้ากัน



รูป 1 ธรณีสัณฐาน ประเทศญี่ปุ่น

บทที่

7

| ธรณีพิบัติภัย (Geohazard)



ipst.me/8857



ที่มา รูปบนและขวาล่าง USGS รูปซ้ายล่าง NOAA/NGDC, Marko Kokick, IFRC

ตัวชี้วัด

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
2. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
3. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

การวิเคราะห์ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย จุดประสงค์การเรียนรู้ - อธิบายสาเหตุและกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด - สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด - สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด - อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว - สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว - สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว - อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเกิดสึนามิ - สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากสึนามิ - สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากสึนามิ		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซ กับสเปซ - การสร้างแบบจำลอง	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 - การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา - การสร้างแบบจำลอง - การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ - การสื่อสาร - การทำงานร่วมกัน - การคิดและการแก้ปัญหา	จิตวิทยาศาสตร์ - ความมีเหตุผล - ความใจกว้าง - ความรอบคอบ - ความคิดสร้างสรรค์ - ความสนใจในวิทยาศาสตร์ - ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ลำดับความคิดต่อเนื่อง

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาแบบฉับพลันและรุนแรง ซึ่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม



ภูเขาไฟเกิดจากการแทรกดันของแมกมาขึ้นมาจากผิวโลกตามช่องว่างหรือรอยแตกของเปลือกโลก โดยส่วนใหญ่จะมีตำแหน่งสัมพันธ์กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันหรือแนวมุดตัวของแผ่นธรณี และยังภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในบริเวณแผ่นธรณีแยกตัว ภูเขาไฟในบางบริเวณอาจเกิดจากการแทรกดันของแมกมาจากจุดร้อนที่บริเวณกลางแผ่นธรณี



ภูเขาไฟระเบิดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในบางครั้งส่งผลกระทบอย่างรุนแรงและเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นการสร้างระบบเตือนภัย และแนวการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง



แผ่นดินไหวส่วนใหญ่เกิดจากเมื่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่จะเกิดการเสียดสีและ/หรือชนกันระหว่างแผ่นธรณีสองแผ่น หินจะสะสมพลังงานไว้จนกระทั่งเกิดการแตกหักและเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ทำให้พื้นผิวโลกเกิดการสั่นสะเทือน และอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น ภูเขาไฟระเบิด การทดลองระเบิดนิวเคลียร์

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวคลื่นไหวสะเทือนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะเคลื่อนที่จากศูนย์เกิดแผ่นดินไหวไปทุกทิศทุกทาง ทำให้บริเวณต่าง ๆ ได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน บริเวณบนพื้นผิวโลกที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นจุดบนพื้นผิวโลกที่อยู่เหนือบริเวณศูนย์เกิดของแผ่นดินไหวภายในโลก



ปริมาณของพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังผิวโลก สังเกตได้จากค่าแอมพลิจูดของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ และนำมาคำนวณเป็นขนาดของแผ่นดินไหว ขนาดของแผ่นดินไหวรายงานโดยใช้มาตราริกเตอร์ และมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว

ผลของแผ่นดินไหวที่ทำให้คนรู้สึกถึงการสั่นสะเทือน ลักษณะที่วัตถุหรืออาคารเสียหาย หรือสภาพภูมิประเทศเปลี่ยนแปลง สามารถนำมาประเมินเป็นความรุนแรงของแผ่นดินไหว ความรุนแรงจะเกิดมากที่สุดบริเวณใกล้เหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวและลดลงตามระยะทางที่ห่างออกมา มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ มาตราเมอร์คัลลีปรับปรุงใหม่



พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบนโลกส่วนใหญ่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีหลายประเทศที่เป็นศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี ทำให้ประเทศไทยได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากบริเวณดังกล่าว



ประเทศไทยไม่ได้ตั้งอยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี แต่มีโอกาสเป็นศูนย์เกิดแผ่นดินไหวได้เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลังภายในประเทศที่มีการสะสมพลังงานจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี



แผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นเราควรศึกษาวิธีการปฏิบัติตนทั้งการรับมือก่อนเกิด ระหว่างเกิด และหลังจากเกิดแผ่นดินไหว ให้เข้าใจและสามารถปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง



สึนามิมักจะเกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งโดยรอบของมหาสมุทรแปซิฟิกเนื่องจากมีแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเป็นทางยาวหรือที่รู้จักกันในชื่อ วงแหวนไฟ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการมุดตัวของแผ่นธรณีและทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้และอาจเกิดสึนามิถ้าเหตุการณ์แผ่นดินไหวดังกล่าว เกิดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในแนวดิ่ง

สึนามิเป็นคลื่นที่มีลักษณะเฉพาะตัวโดยในบริเวณที่ความลึกของมหาสมุทรมาก ๆ สึนามิจะมีความสูงคลื่นน้อย แต่มีความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่อเคลื่อนเข้าสู่บริเวณน้ำตื้น ความยาวคลื่นและความเร็วคลื่นจะลดลงแต่ความสูงคลื่นเพิ่มขึ้นทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ปะทะเข้ากับแผ่นดิน



สึนามิทำให้มีผู้เสียชีวิต บาดเจ็บ และสูญหายจำนวนมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก



สึนามิเป็นภัยพิบัติที่ไม่สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ ดังนั้นวิธีการป้องกันความเสียหายคือการเฝ้าระวังและเตือนภัยก่อนที่สึนามิจะเคลื่อนที่มาถึงชายฝั่ง กระบวนการเตือนภัยสึนามิประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การตรวจวัดข้อมูล การประมวลผลจากข้อมูล การประกาศเตือนภัย



สึนามิมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นเราควรรู้วิธีการปฏิบัติตน ทั้งการรับมือก่อนเกิด ระหว่างเกิด และหลังจากเกิดสึนามิ ให้เข้าใจและสามารถปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง

สาระสำคัญ

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาแบบฉับพลันและรุนแรงซึ่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษาถึงสาเหตุ กระบวนการเกิด ผลที่เกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางในการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย จะช่วยให้มนุษย์เข้าใจถึงธรรมชาติของการเกิดธรณีพิบัติภัย และสามารถเตรียมพร้อมรับสถานการณ์เพื่อให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

- | | | |
|-----|---------------|-----------|
| 7.2 | ภูเขาไฟระเบิด | 2 ชั่วโมง |
| 7.3 | แผ่นดินไหว | 2 ชั่วโมง |
| 7.4 | สึนามิ | 2 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

สาเหตุ รูปแบบ และผลจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี โครงสร้างทางธรณีคลื่นไหวสะเทือน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
ภูเขาไฟต้องมีลักษณะเป็นภูเขา	ภูเขาไฟมีรูปร่างหลากหลายและไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นภูเขาเสมอไป ในบางบริเวณอาจเป็นเพียงรอยแยกที่ลาวาปะทุขึ้นมา

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เมื่อเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเลทุกครั้งจะต้องเกิดสึนามิ	การเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเลก่อให้เกิดสึนามิได้ในบางครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นธรณี ระดับความลึกของจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

7.1 ภูเขาไฟระเบิด (volcanic eruption)

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>
3. ข้อมูลเกี่ยวกับภูเขาไฟ <https://www.volcanodiscovery.com/volcano-map.html> และ <http://volcano.oregonstate.edu/>
4. ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติตนเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิด <http://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/types-of-emergencies/volcano>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข่าวเกี่ยวกับภูเขาไฟ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



นักเรียนเคยได้ยินข่าวภูเขาไฟระเบิดเกิดขึ้นในประเทศใดบ้าง

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามประสบการณ์ของตนเอง โดยครูสรุปให้นักเรียนเห็นว่า มีบางประเทศเท่านั้นที่เกิดเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดขึ้น



ประเทศไทยเคยได้รับผลกระทบจากการเกิดภูเขาไฟระเบิดหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามประสบการณ์ของตนเอง โดยครูสรุปว่าประเทศไทยไม่มีภูเขาไฟ จึงไม่ได้รับผลกระทบ หรืออาจตอบว่าได้รับผลกระทบจากการระเบิดของภูเขาไฟจากประเทศใกล้เคียงเช่นมีเถ้าภูเขาไฟปกคลุมบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากเกิดภูเขาไฟระเบิดในประเทศอินโดนีเซีย บางครั้งอาจรู้สึกถึงแรงสั่นสะเทือน และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



นักเรียนคิดว่าพื้นที่ใดบ้างมีโอกาสเกิดภูเขาไฟ

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง โดยครูชวนให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองจากการปฏิบัติกิจกรรม 7.1

2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 7.1 ตามหนังสือเรียนหน้า 143 เพื่อศึกษาตำแหน่งการเกิดของภูเขาไฟ และความสัมพันธ์ของตำแหน่งภูเขาไฟบนแผ่นธรณี



กิจกรรม 7.1 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเกิดภูเขาไฟกับแนวรอยต่อของแผ่นธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และระบุตำแหน่งการเกิดภูเขาไฟบนแผ่นธรณี
2. ระบุและอธิบายประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับตำแหน่งการเกิดภูเขาไฟ

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนที่ตำแหน่งภูเขาไฟที่พบ ณ บริเวณต่าง ๆ บนโลก
2. แผนที่แสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนของแผ่นธรณี

หมายเหตุ: ข้อมูล 1-2 ดาวน์โหลดได้จาก QR code ประจำบท

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ควรเตรียมแผนที่ตำแหน่งภูเขาไฟให้กับนักเรียน โดยสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบท
2. ควรเตรียมแสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนของแผ่นธรณี โดยให้ดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบท

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอภิปรายร่วมกันกับนักเรียนเพื่อช่วยให้เข้าใจสัญลักษณ์ต่าง ๆ บนแผนที่ทั้ง

วิธีการทำกิจกรรม

1. พิจารณาแผนที่แสดงตำแหน่งของภูเขาไฟที่พบ ณ บริเวณต่าง ๆ บนโลก ตามชื่อภูเขาไฟที่กำหนดในตาราง แล้วระบุตำแหน่งภูเขาไฟลงบนแผนที่แสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. วิเคราะห์ข้อมูลจากข้อ 1 แล้วระบุตำแหน่งภูเขาไฟบนแผ่นธรณีพร้อมชื่อแผ่นธรณีที่เกี่ยวข้อง ลงในตารางบันทึกผล สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม
3. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการที่ทำให้เกิดภูเขาไฟ ณ บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผล

ภูเขาไฟที่พบ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี		ประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณี		
			เคลื่อนที่ หากัน	เคลื่อนที่ แยกจากกัน	เคลื่อนที่ ผ่านกัน
ภูเขาไฟ กรากะตัว ประเทศอินโดนีเซีย	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณี อินเดี - ออสเตรเลีย และ แผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟพินาตุโบ ประเทศฟิลิปปินส์	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีฟิลิปปินส์ และ แผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีฟิลิปปินส์ แผ่น ธรณีอเมริกาเหนือ และ แผ่น ธรณี ยูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟคาริมสกี ประเทศรัสเซีย	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณีแปซิฟิก และแผ่นธรณี อเมริกาเหนือ	✓		
ภูเขาไฟพาฟลอฟ สหรัฐอเมริกา	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีอเมริกาเหนือ และ แผ่น ธรณี แปซิฟิก	✓		
ภูเขาไฟ เซนต์เฮเลน ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีฮวนเดฟูกา และ แผ่น ธรณี อเมริกาเหนือ	✓		

ภูเขาไฟที่พบ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี		ประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณี		
			เคลื่อนที่ หากัน	เคลื่อนที่ แยกจากกัน	เคลื่อนที่ ผ่านกัน
ภูเขาไฟ เยลโลว์สโตน ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☒ อยู่ในแผ่น ธรณีอเมริกา เหนือ	☐ รอยต่อของแผ่น ธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟคิลาวี ฮาวาย ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☒ อยู่ในแผ่น ธรณีแปซิฟิก	☐ รอยต่อของแผ่น ธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟโกลิมา ประเทศเม็กซิโก	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณีคอคอส และแผ่นธรณี อเมริกาเหนือ	✓		
ภูเขาไฟคัลบูโก ประเทศชิลี	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีนาสคา และ แผ่นธรณีอเมริกาใต้	✓		
ภูเขาไฟเฮกลา ประเทศ ไอซ์แลนด์	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณียูเรเชียและ แผ่นธรณีอเมริกา เหนือ		✓	
ภูเขาไฟเอตนา ประเทศอิตาลี	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณีแอฟริกา และ แผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟแคมเมอร์น ประเทศแคมเมอร์น	☒ อยู่ในแผ่น ธรณีแอฟริกา	☐ รอยต่อของแผ่น ธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟ เออร์ตาอัลเล ประเทศเอธิโอเปีย	☐ อยู่ในแผ่น ธรณี.....	☒ รอยต่อของแผ่น ธรณอาระเบีย และ แผ่น ธร ณี แอฟริกา		✓	

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่าภูเขาไฟโดยส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณขอบของแผ่นธรณี โดยเฉพาะบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน มีภูเขาไฟบางส่วนที่ตั้งอยู่บริเวณแผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน และมีบางส่วนที่อยู่ด้านในแผ่นธรณี จึงสรุปได้ว่าตำแหน่งของการเกิดภูเขาไฟระเบิดมีความสัมพันธ์กับบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบต่าง ๆ

คำถามท้ายกิจกรรม



ตำแหน่งใดบ้างของแผ่นธรณีที่พบภูเขาไฟ และพบภูเขาไฟหนาแน่นที่ตำแหน่งใด
แนวคำตอบ ภูเขาไฟจะพบที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และในแผ่นธรณี โดยจะพบหนาแน่นที่สุดที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณโดยรอบมหาสมุทรแปซิฟิก



พบภูเขาไฟที่แนวรอยต่อของแผ่นธรณีทั้ง 3 รูปแบบหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ พบภูเขาไฟที่แนวรอยต่อของแผ่นธรณี 2 รูปแบบ คือ แนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากันและแยกออกจากกัน แต่ไม่พบภูเขาไฟที่แนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ



แนวรอยต่อที่พบภูเขาไฟหนาแน่นมีกระบวนการทางธรณีใดเกิดขึ้น
แนวคำตอบ เกิดการมุดตัวของแผ่นธรณีทำให้เกิดการหลอมตัวของแผ่นธรณีและกลายเป็นแมกมาเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลกจึงเกิดเป็นภูเขาไฟ

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังด้านบน

4. ครุณำอภิปรายว่าเพราะเหตุใดจึงพบภูเขาไฟหนาแน่นที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากัน โดยใช้รูป 7.1 (ก) และ 7.1 (ข) ในหนังสือเรียนหน้า 146-147

แนวทางการอภิปราย จากรูป 7.1 (ก) จะเห็นว่าบริเวณดังกล่าวเกิดการมุดตัวของแผ่นธรณี โดยอาจมีบางส่วนของแผ่นธรณีที่มุดตัวลงไปสู่ฐานธรณีภาคที่มีความร้อนสูงจึงทำให้แผ่นธรณีเกิดการหลอมตัว กลายเป็นแมกมาซึ่งมีอุณหภูมิสูงและมีความหนาน้อยกว่าหินโดยรอบจึงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลก เกิดเป็นภูเขาไฟ และจากรูป 7.1 (ข) จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของภูเขาไฟนั้นอยู่หนาแน่นบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนเข้าหากัน โดยเฉพาะบริเวณรอบมหาสมุทรแปซิฟิก มีลักษณะคล้ายวงแหวนจึงเรียกบริเวณดังกล่าวว่า **วงแหวนไฟ (ring of fire)**

5. นอกจากบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันแล้ว ภูเขาไฟยังเกิดขึ้นในบริเวณอื่นได้อีกบ้าง และเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยใช้รูป 7.2 ในหนังสือเรียนหน้า 147 และ รูป 7.3 ในหนังสือเรียนหน้า 148

แนวทางการอภิปราย จากรูป 7.2 ภูเขาไฟระเบิดอาจเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อที่แผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีรอยแตก หรือเป็นบริเวณที่เปลือกโลกบาง ทำให้แมกมาแทรกตัวขึ้นมาสู่ผิวโลกได้จึงเกิดเป็นภูเขาไฟระเบิด และจากรูป 7.3 แสดงลักษณะการเกิดภูเขาไฟในหมู่เกาะฮาวาย ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่เกิดขึ้นภายในแผ่นธรณี เกิดขึ้นเมื่อแมกมาจากบริเวณที่เรียกว่า **จุดร้อน (hot spot)** เคลื่อนที่ขึ้นมาบนผิวโลก

6. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดภูเขาไฟระเบิดโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 148 ดังตัวอย่าง



เพราะเหตุใดประเทศอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์จึงเกิดภูเขาไฟระเบิดบ่อยครั้งกว่าประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

แนวคำตอบ เนื่องจากทั้งสองประเทศเป็นหมู่เกาะตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันทำให้บนเกาะมีภูเขาไฟเป็นจำนวนมาก

7. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องผลจากภูเขาไฟระเบิดต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข่าวเกี่ยวกับภูเขาไฟที่เกิดขึ้นทั่วโลก และให้นักเรียนนำเสนอผลการสืบค้นกลุ่มละ 1 เหตุการณ์ โดยให้นักเรียนนำเสนอตามประเด็นดังต่อไปนี้

- ตำแหน่งของภูเขาไฟบนแผ่นธรณี และประเทศที่ภูเขาไฟนั้นตั้งอยู่
- ลักษณะการปะทุ (รุนแรงมาก/น้อย) สิ่งที่ปะทุออกมาจากภูเขาไฟ
- ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

8. ครูนำอภิปรายร่วมกัน โดยให้นักเรียนเปรียบเทียบเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดของกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น ๆ ว่ามีประเด็นใดบ้างที่เหมือนกัน และมีประเด็นใดบ้างที่แตกต่างกัน โดยมีแนวทางการอภิปรายดังนี้

ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีและภูเขาไฟที่อยู่บริเวณกลางแผ่นธรณี มีลักษณะการปะทุ สิ่งที่ปะทุออกมา และเกิดความเสียหายและผลกระทบแตกต่างกัน ภูเขาไฟที่เกิดบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากันส่วนใหญ่ มีลักษณะสูงชันคล้ายรูปกรวย มีการปะทุที่รุนแรง และพ่นเถ้าภูเขาไฟได้สูงและอาจส่งผลกระทบได้เป็นบริเวณกว้าง ส่วนภูเขาไฟที่อยู่ในแผ่นธรณีมีลักษณะฐานกว้างและความสูงไม่มาก เมื่อเกิดการปะทุจะมีลาวาไหลออกจากปากปล่อง และมีการปะทุไม่รุนแรง มีเถ้าภูเขาไฟ เศษชิ้นภูเขาไฟ และแก๊สต่าง ๆ ในปริมาณไม่มาก จึงอาจส่งผลกระทบในพื้นที่นั้น ๆ

การปะทุของภูเขาไฟจะส่งผลโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ลาวาที่ไหลผ่านจะทำให้เกิดการลุกไหม้ไปทั่วบริเวณ เถ้าภูเขาไฟร้อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะทำให้พื้นที่ถูกปกคลุมด้วยชั้นเถ้าภูเขาไฟหนาจนเกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิต ส่วนกลุ่มแก๊สที่ปะทุออกมาอยู่ในอากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะทำอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของสิ่งมีชีวิต หากแก๊สเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นฝนกรด นอกจากนี้กลุ่มแก๊สและเถ้าภูเขาไฟที่แขวนลอยอยู่ในอากาศยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ภูเขาไฟที่อยู่ตามขอบทวีป และใต้มหาสมุทร เมื่อเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ทำให้บางส่วนของภูเขาไฟกล่มลงในมหาสมุทรซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสึนามิ

5. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับภูเขาไฟในประเทศไทย เพื่อให้ความรู้และเชื่อมโยงให้เห็นถึงประโยชน์หรือผลพลอยได้จากการเกิดภูเขาไฟระเบิด โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



ในประเทศไทยมีภูเขาไฟระเบิดหรือไม่ ทราบได้จากหลักฐานใด

แนวคำตอบ ประเทศไทยมีภูเขาไฟที่ดับแล้วอยู่หลายแห่ง เช่น เขากระโดง และเขาพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ นักธรณีวิทยาทราบว่าบริเวณนั้นเคยเป็นภูเขาไฟมาก่อนเนื่องจากบางแห่งยังพบร่องรอยของปากปล่องภูเขาไฟ หรือลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากการเย็นตัวของแมกมา ในบางพื้นที่พบหินภูเขาไฟและพบแร่กลุ่มอัญมณีที่แมกมาพาขึ้นมา



นอกจากการเกิดภูเขาไฟระเบิดจะเกิดความเสียหายแล้ว นักเรียนคิดว่าภูเขาไฟระเบิดมีผลดีหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ตามหนังสือหน้า 151 การเกิดภูเขาไฟระเบิดนอกจากจะสร้างความเสียหายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมแล้ว ภูเขาไฟยังให้ประโยชน์ให้แก่มนุษย์อีกด้วย เนื่องจากแมกมาที่ขึ้นมาบนผิวโลกจะแข็งตัวกลายเป็นหินชนิดต่าง ๆ เช่น หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรณีที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ และเมื่อหินพุพองก็จะกลายเป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน นอกจากนี้แมกมายังนำแร่ที่ตกผลึกภายในโลกขึ้นมาด้วย เช่น คอรัันดัม การ์เน็ต สปิเนล ซึ่งเป็นแร่ในกลุ่มอัญมณีที่สำคัญในประเทศไทยพบแหล่งอัญมณีในหลายจังหวัด เช่น จันทบุรี ตราด กาญจนบุรี ภูเขาไฟในประเทศไทยเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิทและเกิดการพุพองไปบางส่วน แต่ยังมีหลักฐานร่องรอยให้เห็นว่าเป็นปากปล่องภูเขาไฟ นอกจากนี้โครงสร้างที่เกิดจากการแข็งตัวของลาวากลายเป็นเสาหิน เช่น เสาหินที่วัดแสนตม จังหวัดตราด เสาหินที่บ้านน้ำเดือด จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำให้กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยว

6. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกัน โดยมีแนวทางในการสรุปดังนี้

- ภูเขาไฟระเบิดเกิดขึ้นจากแมกมาปะทุและพุ่งขึ้นมาตามแนวรอยแตกของเปลือกโลก ส่วนมากจะเกิดตามแนวรอยแตกของแผ่นธรณีและเกิดตรงจุดร้อน
- ภูเขาไฟระเบิดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต โดยทำให้เกิดการลุกไหม้และการหลอมของสิ่งต่างๆ บนผิวโลกและทำให้สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นเปลี่ยนไป
- ภูเขาไฟระเบิดมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ถ้าภูเขาไฟ หินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟ ทำให้ดินมีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูก หินภูเขาไฟบางบริเวณนำอัญมณีขึ้นสู่ผิวโลก นอกจากนั้นยังทำให้เกิดภูมิลักษณะภูเขาไฟที่สวยงาม

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากภูเขาไฟระเบิด 2. แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 7.1 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ผลการทํากิจกรรม 7.1 ในการวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลตำแหน่งภูเขาไฟที่สัมพันธ์กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณี 2. การนำเสนอผลการทํากิจกรรม 7.1 3. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: ความใจกว้าง	การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม



ความรู้เพิ่มเติม

ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้ร่องรอยภูเขาไฟ และหินภูเขาไฟในประเทศไทย

1. เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ พบการแพร่กระจายของหินบะซอลต์ และพบปล่องภูเขาไฟ 2 ปล่อง
2. ภูเขาไฟอังคาร ตำบลบ้านเจริญสุข อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์เป็นภูเขาไฟชนิดหินบะซอลต์ที่เกิดจากลาวาหลาก
3. หินบะซอลต์ในพื้นที่จังหวัดตราด จันทบุรี เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะธรณีสัณฐาน ภูเขาไฟและลาวาหลากและพบว่าหินบะซอลต์ที่แผ่กระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่เป็นหินแร่ในกลุ่มอัณมณีที่สำคัญคือพลอย
4. เสาหินบะซอลต์ วัดแสนตม อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด เป็นหินบะซอลต์ที่มีลักษณะรอยแตกแยกจากกัน
5. น้ำตกสามหลั่น อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรีเป็นน้ำตกในพื้นที่หินภูเขาไฟและหินทัฟฟ์ชนิดไรโอไลต์จัดเป็นกลุ่มหินภูเขาไฟเขาใหญ่ มีอายุประมาณ 230 ล้านปี พบลักษณะเฉพาะของเนื้อหินแสดงแนวชั้นของการไหลหลากของหินภูเขาไฟซ้อนทับกัน
6. ปล่องภูเขาไฟดอยผาคอกหินฟูและดอยผาคอกจำปาแดด อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางเป็นภูเขาไฟชนิดหินบะซอลต์ยุคควอเทอร์นารีเกิดจากแมกมาภายใต้โลกปะทุขึ้นมาสู่ผิวโลกเป็นลาวา เกิดการเย็นตัวแข็งตัวและตกผลึกเป็นหินบะซอลต์ลักษณะภูเขาไฟประเภทนี้มีความสูงไม่มากนัก

7. หินภูเขาไฟบริเวณเขาหลวง จังหวัดสุโขทัยประกอบด้วยหินกรวดภูเขาไฟ ส่วนใหญ่เป็น หินไรโอไลต์
8. แนวหินภูเขาไฟบริเวณด้านตะวันตกจังหวัดอุทัยธานี แนวหินภูเขาไฟบริเวณด้านใต้ จังหวัดนครสวรรค์ อำเภอท่าตะโก หินส่วนใหญ่ เป็น หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ และ หินชั้นภูเขาไฟ
9. หินภูเขาไฟบริเวณอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยหินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟฟ์และหินกรวดภูเขาไฟ
10. หินภูเขาไฟบริเวณอำเภอลำน้ำราชมัย จังหวัดลพบุรี หินส่วนใหญ่เป็นหินแอนดีไซต์ เนื้อดอก หินบะซอลต์-แอนดีไซต์ หินเพอร์ไลต์ หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์
11. หินภูเขาไฟไรโอไลต์ ที่เกิดในพื้นที่ฝั่งทะเลภาคตะวันออกกระจายตัวอยู่บริเวณ ด้านทิศใต้ของอำเภอสระแก้ว-จันทบุรี ตอนเหนือของเขาสอยดาว และบริเวณเกาะช้าง จังหวัดตราด
12. หินบะซอลต์ที่มีอายุในช่วง $11.29 - 0.11$ ล้านปี พบกระจายในบริเวณต่อไปนี้ บ้านช่างเคียน จังหวัดเชียงราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ อำเภอลำน้ำราชมัย จังหวัดลพบุรี อำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เขापลอยแหวน จังหวัดจันทบุรี ด้านตะวันออกของ จังหวัดจันทบุรีและเกาะกูด จังหวัดตราด เขาระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ และภูฝ้าย จังหวัดศรีสะเกษ

7.2. แผ่นดินไหว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาด และความรุนแรงของแผ่นดินไหว
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>
3. ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหว <https://earthquake.usgs.gov/>
4. ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยเมื่อเกิดแผ่นดินไหว <http://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/types-of-emergencies/earthquake>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับแผ่นดินไหว และตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ดังตัวอย่างคำถามต่อไปนี้



นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ในวิดีโอเป็นภัยพิบัติใด

แนวคำตอบ แผ่นดินไหว หรือนักเรียนอาจตอบตามความคิดของตนเอง



นักเรียนสังเกตเห็นผลกระทบใดบ้างจากเหตุการณ์ดังกล่าว

แนวคำตอบ อาคารและบ้านเรือนเสียหาย เกิดการสั่นสะเทือน แผ่นดินแยก



แผ่นดินไหวเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ แผ่นธรณีมีการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในรูปของคลื่นไหวสะเทือนเนื่องจากการเคลื่อนที่เสียดสีหรือชนกัน หรือนักเรียนอาจตอบตามความรู้เดิม

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและปฏิบัติกิจกรรม 7.2 เพื่อศึกษาว่าแผ่นดินไหวมีกระบวนการเกิดอย่างไร



กิจกรรม 7.2 กลไกการเกิดแผ่นดินไหว

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายผลที่เกิดกับแผ่นไม้เมื่อมีแรงมากระทำ

เวลา 45 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

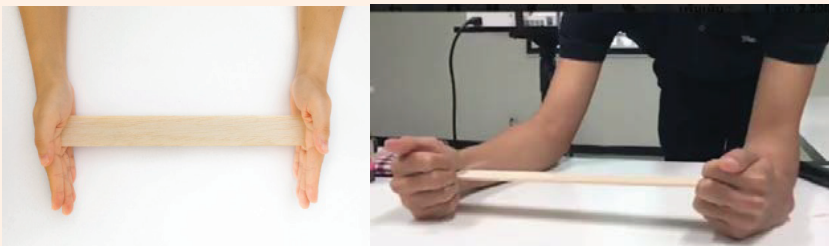
1. ไม้บัลซาร์ ขนาดประมาณ
กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตรหนา 0.3 เซนติเมตร 1 แผ่น

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูอาจแนะนำให้นักเรียนบันทึกภาพเคลื่อนไหวแบบ slow motion ขณะทำการทดลองเพื่อช่วยในการสังเกต
2. การดันแผ่นไม้ควรวางมือตามรูปโดยให้ศอกและแขนวางลงบนโต๊ะเพื่อจะได้มั่นคง

วิธีการทำกิจกรรม

1. เตรียมตัวดันปลายไม้ โดยวางมือและแผ่นไม้ ดังรูป



รูปการดันแผ่นไม้บัลซาร์

- 2. ใช้มือสองข้างดันปลายไม้เข้าหากันอย่างช้า ๆ พร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นไม้ เสียง และการสั่นสะเทือนของแผ่นไม้ ตั้งแต่เริ่มต้นแผ่นไม้จนกระทั่งแผ่นไม้หัก และบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ลงในตาราง
- 3. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นไม้ในแต่ละขั้นตอน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผล

สิ่งที่สังเกตได้ ขั้นตอน	การเปลี่ยนแปลง ลักษณะ ของแผ่นไม้	การสั่นสะเทือน มี/ไม่มี	เสียงไม้หัก มี/ไม่มี
1. ก่อนดันแผ่นไม้	-	-	-
2. ขณะดันแผ่นไม้	ไม่เกิดการโค้งงอ	รู้สึกถึงการสั่น สะเทือนเล็กน้อย	-
3. ขณะที่แผ่นไม้หัก	ไม่เปลี่ยนจากโค้งงอ เป็นแตกหักออกจาก กัน	รู้สึกถึงการสั่น สะเทือน	-
4. หลังจากแผ่นไม้หัก	ไม่แตกหักออกจาก กัน แต่กลับมาเป็น แผ่นตรงไม่โค้งงอ เหมือนขณะที่ดัน แผ่นไม้	-	ได้ยินเสียง ไม้หัก

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อออกแรงกระทำกับแผ่นไม้ แผ่นไม้เริ่มเกิดการโค้งงอ แรงที่กระทำกับแผ่นไม้ถูกสะสมไว้ในแผ่นไม้ เมื่อออกแรงกระทำกับแผ่นไม้เพิ่มขึ้นทำให้แผ่นไม้โค้งงอมากขึ้นและเกิดการหักในที่สุด พลังงานที่สะสมอยู่ในแผ่นไม้จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นของแผ่นไม้และเสียงไม้หัก จากนั้นจะเห็นว่าแผ่นไม้มีการปรับสภาพเป็นแผ่นตรงเหมือนก่อนที่จะมีแรงมากระทำ

คำถามท้ายกิจกรรม



การที่แผ่นไม้มีการโค้งงอจนกระทั่งหักนั้นเนื่องมาจากสาเหตุใด

แนวคำตอบ เนื่องจากมีแรงมากระทำกับแผ่นไม้



เมื่อเริ่มต้นดันแผ่นไม้จนกระทั่งแผ่นไม้หัก นักเรียนออกแรงเท่ากันหรือไม่

แนวคำตอบ ไม่เท่ากันแต่ออกแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



เมื่อแผ่นไม้ไม่สามารถทนต่อแรงที่มากระทำ แผ่นไม้จะมีการเปลี่ยนลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ เกิดการหัก



ขณะที่แผ่นไม้หัก มีสิ่งใดเกิดขึ้นบ้าง

แนวคำตอบ เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นไม้ และเสียงไม้หัก



หลังจากแผ่นไม้หักออกจากกันแล้ว แผ่นไม้ยังคงโค้งงออยู่หรือไม่ และมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อแผ่นไม้หักออกจากกัน แผ่นไม้ที่เคยโค้งงอจะกลับมาเป็นแผ่นตรง

3. ครุณำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากกิจกรรม 7.2 กับการเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้



จากกิจกรรมข้างต้นหากกำหนดให้แผ่นไม้แทนหิน การใส่แรงกระทำต่อไม้จะเปรียบได้กับสิ่งใดในการเกิดแผ่นดินไหว

แนวคำตอบ แรงที่กระทำต่อแผ่นไม้เปรียบได้กับแรงที่มากระทำกับหิน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและสาเหตุอื่น ๆ



ในขั้นตอนใดของกิจกรรมที่เปรียบได้กับการเกิดแผ่นดินไหว

แนวคำตอบ ขณะที่แผ่นไม้หัก นักเรียนจะได้ยินเสียงและรู้สึกถึงการสั่น เช่นเดียวกันกับการเกิดแผ่นดินไหวเมื่อหินสะสมพลังงานไว้จนถึงระดับที่ไม่สามารถทนได้อีกต่อไป จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างฉับพลันในรูปแบบของคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นดิน

4. ครูสรุปความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ตามหนังสือเรียนหน้า 155 ดังนี้
แผ่นดินไหวเกิดขึ้นจากแผ่นธรณีมีการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเสียดสีและ/หรือชนกัน เกิดการสะสมพลังงานในชั้นหินบนแผ่นธรณี จนกระทั่งชั้นหินเกิดการแตกหักและเคลื่อนตัวอย่างกระทันหัน ปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นไหวสะเทือน เกิดเป็นแผ่นดินไหว

5. ครุณำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนอ่านข่าวเกี่ยวกับแผ่นดินไหว ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้จากนั้นถามคำถามดังต่อไปนี้



จากข่าวแผ่นดินไหวของนักเรียนและเพื่อน ๆ ทราบได้อย่างไรว่าเหตุการณ์ใดคือแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ และมีความรุนแรงมากกว่ากัน

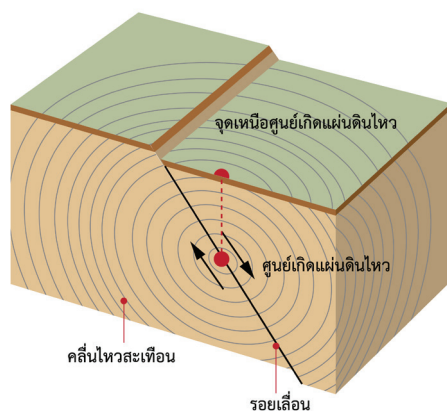
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง หรือตอบจากข่าวได้ว่าดูขนาดของแผ่นดินไหวจากตัวเลขที่รายงานตามมาตราริกเตอร์หรือมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว และความรุนแรงดูจากความเสียหายที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด



จากรูป ในข่าว นักเรียนคิดว่าบริเวณใดที่มีการปลดปล่อยพลังงานที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง โดยครูจะต้องให้ข้อมูลว่าบริเวณที่ปลดปล่อยพลังงานที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว ไม่ใช่จุดที่อยู่บนพื้นดิน แต่เป็นบริเวณที่อยู่ลึกลงไปใต้ผิวโลก

6. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับศูนย์เกิดแผ่นดินไหว จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว และคลื่นไหวสะเทือน โดยใช้ภาพ 7.10 ในหนังสือเรียนหน้า 156 และอธิบายเชื่อมโยงจากข่าวว่าจะรายงานพิภตภูมิศาสตร์ของจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งก็คือ จุด ก ในภาพ และรายงานระดับความลึกของจุดเกิดแผ่นดินไหว ระยะห่างจากจุด ก ไปถึงจุด ข โดยจุด ข เป็นบริเวณที่ปลดปล่อยพลังงานทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ



จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถาม ดังนี้



ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวและจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวคือตำแหน่งภายในโลกที่เป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวและเป็นจุดกำเนิดคลื่นไหวสะเทือน ส่วนจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวคือตำแหน่งบนผิวโลกที่ตรงกับตำแหน่งศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

7. ครูให้นักเรียนดูแอนิเมชันเรื่องคลื่นไหวสะเทือน แนะนำ https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/1component_seismogram_building_responds_to_p_s_surface_waves เพื่อศึกษาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่บันทึกได้จากเครื่องวัดคลื่นไหวสะเทือน จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังนี้



นักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้างจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

แนวคำตอบ ข้อมูลแอมพลิจูดที่แตกต่างกันของคลื่น 3 เหตุการณ์ คือ คลื่นปฐมภูมิ คลื่นทุติยภูมิ และคลื่นพื้นผิว



นักเรียนคิดว่าคลื่นในเหตุการณ์ใดที่น่าจะก่อให้เกิดความเสียหายกับอาคาร บ้านเรือนมากที่สุด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ คลื่นในเหตุการณ์ที่ 3 เนื่องจากมีแอมพลิจูดสูงที่สุด

8. ครูและนักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกันเกี่ยวกับขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหวดังต่อไปนี้

แนวทางการอภิปรายสรุป การวัดขนาดของแผ่นดินไหวเป็นการวัดปริมาณพลังงานของคลื่นไหวสะเทือน จากเครื่องวัดคลื่นไหวสะเทือน โดยวัดคลื่นไหวสะเทือนจากทิศทางต่าง ๆ แล้วคำนวณออกมาเป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณศูนย์เกิดแผ่นดินไหว โดยใช้มาตราริกเตอร์ หรือมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว ส่วนความรุนแรงของแผ่นดินไหววัดได้จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุ หรืออาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ มาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว

9. จากนั้นครูถามคำถามเพื่อขยายความรู้ดังตัวอย่าง



ปัจจัยใดที่มีผลต่อความรุนแรงในการเกิดแผ่นดินไหว

แนวคำตอบ การเกิดแผ่นดินไหวแต่ละครั้งก่อให้เกิดความเสียหายแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ขนาดของแผ่นดินไหว ความลึกของศูนย์เกิดแผ่นดินไหวจากผิวโลก ลักษณะของพื้นที่และสิ่งปลูกสร้าง สมบัติของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เช่น ที่ราบลุ่มภาคกลาง กับแนวภูเขา



นักเรียนคิดว่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหวเสมอไปหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ ความรุนแรงของแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหวแต่ไม่เสมอไปแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งมีความรุนแรงแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวถึงสถานที่ที่ได้รับความเสียหายลักษณะภูมิประเทศประเภทของสิ่งก่อสร้างและระยะเวลาในการสั่นสะเทือนจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวอาจทำให้แผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กกว่ามีความรุนแรงมากกว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่าได้

10. ครูให้นักเรียนพิจารณารูปในหนังสือเรียนหน้า 161 แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของโลกและถามคำถามดังตัวอย่าง



จากรูป 7.14 บริเวณใดบ้างที่เกิดแผ่นดินไหวบ่อยกว่าบริเวณอื่น

แนวคำตอบ บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แนววงแหวนไฟ แนวเทือกเขาหิมาลัย และแนวเทือกเขาแอลป์

11. จากนั้นให้นักเรียนพิจารณารูป 7.15 แผนที่แสดงรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย และรูป 7.16 แผนที่ภัยพิบัติแผ่นดินไหวประเทศไทย ตามหนังสือเรียนหน้า 162-163 จากนั้นถามคำถามดังตัวอย่างต่อไปนี



นักเรียนคิดว่าจังหวัดในภาคใดของประเทศไทยที่เกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง

แนวคำตอบ ภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ภาคตะวันตก เช่น ตาก กาญจนบุรี และภาคใต้ เช่น ระนอง ภูเก็ต



ภาคใดของประเทศไทยที่มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่มาก

แนวคำตอบ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้



นักเรียนคิดว่ารอยเลื่อนมีพลังมีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวอย่างไร

แนวคำตอบ มีความสัมพันธ์กันโดยศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมักเกิดตรงบริเวณรอยเลื่อนมีพลังที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง บริเวณที่มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่หนาแน่นจะมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้มากที่สุด ส่วนบริเวณที่มีแนวรอยเลื่อนมีพลังอยู่น้อยหรือไม่มี จะมีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวได้น้อยกว่า



ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเช่น ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวน้อยมาก เพราะไม่พบกลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง



นักเรียนคิดว่าการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวมีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความคิดของตนเอง หรืออาจตอบว่า เพื่อวางแผนการใช้พื้นที่ให้เหมาะสม และเพื่อควบคุมการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดสูงสุดเท่าที่มีข้อมูลอยู่ในปัจจุบันได้

จากการอภิปรายและตอบคำถามนักเรียนควรสรุปได้ว่า

จากลักษณะทางธรณีวิทยาของประเทศไทย ประเทศไทยไม่ได้อยู่ในบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแต่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวในประเทศใกล้เคียงส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทยซึ่งรู้สึกได้บริเวณภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตกและภาคกลาง

ส่วนแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวอยู่ในประเทศไทยเกิดในบริเวณแนวรอยเลื่อนที่มีพลังส่วนมากอยู่ทางภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ ดังนั้นจะพบว่าบริเวณที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวมากที่สุด คือ ภาคเหนือและภาคตะวันตก ซึ่งอยู่ใกล้กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณี

12. ครูให้นักเรียนสืบค้นแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว โดยให้นักเรียนนำเสนอเป็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภาพ แผนผัง โปสเตอร์ การแสดงบทบาทสมมติ จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยสรุป แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวตามหนังสือเรียนหน้า 164-165 และอาจให้ดูวิดีโอจาก <http://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/types-of-emergencies/earthquake>

13. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกัน โดยมีแนวทางในการสรุปดังนี้

- แผ่นดินไหวเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่ ทำให้เกิดความเค้นกระทำต่อหินในแผ่นธรณี หินจะสะสมพลังงานไว้และเมื่อหินไม่สามารถทนต่อความเค้นได้ จะเกิดการแตกหักและเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน และปลดปล่อยพลังงานออกมาจากจุดกำเนิดในรูปของคลื่นไหวสะเทือน
- แผ่นดินไหวยังเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น ภูเขาไฟระเบิด ดินถล่ม การทดลองระเบิดนิวเคลียร์
- คลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ภายในโลก เรียกว่า คลื่นในตัวกลาง และเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ถึงบริเวณพื้นผิวโลกทำให้เกิดคลื่นพื้นผิว ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวโลกสั่นสะเทือนเกิดเป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกันไป

- เมื่อเกิดแผ่นดินไหว บริเวณต่าง ๆ ได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน บริเวณบนพื้นผิวโลกที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ **จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว** (epicenter) ซึ่งเป็นจุดบนพื้นผิวโลกที่อยู่เหนือบริเวณต้นกำเนิดของแผ่นดินไหวภายในโลก ที่เรียกว่า **ศูนย์เกิดแผ่นดินไหว** (focus)
- ขนาดของแผ่นดินไหววัดได้จากคลื่นไหวสะเทือนจะถูกบันทึกไว้ด้วย **เครื่องวัดคลื่นสะเทือน** (seismograph) จากนั้นคำนวณออกมาเป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณศูนย์เกิดแผ่นดินไหว โดยใช้มาตราริกเตอร์ หรือมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว
- ความรุนแรงของแผ่นดินไหววัดได้จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุหรือ อาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ มาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว
- พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จึงอยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แนววงแหวนไฟรอบมหาสมุทรแปซิฟิก (ring of fire) แนวเทือกเขาหิมาลัย และแนวเทือกเขาแอลป์
- แผ่นดินไหวในประเทศไทยเกิดขึ้นสัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลังที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศไทยมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง
- การปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหวจะต้องศึกษาวิธีการเตรียมตัวการก่อนการเกิดเหตุ แผ่นดินไหว ระหว่างเกิดแผ่นดินไหว และหลังเกิดแผ่นดินไหวอย่างถูกต้องและเหมาะสม

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว 2. แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 7.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 7.2 2. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: ความใจกว้าง	การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม

7.3 สึนามิ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดสึนามิ
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากสึนามิ
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากสึนามิ

แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>
3. ข้อมูลเกี่ยวกับสึนามิ <http://www.tsunami.noaa.gov/>
4. ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยเมื่อเกิดสึนามิ <http://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/types-of-emergencies/tsunami>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำรูปภาพหรือวิดีโอที่แสดงให้เห็นสึนามิที่กำลังเข้าปะทะชายฝั่งจากข่าวมาให้นักเรียนสังเกตเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



เหตุการณ์ในภาพเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดจากสึนามิ



สึนามิเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเอง



ประเทศไทยมีโอกาสเกิดสึนามิอีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเอง

2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 7.3 เพื่อศึกษาว่าสึนามิเกิดขึ้นได้อย่างไร



กิจกรรม 7.3 แบบจำลองการเกิดสึนามิ

จุดประสงค์กิจกรรม

สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการเกิดสึนามิ

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ตู้กระจก หรือกล่องพลาสติก กว้าง 5 เซนติเมตร
ยาว 100 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร 1 ใบ
2. น้ำ (ปริมาตรตามขนาดของตู้หรือกล่องพลาสติก)
3. ดินน้ำมันหรือวัสดุอื่นใดรองให้พื้นเอียง 1 ก้อน
4. แผ่นพลาสติกลูกฟูก
5. เชือก 2 เมตร (ใช้ขึงตามแนวระดับน้ำเพื่อช่วยในการสังเกต
และสำหรับร้อยกับแผ่นพลาสติกลูกฟูก) 1 เส้น
6. เทปผ้า 1 ม้วน
7. เทปใส 1 ม้วน

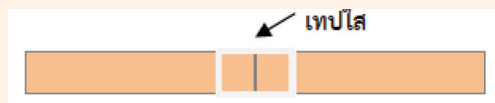
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจให้นักเรียนถ่ายภาพ slow-motion หรือทำเครื่องหมายตำแหน่งชายฝั่งและตำแหน่งที่คลื่นไปถึง เพื่อช่วยในการสังเกต

วิธีการทำกิจกรรม

1. เตรียมอุปกรณ์ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ตัดพลาสติกลูกฟูกให้มีความกว้างเท่ากับขนาดของตุ้ ความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น
- ใช้เทปใสติดแผ่นพลาสติกลูกฟูกเข้าด้วยกันดังรูป 1



รูป 1

- เจาะรูที่ปลายข้างหนึ่งของแผ่นพลาสติกลูกฟูก 2 ช่อง ดังรูป 2



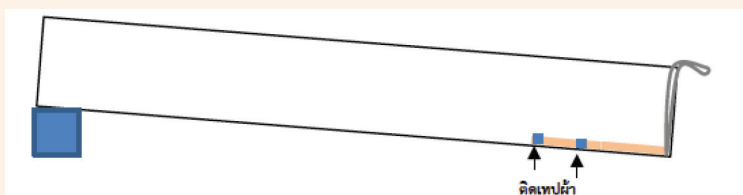
รูป 2

- ร้อยปลายเชือกเข้าไปในรูทั้งสองและมัดปมไว้ ดังรูป 3



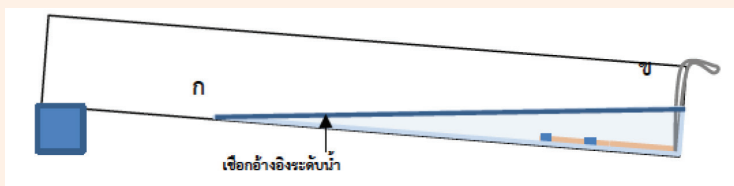
รูป 3

- ติดปลายแผ่นพลาสติกลูกฟูกด้านที่ไม่มีเชือกให้แนบกับพื้นตู้โดยให้ชิดด้านใดด้านหนึ่งของตู้ ดังรูป 4



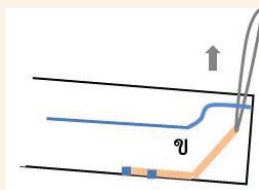
รูป 4

- เทน้ำลงในตู้ให้สูงประมาณครึ่งหนึ่งของด้านที่เอียงลง หรือเมื่อเอียงตู้ลงแล้วให้น้ำท่วมลึกเข้าไป 2 ใน 3 ส่วนของความยาวตู้จากนั้นใช้เชือกขึงที่ด้านข้างของตู้ตามระดับน้ำ เพื่อทำเส้นอ้างอิงระดับผิวน้ำ ดังรูป 5



รูป 5

2. ทำให้เกิดคลื่นจากบริเวณ ข เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณ ก โดยดึงปลายเชือกขึ้นด้านบนอย่างรวดเร็ว ดังรูป 6

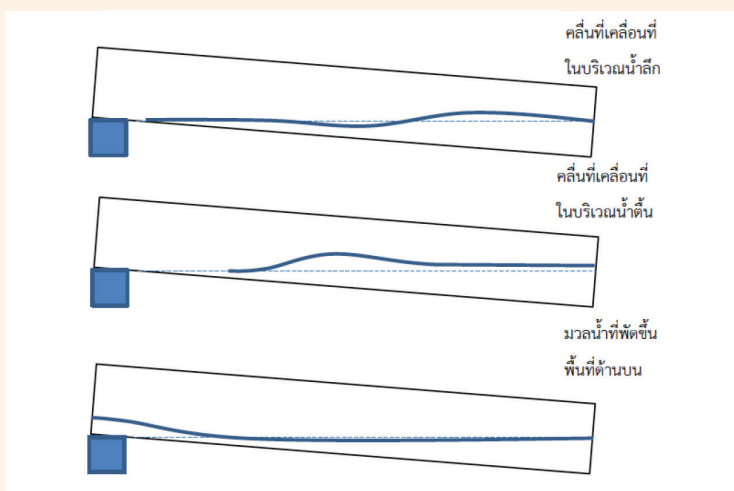


รูป 6

3. สังเกตระดับน้ำที่บริเวณ ข และความสูงคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อคลื่นเคลื่อนที่สู่บริเวณ ก โดยเปรียบเทียบกับเส้นเชือกที่ขึงไว้ตามแนวระดับน้ำ
4. นำเสนอผลการทำกิจกรรมและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดสึนามิในธรรมชาติ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อดึงเชือกเพื่อยกแผ่นพลาสติกขึ้นจะเกิดเหตุการณ์ดังรูป



สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อดึงเชือกเพื่อยกแผ่นพลาสติกถูกฟูกขึ้น จะทำให้ระดับน้ำบริเวณ ข สูงขึ้นและเกิดคลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณ ก ที่เป็นบริเวณน้ำตื้น เมื่อเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่ความลึกลดลง จะสังเกตเห็นความสูงคลื่นเพิ่มมากขึ้น ความยาวคลื่นลดลง และระดับน้ำใกล้ชายฝั่งลดลงต่ำกว่าระดับน้ำเดิม จากนั้นน้ำจะพัดขึ้นบนบริเวณ ก หรือบริเวณชายฝั่ง

คำถามท้ายกิจกรรม



ก่อนยกแผ่นพลาสติกขึ้น ระดับน้ำที่บริเวณ ก และ ข เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ บริเวณ ข มีระดับน้ำสูงประมาณ 1 ใน 2 ของความสูงตู้ บริเวณ ก เป็นที่ลาด จึงไม่มีน้ำ หรือมีน้ำตื้นกว่าบริเวณ ข



ขณะที่ยกแผ่นพลาสติกขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่บริเวณ ก และ ข เกิดอะไรขึ้นบ้าง

แนวคำตอบ ระดับน้ำที่บริเวณ ข สูงขึ้น และไหลไปทางบริเวณ ก



หลังจากยกแผ่นพลาสติกขึ้นและน้ำนิ่ง ระดับน้ำที่บริเวณ ก และ ข เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำที่ไหลจากบริเวณ ข มาสู่บริเวณ ก ไหลกลับไปสู่ที่เดิม ทำให้ระดับน้ำเท่ากับตอนก่อนยกแผ่นพลาสติก



หากเปรียบเทียบตู้ที่ใช้ในกิจกรรมเป็นมหาสมุทร บริเวณ ก และ ข จะเป็นบริเวณใดของมหาสมุทร

แนวคำตอบ บริเวณ ก เป็นบริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณ ข เป็นบริเวณกลางมหาสมุทร



หากเปรียบเทียบแผ่นพลาสติกเป็นพื้นมหาสมุทร เหตุการณ์ใดที่สามารถทำให้เกิดการยกตัวของพื้นมหาสมุทร

แนวคำตอบ แผ่นดินไหว การเคลื่อนตัวของแผ่นธรณีและรอยเลื่อน

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมและตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบดังด้านบน

4. ครูให้นักเรียนศึกษาหนังสือเรียนหน้า 169-170 เกี่ยวกับกระบวนการเกิดและผลจากการเกิดสึนามิ จากนั้นนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากการทำกิจกรรมกับกระบวนการเกิดสึนามิโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



บริเวณที่ความลึกมาก สึนามิมีลักษณะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ความสูงคลื่นน้อย ความยาวคลื่นมาก และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง



เมื่อสึนามิเคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณชายฝั่งน้ำตื้น สึนามิเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

แนวคำตอบ ความสูงคลื่นเพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นและความเร็วลดลง ทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่พัดขึ้นชายฝั่ง



จากแบบจำลอง ลักษณะของสึนามิในธรรมชาติเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ บริเวณน้ำลึกหรือกลางมหาสมุทร สึนามิมีความยาวคลื่นมากแต่ความสูงคลื่นน้อย แต่เมื่อเคลื่อนที่มายังบริเวณน้ำตื้นหรือใกล้ชายฝั่งความยาวคลื่นจะลดลงแต่ความสูงคลื่นจะเพิ่มขึ้น และทำให้ระดับน้ำบริเวณชายฝั่งลดลง จากนั้นมวลน้ำจึงพัดขึ้นชายฝั่ง



คลื่นในแบบจำลองเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดการแทนที่ของมวลน้ำอย่างฉับพลัน



ในธรรมชาติ มีเหตุการณ์ใดบ้างที่ทำให้เกิดการแทนที่ของมวลน้ำจนเกิดเป็นสึนามิ

แนวคำตอบ การเลื่อนตัวของแผ่นธรณีในแนวดิ่งเนื่องจากแผ่นดินไหวใต้มหาสมุทร แผ่นดินถล่มขนาดใหญ่ใต้ทะเล การระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล การพุ่งชนของดาวหางหรือดาวเคราะห์น้อย และการตกลูกของอุกกาบาตขนาดใหญ่ในมหาสมุทร การทดลองระเบิดนิวเคลียร์



มหาสมุทรใดมีโอกาสเกิดสึนามิมากที่สุด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มหาสมุทรแปซิฟิก เพราะมีแนวมุดตัวของแผ่นธรณีหรือที่เรียกว่า วงแหวนไฟซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินไหวใต้มหาสมุทรได้

5. ครูอภิปรายเพื่อขยายความรู้ให้กับนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดสึนามิ โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



การเกิดสึนามิจะมีคลื่นขนาดใหญ่เพียงระลอกเดียวใช่หรือไม่

แนวคำตอบ สึนามิจะไม่เกิดเพียงระลอกเดียว จะเกิดขึ้นได้หลายระลอกคลื่น และคลื่นลูกหลังอาจใหญ่กว่าคลื่นลูกแรก

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลจากสึนามิโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



สึนามิส่งผลกระทบต่อชายฝั่งทะเลอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ คำตอบอาจมีได้หลากหลาย เช่น สร้างความเสียหายให้กับอาคาร บ้านเรือน สถานที่ท่องเที่ยว เรือประมง ป่าชายเลน และปะการัง

7. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการเฝ้าระวังและเตือนภัยก่อนเกิดสึนามิ จากหนังสือเรียนหน้า 171 และเว็บไซต์ของศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ <http://www.ndwc.go.th> จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามต่อไปนี้



กระบวนการเตือนภัยสึนามิประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การตรวจวัดข้อมูล การประมวลผลจากข้อมูล และการประกาศเตือนภัย

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อลดผลกระทบจากสึนามิตามประเด็นดังต่อไปนี้

- การเตรียมความพร้อมก่อนเกิดสึนามิ
- การปฏิบัติตนขณะเกิดสึนามิ
- การปฏิบัติตนหลังเกิดสึนามิ

9. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 7.4 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย



กิจกรรม 7.4 แนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

จุดประสงค์กิจกรรม

นำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ควรแนะนำเกี่ยวกับแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ให้กับนักเรียน
2. ควรให้นักเรียนออกแบบสื่อก่อนลงมือทำจริง โดยครูเป็นผู้ตรวจทาน

สถานการณ์

สถานการณ์ที่ 1

“ถ้านักเรียนและครอบครัวเดินทางท่องเที่ยวไปประเทศที่มีภูเขาไฟ และจำเป็นต้องไปในพื้นที่เสี่ยงภัยภูเขาไฟระเบิด นักเรียนจะมีวิธีการเตรียมตัวอย่างไรเมื่อเจอเหตุการณ์ดังกล่าว”

สถานการณ์ที่ 2

“ถ้าเกิดแผ่นดินไหวขณะที่นักเรียนกำลังอยู่ในอาคารสูง และรู้สึกถึงความสั่นสะเทือน โคมไฟบนเพดานเริ่มแกว่งไปมา นักเรียนจะปฏิบัติตนอย่างไรให้ปลอดภัย”

สถานการณ์ที่ 3

“ถ้านักเรียนเป็นผู้นำชุมชนแห่งหนึ่งที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ นักเรียนจะมีการวางแผนรับมือ เตือนภัย และให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางในการปฏิบัติตนให้แก่ประชาชนในชุมชนอย่างไรบ้าง”

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนด และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น
 - ธรรมชาติและกระบวนการเกิดของธรณีพิบัติภัย
 - ผลที่เกิดจากธรณีพิบัติภัย
 - กรณศึกษาจากพื้นที่เสี่ยงภัย
2. สืบค้นข้อมูลองค์ความรู้ตามประเด็นที่ได้จากข้อ 1
3. ออกแบบการนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยตามสถานการณ์ที่กำหนด ด้วยสื่อรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผ่นพับ โปสเตอร์ แบบจำลอง บทบาทสมมุติ
4. รวบรวมความคิดเห็นที่ได้จากการนำเสนอมาปรับปรุงผลงานให้สมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนควรวิเคราะห์สถานการณ์และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ธรรมชาติและกระบวนการเกิดของธรณีพิบัติภัย

สถานการณ์ที่ 1 นักเรียนจะต้องเลือกพื้นที่ และภูเขาไฟในพื้นที่นั้น ๆ โดยนักเรียนจะต้องศึกษาถึงธรรมชาติและกระบวนการเกิดของของภูเขาไฟนั้น ๆ

สถานการณ์ที่ 2 นักเรียนควรศึกษาถึงธรรมชาติของการเกิดแผ่นดินไหวว่าคลื่นไหวสะเทือนนั้น ไม่ได้ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเพียงครั้งเดียวและอาจเกิดตามมามากหลายครั้ง

สถานการณ์ที่ 3 นักเรียนจะต้องเลือกพื้นที่ว่าชุมชนของนักเรียนจะเป็นพื้นที่ในจังหวัดใด และมีลักษณะทางภูมิศาสตร์อย่างไร จากนั้นศึกษาธรรมชาติและกระบวนการเกิดสึนามิว่าเกิดได้อย่างไรบ้าง

- ผลที่เกิดจากธรณีพิบัติภัย

สถานการณ์ที่ 1 ศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากภูเขาไฟในพื้นที่ที่นักเรียนเลือก เช่น ภูเขาไฟใน หมู่เกาะฮาวาย ภัยพิบัติส่วนมากเกิดจากการไหลของลาวา และแก๊สที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ

สถานการณ์ที่ 2 ศึกษาอันตรายขณะเกิดแผ่นดินไหวว่าเมื่อนักเรียนอยู่บนอาคารสูงจะสามารถเกิดอันตรายได้ขึ้นได้บ้าง เช่น การเกิดตึกถล่ม ของหนักหล่นทับ เกิดไฟไหม้

สถานการณ์ที่ 3 ศึกษาผลจากสึนามิที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ ว่าทำความเสียหายเป็นบริเวณกว้างเท่าใด

- กรณีศึกษาจากพื้นที่เสี่ยงภัย

สถานการณ์ที่ 1 ศึกษาว่าในพื้นที่ที่นักเรียนเลือกนั้นมีการวางแผนเตรียมความพร้อมและการป้องกันอย่างไรเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิด

สถานการณ์ที่ 2 ศึกษาว่าเมื่อเกิดแผ่นดินไหวและมีผู้ติดอยู่ในอาคารสูงในประเทศต่าง ๆ มีแนวทางในการปฏิบัติอย่างไรให้ปลอดภัย

สถานการณ์ที่ 3 ศึกษาว่าในพื้นที่ที่นักเรียนเลือกนั้นมีการวางแผนเตรียมความพร้อมและการป้องกันอย่างไรเมื่อเกิดสึนามิ

นักเรียนอาจนำเสนอเป็นแผนภาพแผนผัง โปสเตอร์ หรือแผ่นพับ (ตัวอย่างโปสเตอร์ แผ่นพับและสื่ออื่น ๆ ดาวน์โหลดได้จาก QR code ประจำบท)

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อต้องเข้าไปในพื้นที่เสี่ยงภัยธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ นักเรียนควรศึกษาแนวการเฝ้าระวัง และปฏิบัติตนให้ปลอดภัยในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งอาจมีบางขั้นตอนที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของพื้นที่ หรือระบบการเตือนภัยที่แตกต่างกัน

10. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบดังด้านบน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : - สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิด สึนามิ - แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัย จากภูเขาไฟ แผ่นดินไหว และสึนามิ	- ผลการปฏิบัติกิจกรรม 7.3-7.4 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม - การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ - แบบฝึกหัด
P: การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	- การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 7.3-7.4 - การออกแบบสื่อเกี่ยวกับธรณีพิบัติภัยในกิจกรรม 7.4 - การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับธรณีพิบัติภัยในกิจกรรม 7.4
A: - ความสนใจในวิทยาศาสตร์ - ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	- การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม - การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการปฏิบัติกิจกรรม - การค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากกรณีศึกษา



ความรู้เพิ่มเติม

สถิติการเกิดสึนามิของประเทศต่าง ๆ ในโลก ตั้งแต่ปี 2547 - 2560

วันที่	สถานที่	สาเหตุการเกิด	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
26 ธ.ค. 2547	มหาสมุทรอินเดีย	แผ่นดินไหว	เวลา 7.58 น. ตามเวลาในประเทศไทย (00:58 UTC) เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.3 บริเวณมหาสมุทรอินเดีย แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ทำให้เกิดสึนามิสูง 10-30 เมตร เข้ากระทบชายฝั่งโดยรอบมหาสมุทรอินเดีย ประมาณการว่ามีผู้เสียชีวิตจากแผ่นดินไหวครั้งนี้ใน 14 ประเทศมากกว่า 280,000 คน สำหรับประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจำนวนทั้งหมด 5,395 คน
17 ก.ค. 2549	ตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะชวา	แผ่นดินไหว	เวลาประมาณ 15.24 น. (UTC) ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.7 มีศูนย์กลางในทะเลด้านชายฝั่งทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะชวา ทำให้เกิดสึนามิสูงประมาณ 5 เมตร เข้าถล่มตลอดพื้นที่ชายฝั่งยาวกว่า 250 กิโลเมตร ตั้งแต่จังหวัดชวาตะวันตกไปจนถึงเมืองยอกยาคาร์ตา เหตุแผ่นดินไหวและสึนามิครั้งนี้ ทำให้มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 659 คน
2 เม.ย. 2550	หมู่เกาะโซโลมอน	แผ่นดินไหว	เวลา 14.39 น. (UTC) เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.1 ทางตะวันตกของหมู่เกาะโซโลมอน เกิดสึนามิสูง 12 เมตร มีผู้เสียชีวิต 52 คน
4 ธ.ค. 2550	รัฐบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา	ดินถล่ม	เกิดดินถล่มบริเวณ Chehalis Lake รัฐบริติชโคลัมเบีย แคนาดา ทำให้เกิดสึนามิขนาดใหญ่

วันที่	สถานที่	สาเหตุการเกิด	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
29 ก.ย. 2552	หมู่เกาะซามัว	แผ่นดินไหว	เวลา 17.48 น. (UTC) เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.1 บริเวณหมู่เกาะซามัว เกิดสึนามิสูง 14 เมตร มีผู้เสียชีวิต 189 คน
27 ก.พ. 2553	นอกชายฝั่งประเทศชิลี	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.8 นอกชายฝั่งประเทศชิลี เกิดสึนามิ มีผู้เสียชีวิต 525 คน
25 ต.ค. 2553	Mentawai เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.7 ใกล้ South Pagai island ประเทศอินโดนีเซีย เกิดสึนามิ มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 408 คน
22 ก.พ. 2554	เกาะใต้ ประเทศนิวซีแลนด์	แผ่นดินไหว ทำให้ภูเขา น้ำแข็งถล่ม	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.3 บริเวณ Canterbury region เกาะใต้ประเทศนิวซีแลนด์ ภูเขา น้ำแข็งถล่มจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ทำให้เกิดสึนามิสูง 3.5 เมตร
11 มี.ค. 2554	นอกชายฝั่งแปซิฟิกโทโฮะกุ	แผ่นดินไหว	เวลา 14.46 น. ตามเวลามาตรฐานญี่ปุ่น (05:46 UTC) เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.0 บริเวณนอกชายฝั่งญี่ปุ่น ทำให้เกิดคลื่นสูง 10-40.5 เมตร มีผู้เสียชีวิตและสูญหาย 18,550 คน
6 ก.พ. 2556	หมู่เกาะโซโลมอน	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.0 บริเวณหมู่เกาะโซโลมอน ทำให้เกิดคลื่นสูง 1 เมตร
21 ก.ค. 2557	อาซค์จ้า (Askja)	ดินถล่ม	เวลา 23.24 น. (เวลาที่ท้องถิ่น) เกิดดินถล่มบริเวณ Icelandic volcano Askja จากการประทุของภูเขาไฟ ทำให้เกิดสึนามิสูง 20 - 30 เมตร

วันที่	สถานที่	สาเหตุการเกิด	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
16 ก.ย. 2558	ชายฝั่งตะวันตกของประเทศชิลี	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.3 บริเวณชายฝั่งตะวันตกของประเทศชิลี ทำให้เกิดสึนามิสูง 4.88 เมตร
14 พ.ย. 2559	เมืองไคคูรา (Kaikoura) ประเทศนิวซีแลนด์	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.5-7.8 บริเวณเกาะใต้ ประเทศนิวซีแลนด์ ทำให้เกิดสึนามิสูง 2.5 เมตร เข้ากระทบเมืองไคคูรา และชายหาดอื่น ๆ
17 มิ.ย. 2560	ประเทศกรีนแลนด์	ดินถล่ม	เกิดดินถล่มลงในแม่น้ำ Karrat fjord เกิดสึนามิสูง 90 เมตร มีผู้เสียชีวิต 4 คน

จัดทำโดย : กลุ่มงานวิชาการการเตือนภัย ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ
กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ระบบแจ้งเตือนสึนามิ

การตรวจวัดสึนามินั้นทำได้ยาก การสำรวจจากเครื่องบินหรือดาวเทียมไม่สามารถทำได้ เนื่องจากเมื่อสึนามิอยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงน้อยมาก องค์การบริหารบรรยากาศและมหาสมุทร (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา จึงพัฒนาระบบตรวจวัดสึนามิขึ้น ซึ่งประกอบด้วยระบบตรวจเก็บ บันทึกข้อมูลใต้ทะเล และหุ่นลอยส่งสัญญาณผิวทะเล รวมเรียกว่า DART (Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunami System) ซึ่งจะติดตั้งระบบตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนไว้ที่พื้นมหาสมุทร ระบบตรวจวัดจะเก็บข้อมูลแผ่นดินไหวและส่งสัญญาณไปยังหุ่นลอยซึ่งอยู่บนผิวน้ำ เพื่อรีเลย์สัญญาณไปยังดาวเทียม GOES และส่งกลับลงบนสถานีภาคพื้นอีกทีหนึ่ง

ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบ DART II ขึ้น โดยมีการติดตั้งระบบตรวจวัดและส่งสัญญาณข้อมูลต่าง ๆ ทั้งความดันของน้ำทะเล การสั่นสะเทือนของเปลือกโลก และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไปยังหุ่นลอยบนผิวน้ำ ในขณะที่หุ่นลอยบนผิวน้ำจะเก็บวัดข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ อุณหภูมิ และ ความกดอากาศ แล้วส่งข้อมูลทั้งหมดผ่านดาวเทียม Iridium ไปยังฐานรับส่งข้อมูลสึนามิบนฝั่ง เพื่อแจ้งเตือนให้ประชาชนและชาวประมงในพื้นที่ได้รับอพยพออกจากบริเวณที่อันตราย

ที่มา : https://nctr.pmel.noaa.gov/Dart/dart2_ref.html ; <http://dpm.nida.ac.th>;
<http://www.lesa.biz/earth/lithosphere/geological-phenomenon/tsunami>



แบบฝึกหัดท้าย

1 จงทำเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย (✗) หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	โจทย์
✗	1. ภูเขาไฟบนหมู่เกาะฮาวายเกิดบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นธรณี
✓	2. ไอน้ำเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ได้จากการปะทุของภูเขาไฟ
✗	3. แผ่นดินไหวปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นไหวสะเทือนที่จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว
✓	4. มาตราริกเตอร์เป็นมาตราที่วัดพลังงานของแผ่นดินไหวที่ปล่อยออกมา
✗	5. เมื่อเกิดแผ่นดินไหว หากนักเรียนอยู่ที่ในโรงให้หลบเข้าไปในอาคาร
✓	6. สึนามิเป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากเมื่อเคลื่อนที่อยู่ในทะเลลึก
✓	7. สึนามิสามารถหาคาบอุบัติซ้ำได้จากการศึกษาจำนวนชั้นและอายุของตะกอนสึนามิในอดีต
✗	8. ไม่ควรสร้างบ้านเรือนใกล้กับบริเวณที่เคยมีการปะทุของภูเขาไฟที่ดับสนิท
✓	9. เมื่อรู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว หรือพบว่าระดับน้ำทะเลลดลงผิดปกติ ให้รีบหนีขึ้นที่สูง หรือออกห่างจากชายฝั่งให้มากที่สุด
✓	10. หากชาวประมงอยู่บนเรือหาปลาใกล้ชายฝั่ง และได้รับสัญญาณเตือนว่าเกิดสึนามิขึ้น ชาวประมงควรนำเรือออกไปกลางทะเลให้ไกลชายฝั่งมากที่สุด

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

2.1 แอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือนที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในด้านใด

1. คำนวณขนาดของแผ่นดินไหว*

2. คำนวณหาจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว
3. คำนวณหาความยาวของคลื่นแผ่นดินไหว
4. คำนวณหาคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว

2.2. ข้อมูลใดผิดเกี่ยวกับมาตราเมอร์คัลลี

1. เป็นการเก็บข้อมูลจากความรู้สึกของคนที่อยู่ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวเท่านั้น*

2. ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงออกมาเป็นแผนที่แสดงระดับความเสียหายได้
3. ระดับความเสียหายจะลดลงเมื่ออยู่ห่างจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมากขึ้น
4. การทำแผนที่แสดงระดับความเสียหายจากแผ่นดินไหวด้วยมาตราเมอร์คัลลีจะทำให้หลังจากเกิดแผ่นดินไหวแล้ว

2.3. มาตรารวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่สำรวจจากผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งปลูกสร้างคือมาตราใด

1. มาตราริกเตอร์
2. มาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว

3. มาตราเมอร์คัลลี*

4. มาตราโมส์

2.4. บริเวณใดที่เกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรงและบ่อยครั้งที่สุดในโลก

1. แนวเทือกเขาแอลป์ และเทือกเขาหิมาลัย
2. แนวสันเขากลางมหาสมุทรอินเดีย และอาร์กติก
3. แนวรอยต่อของแผ่นธรณีรอบมหาสมุทรแปซิฟิก*
4. แนวสันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก

3. จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ภูเขาไฟระเบิดเป็นสาเหตุทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ แรงดันของแมกมาที่ขึ้นสู่ปากปล่อง การถล่มของปากปล่องอาจทำให้แผ่นดินสั่นสะเทือนเกิดเป็นแผ่นดินไหวได้

3.2 คลื่นไหวสะเทือนในธรรมชาติเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใดบ้าง

แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและรอยเลื่อนมีพลัง ภูเขาไฟระเบิด

3.3 แผ่นดินไหวเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ แผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน และแผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน

3.4 การประเมินความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลิต้องอาศัยข้อมูลใดบ้าง

แนวคำตอบ ข้อมูลจากความรู้สึกของผู้คน ความเสียหายของสิ่งของ สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ข้อมูลจากเครื่องวัดคลื่นไหวสะเทือน ข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหว เช่น การสั่นไหว หรือการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3.5 ส่วนมากสึนามิจะมีจุดกำเนิดในบริเวณที่มีความสัมพันธ์กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแบบใด

แนวคำตอบ แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน

3.6 เพราะเหตุใดการเกิดแผ่นดินไหวในทะเลในบางครั้งไม่ก่อให้เกิดสึนามิ

แนวคำตอบ การเกิดแผ่นดินไหวในบางครั้งไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแผ่นธรณีในแนวตั้ง และในบางครั้งมีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกเกินไป จึงไม่ทำให้เกิดสึนามิ

4. ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ของคำต่อไปนี้ (ใช้คำอื่นเพิ่มได้)

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว สึนามิ แผ่นธรณี แนวรอยต่อของแผ่นธรณี
สาเหตุการเกิด คลื่นไหวสะเทือน ลาวา ความยาวคลื่น ความสูงคลื่น
ขนาดของแผ่นดินไหว

ตัวอย่างผังมโนทัศน์



ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน โดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

1) แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

1.1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดตัวเลือกให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกเพียงหนึ่งตัวเลือก องค์ประกอบหลักของแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วย แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามเดียว แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามชุด แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โครงสร้างดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 (ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1)

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ได้ นอกจากนี้นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

1.2) แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความ

- 1. ข้อความ.....
- 2. ข้อความ.....
- 3. ข้อความ.....
- 4. ข้อความ.....
- 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็วและให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จโดยสมบูรณ์ในบางเนื้อทำได้ยาก

1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือกโดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่าในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้าข้อความในชุดคำถาม

ชุดคำถาม	ชุดคำตอบ
..... 1.	ก.
..... 2.	ข.
..... 3.	ค.
	ง.

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่ายตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน และเดาคำตอบได้ยากเหมาะสำหรับวัดความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือข้อความ 2 ชุด แต่ในกรณีที่นักเรียนจับคู่ผิดไปแล้วจะทำให้มีการจับคู่ผิดในคู่อื่น ๆ ด้วย

2) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดคำตอบเอง จึงมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความคิดออกมาโดยการเขียนให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยทั่วไปการเขียนตอบมี 2 แบบ คือ การเขียนตอบแบบเติมคำหรือการเขียนตอบอย่างสั้น และการเขียนตอบแบบอธิบาย รายละเอียดของแบบทดสอบที่มีการตอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

2.1) แบบทดสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือตอบอย่างสั้น

ประกอบด้วยคำสั่ง และข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนที่เว้นไว้เพื่อให้เติมคำตอบหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้แบบทดสอบยังอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ให้นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่าย มีโอกาสเดาได้ยาก และสามารถวินิจฉัยคำตอบที่นักเรียนตอบผิดเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องทางการเรียนรู้หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ แต่การจำกัดคำตอบให้นักเรียนตอบเป็นคำ วลี หรือประโยคได้ยาก ตรวจให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอภิปรายผลการทดลองก่อนลงข้อสรุป		

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องแต่ไม่เหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องตามหลักการปฏิบัติแต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองไม่ถูกต้อง
การทดลองตามแผนที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ มีการปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการข้ามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่มีการปรับปรุงแก้ไข

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

ทักษะที่ประเมิน	ผลการประเมิน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง และครบถ้วนสมบูรณ์	ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 3 ข้อ	ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ข้อ	ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 1 ข้อ

ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริงและสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลองตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอนไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนก ระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการ วิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไป ทดลองต่อบ้าน				
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะ ลอกผลการทดลองของเพื่อส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงาน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะ ประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ใน หนังสือ				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียน และมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำ ถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมดกำลังใจ				
ด้านความรอบคอบ 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง				
ด้านความมุ่งมั่นอดทน 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าชุดการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า				

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

วิธีการตรวจให้คะแนน

ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่าง ๆ เป็น 4 3 2 1 ข้อความที่มีความหมายเป็นทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละข้อความดังนี้

ระดับพฤติกรรมการแสดงออก	คะแนน
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
ไม่มีการแสดงออก	1

ส่วนของข้อความที่มีความหมายเป็นทางลบการกำหนดให้คะแนนในแต่ละข้อความจะมีลักษณะเป็นตรงกันข้าม

การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การให้คะแนนในภาพรวม เป็นการให้คะแนนที่ต้องการสรุปภาพรวมจึงประเมินเฉพาะประเด็นหลักที่สำคัญ ๆ เช่น การประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความรู้และการประเมินสมรรถภาพด้านการเขียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความถูกต้องของเนื้อหาความรู้ (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
เนื้อหาถูกต้องแต่ให้สาระสำคัญน้อยมาก และไม่ระบุแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญ แต่ยังไม่ครบถ้วน มีการระบุแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญครบถ้วน และระบุแหล่งที่มาของความรู้ชัดเจน	ดีมาก

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพด้านการเขียน (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาบางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสมและสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักได้ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เรียบเรียงเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดีมาก

2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เป็นการประเมินเพื่อต้องการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ และพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์ย่อย ๆ ในการประเมินเพื่อให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น ๆ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย มีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพ (แบบแยกองค์ประกอบย่อย)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการวางแผน	
ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้	ต้องปรับปรุง
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน และตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก
ด้านการดำเนินการ	
ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ต้องปรับปรุง
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	พอใช้
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์	ดี
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์	ดีมาก

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการอธิบาย	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2544). **ธรณีวิทยาประเทศไทย เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ 5 ธันวาคม 2542. (พิมพ์ครั้งที่ 1).** กรุงเทพฯ: กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2550). **ธรณีวิทยาประเทศไทย. (พิมพ์ครั้งที่ 2).** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญจ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). **พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา A-M. (พิมพ์ครั้งที่ 2).** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). **พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา N-Z. (พิมพ์ครั้งที่ 2).** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ดวงดาวและโลกของเรา. (พิมพ์ครั้งที่ 1).** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ. (พิมพ์ครั้งที่ 8).** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1).** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- Ahrens, C. D. (2009). **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and Environment. 9th ed.** Canada: Thomson Brook/Cole.
- Ahrens, C. D. and Robert Henson (2016). **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and Environment. 11th ed.** Canada: Thomson Brook/Cole.
- Alan P. Trujillo and Harold V. Thurman. (2014). **Essentials of Oceanography. 7th ed.** USA: Pearson Education.
- Allison, M. A., DeGaetano, A. T., Pasachoff, J. M. (2006). **Earth Science Teacher Edition.** Texas: HOLT RINEHART WINSTON.
- Danielson. E.W. (1989). **Earth Science.** New York: Macmillan Publishing Company.
- Dolgoft, A. (1996). **Physical Geology.** New York: D.C. Health and Company
- Kay, L., Palen, S., Smith, B., Blumenthal, G.(2013) , **21st Century Astronomy: Stars and Galaxies (4th ed.),** New York, W. W. Norton & Company.
- Kay, L., Palen, S., Smith, B., Blumenthal, G.(2013) , **21st Century Astronomy: The solar system (4th ed.),** New York, W. W. Norton & Company.

- Keith A. Sverdrup, Alison B. Duxbury and Alyn C. Duxbury. (2006). **Fundamental of Oceanography**. 5th ed. USA: McGraw-Hill.
- McConnell, D. Steer, D. (2015). **The Good Earth: Introduction to Earth Science (3rd ed.)** New York: McGraw-Hill Company.
- McDonough, W.F., Sun, S.-s. (1995, March). **The composition of the Earth. Chemical Geology**, 12(120), 223-253
- Montgomery, C.W. (1997). **Fundamentals of Geology**. The United State of America: The McGraw-Hill Company.
- Murray, J. (2000). **Astrophysics**, London: Christopher Bishop.
- Pasachoff, Jay M., 2002. **Astronomy : From the Earth to the Universe (6th ed.)**. SouthMelbourne, Thomson Learning.
- Seed, M. (1999), **Star and Galaxies**, Canada: Wadsworth Publishing.
- Shibata, S. et al., (2013, November). **Three-Dimensional Numerical Modeling of Underground Mining Method at Mae Moh Lignite Mine in Thailand**. ASEAN Forum on Clean Coal Technology, 11, 1-5
- Turk, J. (1991). **Modern Physical Geology**. The United State of America: Saunder College Publishing.
- Williams, L. (2012). **Earth Sciences Demystified**. The United State of America: The McGraw-Hill Company.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. เอลนีโญ. สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561. จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>
- โพสต์ทูเดย์. เอลนีโญ และลานีญา ผลกระทบกับสินค้าโภคภัณฑ์เกษตร. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2561. จาก <https://www.posttoday.com/finance/invest/434051>
- สมาคมดาราศาสตร์ไทย. **ปรากฏการณ์บั้งไฟพญานาค**: Retrieved Apr 2018, from <http://thaiastro.nectec.or.th>

EarthNow Project. **Effects of El Niño and La Niña on Phytoplankton and Fish:**

Retrieved August 31, 2018, from <http://sphere.ssec.wisc.edu/20130315/>

Eugene C Robertson. **The interior of the Earth:** Retrieved March 10, 2016, from

<http://pubs.usgs.gov/gip/interior>.

NARIT. **กล้องโทรทรรศน์วิทยุ Radio Telescope:** Retrieved May 2018, from [http://www.](http://www.narit.or.th/files/astronomy_media/2018/Booklet_Radio_telescope_2018)

[narit.or.th/files/astronomy_media/2018/Booklet_Radio_telescope_2018](http://www.narit.or.th/files/astronomy_media/2018/Booklet_Radio_telescope_2018)

NASA. **Mars Curiosity:** Retrieved April 2018, from [http://www.nasa.gov/mission_](http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html)

[pages/msl/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html)

NASA. **40 years of NASA spinoff:** Retrieved Jun 2018, from [http://www.nasa.gov/](http://www.nasa.gov/offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff)

[offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff](http://www.nasa.gov/offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff)

NASA. **Sunglasses, Technology, Technology NASA in Daily Life:** Retrieved March

12,2018, from https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/tech_benefits.html

NASA Content Administrator. **Aurora Sighted in the US:** Retrieved September 20,

2018, from [ww.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/20110927-](http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/20110927-Travis-Novitsky.html)

[Travis-Novitsky.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/20110927-Travis-Novitsky.html)

National Geographic. **La Niña:** Retrieved August 31, 2018, from

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/la-nina/>

LESA. **Galaxy:** Retrieved August 25, 2018, from www.lesa.biz/astronomy/galaxy

Steve Fox. **Perseid Meteor Shower 2016** from West Virginia: Retrieved

September 12,2018, from [http://www.nasa.gov/image-feature/perseid-](http://www.nasa.gov/image-feature/perseid-meteor-shower-2016-from-west-virginia)

[meteor-shower-2016-from-west-virginia](http://www.nasa.gov/image-feature/perseid-meteor-shower-2016-from-west-virginia)

University of Cambridge. **Galaxies & Clusters:** Retrieved August 25, 2016, from

www.damtp.cam.ac.uk/research/gr/public/cos_home.html

World Meteorological Organization. **Observation :** Retrieved March 5, 2018, from

[https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do /observatio](https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do/observatio)

World Meteorological Organization. **A CAREER IN METEOROLOGY :** Retrieved

August, 8, 2018, from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=353

คณะกรรมการการจัดทำคู่มือครุรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ
ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. ศ.ดร. ชูกิจ ลิมปิจำนงค์ | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้จัดทำคู่มือครุรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ
ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. นายสุพจน์ วุฒิสโณ | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นางพรณทิพา ธนากรโยธิน | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นางดาริกา วีรวินันทกุล | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นายวิทยา อินโท | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|-----------------------------|--|
| 9. นางฤทัย เพลงวัฒนา | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย |
| 10. นายนิทัศน์ ลิ้มผ่องใส | สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11. นางสาวโคกิตา อุไพพานิช | นักวิชาการอาวุโส สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา |
| 12. นางสาววิชุดาตรี กลับแสง | ตอนปลายสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 13. นางสาวรัมภา ศรีบางพลี | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย |
| 14. นางสาวกัญญจิต จันเสนา | สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

**คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ
ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ฉบับร่าง)**

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม | สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ |
| 2. รศ.ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 3. รศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 4. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชจิคุกร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. ผศ.ดร.วิชัย จูทะโกสือธีรกันนท | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชจิคุกร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 7. ผศ.อำนาจ สาธานนท์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 8. ดร.อัคนีวุธ ชะบางบอน | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 9. ผศ.ดร.กฤษณ์ วันอินทร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 10. ผศ.มาลี สุทธิโอภาส | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 11. ดร.จตุรงค์ สุนทรชาติ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 12. ผศ.ดร.พรทิพย์ ศิริภัทรชัย | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| | ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) กรุงเทพมหานคร |

13. นายนิพนธ์ ทรายเพชร
ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
14. นางสาวประไพร์ วิจารณ์
นักวิชาการอิสระ
15. นางสาวนิยม นิลผึ้ง
นักวิชาการอิสระ
16. นางมาลิน จันทรแสง
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการรัชดา
กรุงเทพมหานคร
17. นางกุลนาถ โชติสุตเสนห์
โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒
กรุงเทพมหานคร
18. นางสาวชุนหัทธ์ เทิดอวยพร
โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร
19. นายประเดิม วรรณทอง
โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์
20. นางพรทิพย์ สุธีธรรมานนท์
โรงเรียนเสาไห้ “วิมลวิทยานุกูล” จ.สระบุรี
21. นางพัชรี ศิลแสน
โรงเรียนโพนทองพัฒนวิทยา จ.ร้อยเอ็ด
22. นางปัญญาลักษณ์ เคารพพวงค์
โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช
จ.นครศรีธรรมราช
23. นางสาวจริญญา สันตตินปีวงศ์
โรงเรียนเดชะปัตตนิยานุกูล จ.ปัตตานี
24. นางสาวกฤษภา กุหลาบ
โรงเรียนอรัญประเทศ จ.สระแก้ว
25. ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันติพัฒน์
นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

1. รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม
2. รศ.ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย
3. รศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์
4. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชยจิสุกร
5. ผศ.ดร.วิชัย จูทะโกสิทธิ์กานนท์
6. ผศ.อำนาจ สาธานนท์
7. ดร.ไพศาล ตูประกาย
8. ดร.อัคนีวุธ ชะบางบอน
9. ผศ.ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
10. ดร.จตุรงค์ สุนธชาติ
11. นางสาวบุศราศิริ ณะ
12. นายสุพจน์ วุฒิสถาณ
13. นางฤทัย เพลงวัฒนา

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้เชี่ยวชาญ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ