



คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๔





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

วิชา

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

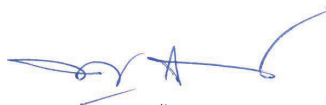
พ.ศ. ๒๕๖๑

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และยังมี บทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ จัดทำขึ้น เพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ ในรายวิชาเพิ่มเติม มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลย คำตอบ และแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการ พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากร ทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(นางพรพรรณ ไวทยางกูร)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่างๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุและรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณิโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการ วางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการจากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ จิตวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบเป็นดังนี้

- จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

- **สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้**

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ เช่น บัตรคำ วิดีทัศน์ เว็บไซต์ ซึ่งครูควรเตรียมล่วงหน้าก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้

- **แนวการจัดการเรียนรู้**

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- จุดประสงค์
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- วัสดุ และอุปกรณ์
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- 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

- **แนวทางการวัดและประเมินผล**

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผลดังภาคผนวก

- **เฉลยคำถาม**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- **เฉลยคำถามระหว่างเรียน**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- **เฉลยคำถามท้ายบทเรียน**

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

1

โครงสร้างโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	1
ผังมโนทัศน์	1
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	2
สาระสำคัญ	3
เวลาที่ใช้	3
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	4
1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก	4
แนวทางการวัดและประเมินผล	10
1.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	10
เฉลยกิจกรรม 1.1 การศึกษาค้นคว้าหาสาระที่ผ่าน	13
โครงสร้างโลก	
เฉลยกิจกรรม 1.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก	18
แนวทางการวัดและประเมินผล	22
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู	25
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	28

2

การแปรสัณฐาน ของแผ่นธรณี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	34
ผังมโนทัศน์	35
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	36
สาระสำคัญ	37
เวลาที่ใช้	37
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	38
2.1 แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน	38
เฉลยกิจกรรม 2.1 การสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่าทวีป	40
เคยอยู่ติดกันมาก่อน	
แนวทางการวัดและประเมินผล	47
2.2 แนวคิดทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรและหลักฐาน	47
สนับสนุน	
เฉลยกิจกรรม 2.2 แบบจำลองการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร	48
แนวทางการวัดและประเมินผล	52
2.3 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	52
เฉลยกิจกรรม 2.3 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	53
2.4 ธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่	57
ของแผ่นธรณี	
เฉลยกิจกรรม 2.4 ท่องโลกกว้างตามหาธรณีสัณฐานและ	58
ธรณีโครงสร้าง	
เฉลยกิจกรรม 2.5 การเปลี่ยนลักษณะของชั้นหิน	63
แนวทางการวัดและประเมินผล	68
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	69

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

3

ธรณีพิบัติภัย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	76
ผังมโนทัศน์	78
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	79
สาระสำคัญ	81
เวลาที่ใช้	81
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	82
3.1 ภูเขาไฟระเบิด	83
เฉลยกิจกรรม 3.1 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเกิด	84
ภูเขาไฟบนแผ่นธรณี	
เฉลยกิจกรรม 3.2 สืบรวจลักษณะและปัจจัยในการปะทุของ	91
ภูเขาไฟ	
แนวทางการวัดและประเมินผล	102
3.2 แผ่นดินไหว	105
เฉลยกิจกรรมที่ 3.3 กลไกการเกิดแผ่นดินไหว	105
แนวทางการวัดและประเมินผล	112
3.3 สึนามิ	113
เฉลยกิจกรรมที่ 3.4 แบบจำลองการเกิดสึนามิ	114
เฉลยกิจกรรมที่ 3.5 แนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจาก	119
ธรณีพิบัติภัย	
แนวทางการวัดและประเมินผล	121
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู	122
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	126

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
4		
การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา		
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	130
	ผังมโนทัศน์	131
	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	132
	สาระสำคัญ	133
	เวลาที่ใช้	133
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	134
	4.1 การลำดับชั้นหิน	134
	เฉลยกิจกรรมที่ 4.1 การวางตัวของชั้นหิน	135
	เฉลยกิจกรรมที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงทางธรณีที่ส่งผลต่อลำดับชั้นหิน	139
	เฉลยกิจกรรมที่ 4.3 เหตุการณ์ที่หายไป	146
	แนวทางการวัดและประเมินผล	150
	4.2 อายุทางธรณีวิทยา	151
	เฉลยกิจกรรมที่ 4.4 อายุเปรียบเทียบทางลำดับชั้นหิน	152
	แนวทางการวัดและประเมินผล	160
	ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู	161
	4.3 การเทียบสัมพันธ์	162
	เฉลยกิจกรรมที่ 4.5 การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา	163
	แนวทางการวัดและประเมินผล	168
	ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู	169
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	171
	ภาคผนวก (ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล)	179
	บรรณานุกรม	193
	คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	194

บทที่

1

| โครงสร้างโลก (Earth's structure)

goo.gl/bjqsaF

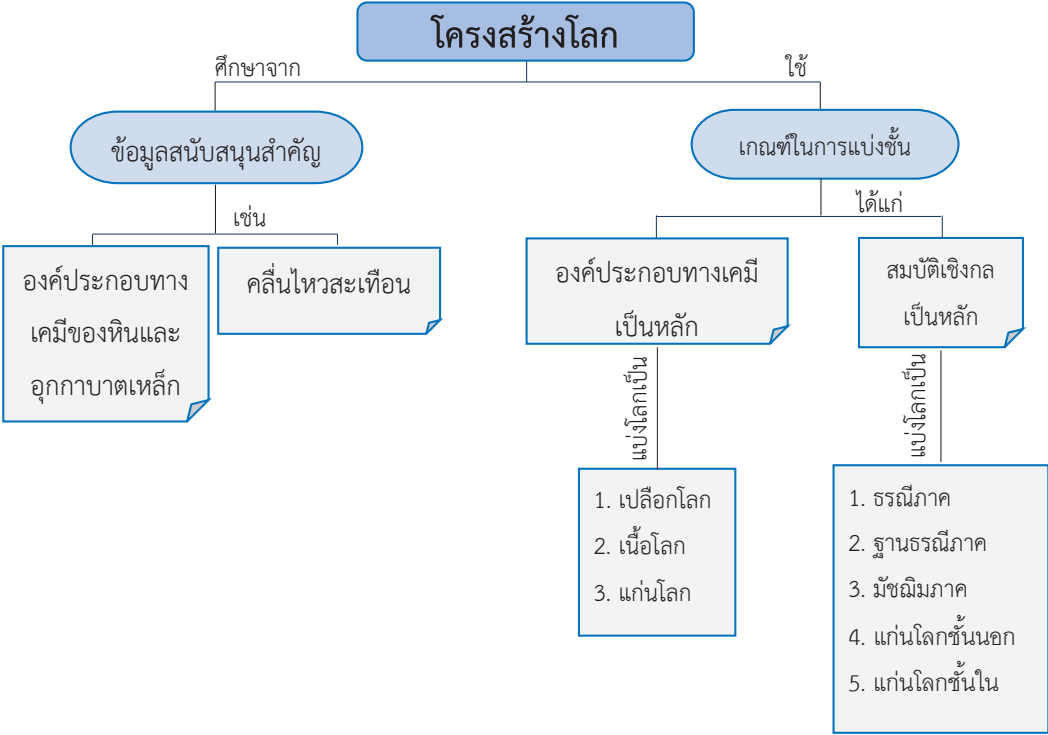
ผลการเรียนรู้

อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน		
จุดประสงค์การเรียนรู้ - สืบค้น และอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล - วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น - วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและสมบัติของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น - สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แบ่งตามสมบัติเชิงกล และเปรียบเทียบกับ การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
- การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา - การสร้างแบบจำลอง	- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ - การสร้างสรรค์และนวัตกรรม - ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	ความใจกว้าง

ผังมโนทัศน์ โครงสร้างโลก



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

การศึกษาโครงสร้างโลกมีข้อจำกัดของเทคโนโลยีที่ไม่สามารถเจาะเข้าไปใจกลางโลกได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาจากข้อมูลหลายด้าน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหิน อุกกาบาตเหล็ก ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก



การศึกษาโครงสร้างโลกจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลกนั้นจะใช้สมบัติของคลื่นในตัวกลางเป็นหลัก ซึ่งแบ่งออกเป็น คลื่นปฐมภูมิที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ และคลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวได้ โดยคลื่นทั้งสองชนิดจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน



นักวิทยาศาสตร์ได้คำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยของโลก จากค่าความหนาแน่นของแร่เหล็กจากอุกกาบาตเหล็ก หินแข็งที่เคยอยู่ในระดับลึกใต้เปลือกโลก และหินที่พบบนโลก รวมทั้งข้อมูลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นที่ได้จากการศึกษาคลื่นไหวสะเทือน จึงสามารถแบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ทั้งตามองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติเชิงกล



โครงสร้างโลกโดยใช้อองค์ประกอบทางเคมีแบ่งได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก โดยเปลือกโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนและออกซิเจน เนื้อโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของเหล็กและแมกนีเซียม แก่นโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็กและนิกเกิล



โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลแบ่งได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน ซึ่งแต่ละชั้นมีสมบัติแตกต่างกันโดยวิเคราะห์ได้จากความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่เปลี่ยนไปในแต่ละระดับความลึกเมื่อเคลื่อนที่ผ่านชั้นโครงสร้างโลก

สาระสำคัญ

การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลสำคัญในการสนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกทั้งการแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีและการแบ่งตามสมบัติเชิงกล เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหิน อุกกาบาต เหล็ก และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ภายในโลก และข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้อธิบายสมบัติเชิงกลและองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก 2 ชั่วโมง
2. การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก 4 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

การเคลื่อนที่ของคลื่นในตัวกลาง การสะท้อนและการหักเหของคลื่น สมบัติของธาตุและสารประกอบบางชนิด ทฤษฎีกาเนิกระบบสุริยะ



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ชั้นโครงสร้างโลกประกอบด้วยเปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก	✓
2	เปลือกโลกเป็นชั้นที่หนาที่สุดของโครงสร้างโลก (เปลือกโลกเป็นชั้นที่บางที่สุดของโครงสร้างโลก)	✗
3	เนื้อโลกมีสถานะเป็นของเหลว (เนื้อโลกมีสถานะเป็นของแข็ง)	✗
4	แก่นโลกเป็นชั้นของโลกที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด (แก่นโลกเป็นชั้นที่มีความหนาแน่นมากที่สุด)	✗
5	ธาตุโลหะส่วนใหญ่มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุอโลหะ	✓
6	คลื่นจะเกิดการสะท้อนและหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน	✓
7	คลื่นจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน	✓
8	คลื่นที่ส่งผ่านพลังงานโดยอาศัยตัวกลางนั้น ตัวกลางจะเคลื่อนที่ตามไปด้วย (คลื่นที่ส่งผ่านพลังงานโดยอาศัยตัวกลาง ตัวกลางจะเกิดการสั่นแต่จะไม่เคลื่อนที่ตามไปด้วย)	✗
9	อุกกาบาตเป็นวัตถุที่มาจากนอกระบบสุริยะ (อุกกาบาตเป็นวัตถุที่หลงเหลือจากการกำเนิดระบบสุริยะ จึงเป็นวัตถุที่อยู่ในระบบสุริยะ)	✗
10	สนามแม่เหล็กเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าภายนอกที่อยู่รอบแกนแม่เหล็ก	✓

1.1 ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้น และอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เข้าใจว่าเนื้อโลกเป็นของเหลว	เนื้อโลกมีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก

สื่อและแหล่งเรียนรู้

- หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
- วีดิทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลก <https://www.youtube.com/watch?v=JIF13tppRCs>
Solar System History - How Was the Earth Formed - Full Documentary National Geographic HD

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูทบทวนความรู้เรื่องโครงสร้างโลกโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับภาพนำบทในหนังสือเรียนหน้าที่ 1 โดยใช้คำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง
แนวคำตอบ โครงสร้างภายในโลกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และ แก่นโลก
 - นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทราบลักษณะของโครงสร้างภายในโลกได้อย่างไร
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง (เป็นคำถามที่กระตุ้นความสนใจให้นักเรียนต้องการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนต่อไป)
- ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับขั้นตอนการกำเนิดโลกโดยใช้รูป 1.1 ก-ค ในหนังสือเรียนหน้าที่ 2 หรือครูอาจใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลกประกอบการนำอภิปรายทั้งนี้ครูควรใช้เวลาประมาณ 10 นาที โดยมีแนวการอภิปรายดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

จากรูป 1.1 ก แสดงช่วงต้นของการกำเนิดโลกเป็นช่วงที่โลกมีอุณหภูมิสูง สสารที่ประกอบเป็นโลกยังหลอมรวมกันด้วยความร้อนเนื่องจากการปะทะของวัตถุอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์ การที่โลกถูกวัตถุที่หลงเหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์พุ่งชนนั้น นอกจากจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้ว ยังทำให้โลกมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงมีแรงโน้มถ่วงเพิ่มมากขึ้น สามารถดึงดูดวัตถุอื่น ๆ เข้ามาปะทะมากขึ้น โลกในขณะนั้นเปรียบเหมือนลูกบอลไฟขนาดใหญ่ที่เป็นสสารเหลวร้อน ที่ผิวมีอุณหภูมิสูงถึง 2,000 องศาเซลเซียส ธาตุที่มีความหนาแน่นมากจะจมลงสู่ใจกลางโลก ส่วนธาตุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะรวมตัวกันอยู่ด้านบน ทำให้เกิดกระบวนการแยกชั้นของโลก (planetary differentiation) ในช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 30 ล้านปี โลกจึงมีขนาดเท่ากับปัจจุบัน

จากรูป 1.1 ข แสดงถึงโลกในช่วงที่ไม่มีการปะทะกับวัตถุอื่นแล้วให้อุณหภูมิภายนอกของโลกลดลงอย่างช้า ๆ ส่วนนอกสุดของโลกเกิดการแข็งตัวจนกลายเป็นชั้นของแข็งบาง ๆ ห่อหุ้มโลก แต่ภายในยังมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง

จากรูป 1.1 ค เป็นภาพโลกในปัจจุบันที่มีทั้งส่วนที่ปกคลุมด้วยน้ำและส่วนที่เป็นแผ่นดิน ที่เกิดขึ้นภายหลังที่โลกมีอุณหภูมิลดลงแล้ว สภาพของโลกในปัจจุบันเกิดจากทั้งกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก

ครูให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของโลกหลังจากการอภิปราย ซึ่งนักเรียนอาจนำเสนอโดยใช้แผนภาพ ความเรียง เป็นเรื่องเล่าประกอบภาพ

ซึ่งควรจะสรุปได้ว่า

โลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีกำเนิดมาจากกลุ่มแก๊สและธาตุต่าง ๆ จากเนบิวลาสุริยะ พร้อมกับดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะ โลกและดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ จึงมีกำเนิดและองค์ประกอบที่คล้ายกัน ลักษณะของโลกเริ่มจากลูกบอลไฟที่เป็นของเหลวร้อนในอวกาศ ซึ่งต่อมาอุณหภูมิที่ผิวของโลกจะค่อย ๆ ลดลงทำให้ธาตุที่อยู่ภายนอกรวมตัว และแข็งตัวกลายเป็นหินซึ่งต่อมาเป็นชั้นเปลือกโลกห่อหุ้มธาตุหรือสารต่าง ๆ ที่ยังคงมีอุณหภูมิสูงไว้ภายในโลก

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะและองค์ประกอบของเปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก (สืบค้นจากหนังสือเรียนหน้า 8-12) เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้

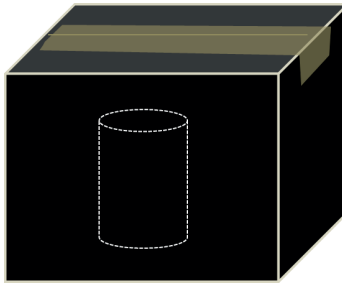
- นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าแต่ละชั้นของโลกมีลักษณะและองค์ประกอบดังกล่าว
- แนวทางการอภิปราย** นักวิทยาศาสตร์ได้เจาะสำรวจและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินบนเปลือกโลก พบว่าเปลือกโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียม แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีการสำรวจในปัจจุบันยังไม่สามารถเจาะสำรวจหินที่อยู่ลึกลงไปกว่าเปลือกโลกได้ ข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการเจาะสำรวจทำให้ทราบว่าภายในโลกมีอุณหภูมิและความดัน เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกซึ่งเป็นข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

ต่อมานักวิทยาศาสตร์พบหินแปลกปลอม (xenolith) ที่ถูกลาวาพาขึ้นมาจากภายในโลก และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่าหินแปลกปลอมมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียมและเหล็ก ซึ่งแตกต่างจากหินบนเปลือกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของโลกชั้นที่อยู่นอกสุดและชั้นที่อยู่ลึกลงไปแตกต่างกัน

นอกจากนี้จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาตที่พบบนพื้นโลก โดยเฉพาะอุกกาบาตเหล็กดังรูป 1.2 ในหนังสือเรียนหน้า 5 พบว่ามีเหล็กเป็น

องค์ประกอบหลัก ส่วนที่เหลือเป็นนิกเกิลและธาตุอื่น ๆ จึงสันนิษฐานว่าอุกกาบาตเหล็กเป็นชิ้นส่วนของวัตถุที่เหลือจากการกำเนิดระบบสุริยะ และเกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกับการก่อกำเนิดโลก จึงเชื่อว่าม้องค์ประกอบทางเคมีคล้ายกับใจกลางโลก

4. ครูใช้กิจกรรมกล่องปริศนาเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะโครงสร้างโลก โดยนำสิ่งของใส่ในกล่องทึบและปิดฝา ดังรูปและใช้คำถามดังตัวอย่าง



- ถ้าต้องการทราบว่าสิ่งใดอยู่ภายในกล่อง โดยไม่เปิดฝากล่องนักเรียนจะใช้วิธีการใด
- แนวทางการอภิปราย** นักเรียนอาจหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้คำตอบ เช่น การเขย่ากล่อง การเคาะ การส่องกับแสงไฟ ยกเพื่อคาดคะเนน้ำหนัก หรือหาน้ำหนักของวัตถุโดยการแทนที่น้ำ จากนั้นครูนำอภิปรายว่า ในการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในบางเรื่องไม่สามารถศึกษาได้โดยตรง จึงต้องศึกษาเรื่องอื่น เพื่อนำมาทำความเข้าใจและอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษาด้วยหลักการธรรมชาติวิทยาศาสตร์ดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงใช้คลื่นไหวสะเทือน โดยใช้สมบัติการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านตัวกลางชนิดต่าง ๆ มาศึกษาสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลก
5. ครูนำอภิปรายเพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติเชิงกลของวัสดุตามหนังสือหน้าที่ 5 โดยมีแนวการอภิปรายดังนี้

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุ ที่สามารถแสดงออกมาเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) สภาพพลาสติก (plasticity) สภาพยืดหยุ่น (elastic) ความเปราะ (brittleness) ความแข็งแกร่ง (stiffness) วัสดุต่าง ๆ จะมีการตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากกระทำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงกลของวัสดุ ในที่นี้คือการตอบสนองของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน
 6. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับคลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกจากหนังสือเรียนหน้าที่ 5-7 ในหัวข้อคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- คลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในโลกคือคลื่นใดบ้าง

แนวคำตอบ คลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในโลกคือคลื่นในตัวกลาง ซึ่งแบ่งออกเป็น คลื่นปฐมภูมิ (primary wave, P wave) ซึ่งเป็นคลื่นตามยาว และ คลื่นทุติยภูมิ (secondary wave, S wave) ซึ่งเป็นคลื่นตามขวาง

- คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิมีสมบัติแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ คลื่นปฐมภูมิเป็นคลื่นตามยาว เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าคลื่นทุติยภูมิ และเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ คลื่นทุติยภูมิเป็นคลื่นตามขวางและไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวได้

- นักวิทยาศาสตร์ใช้สมบัติใดของคลื่นไหวสะเทือนในการศึกษาโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ ใช้สมบัติการสะท้อนและหักเหของคลื่น และการเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน

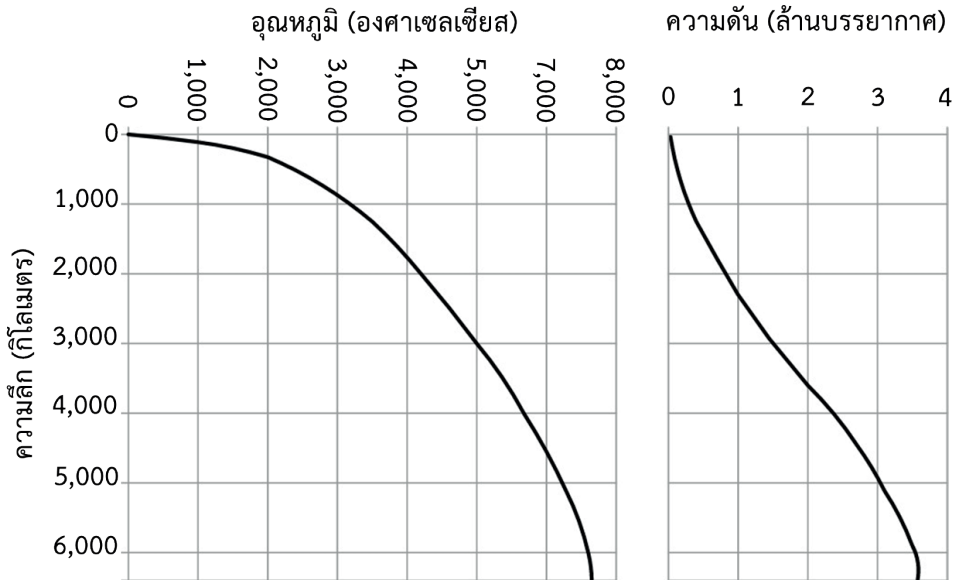
7. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์รูป 1.5 ก-ข ในหนังสือเรียนหน้าที่ 8 จากนั้นสืบค้นข้อมูลในหนังสือเรียนเกี่ยวกับคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในโลก และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- จากสมบัติของคลื่นไหวสะเทือน นักเรียนคิดว่าเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างภายในโลกจะมีลักษณะเหมือนดังรูปใด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลกจะมีลักษณะดังรูป 1.5 ค โดยครูนำอภิปรายเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงสมบัติของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางโดยมีแนวการอภิปรายดังตัวอย่าง

หากภายในโลกเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด คลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านภายในโลกจะมีความเร็วคงที่และเดินทางเป็นเส้นตรง ดังรูป 1.5 ก และถ้าวัสดุภายในโลกมีความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับความลึก ดังนั้นคลื่นไหวสะเทือนจะเดินทางผ่านภายในโลกด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นและความดัน เส้นทางเดินของคลื่นจึงเบี่ยงเบนเล็กน้อย ดังรูป 1.5 ข แต่ในความเป็นจริงเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลกจะมีลักษณะดังรูป 1.5 ค ซึ่งแสดงว่าภายในโลกอาจแบ่งเป็นชั้นที่มีสถานะและความหนาแน่นแตกต่างกัน เมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านภายในโลกจะทำให้ทิศทางและความเร็วเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ทราบความหนาแน่น สถานะ ความหนาของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

เฉลยคำถามชวนคิด : ความดันและอุณหภูมิภายในโลก (หนังสือเรียนหน้า 4)



กราฟข้างต้นแสดงอุณหภูมิและความดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึกของโลก ณ ปัจจุบัน

1. จากกราฟ ที่ระดับความลึกใดของโลกที่มีอุณหภูมิและความดันสูงที่สุด และที่ระดับความลึกใดมีอุณหภูมิและความดันต่ำที่สุด

แนวคำตอบ ที่ระดับความลึก 0 กิโลเมตร มีอุณหภูมิและความดันต่ำที่สุด ที่ระดับความลึกประมาณ 6,000 กิโลเมตร มีอุณหภูมิและความดันสูงที่สุด

2. นักเรียนคิดว่าอุณหภูมิและความดันภายในโลกที่เปลี่ยนไปในแต่ละระดับความลึกมีความสัมพันธ์กับสิ่งใด

แนวคำตอบ สัมพันธ์กับสมบัติเชิงกลของโลกแต่ละชั้น

3. นักเรียนคิดว่ากราฟของอุณหภูมิและความดันของโลกในช่วงก่อนกำเนิดแตกต่างจากปัจจุบันอย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นต่าง ๆ ภายในโลกมีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าปัจจุบันมาก

8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยมีแนวการสรุปดังต่อไปนี้

การศึกษาการแบ่งชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลก นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลที่หลากหลายร่วมกัน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหิน อุณหภูมิ และสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของหิน อุณหภูมิ และคลื่นไหวสะเทือนที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	ประเมินจาก 1. การตอบคำถามในชั้นเรียน 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: -	-
A: ความใจกว้าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย

1.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

- วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
- วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและสมบัติของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
- สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แบ่งตามสมบัติเชิงกล และเปรียบเทียบกับแบบจำลองโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 และ 2
- สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณารูป 1.1 โครงสร้างโลก ในหนังสือเรียนหน้า 2 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง
 - โครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีแบ่งเป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก

- ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโลกมีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ เหล็ก ออกซิเจน ซิลิกอน และแมกนีเซียม

2. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละชั้นของโลก โครงสร้างโลก จากรูปในหนังสือเรียนหน้า 13 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- โครงสร้างโลกแต่ละชั้นประกอบด้วยธาตุ หรือสารประกอบใดเป็นหลัก

แนวคำตอบ เปลือกโลกประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียมเป็นหลัก เนื้อโลกประกอบด้วยสารประกอบของซิลิกอน แมกนีเซียมและเหล็กเป็นหลัก แก่นโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็กและนิกเกิล

3. ให้นักเรียนสืบค้นความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเพิ่มเติมจากในหนังสือหน้า 8-12 จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และข้อมูลที่ใช้ศึกษาโครงสร้างโลกแต่ละชั้น โดยมีแนวการสรุปดังต่อไปนี้

โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีแบ่งได้เป็น 3 ชั้นคือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก

- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างโลกชั้นเปลือกโลกจากการเจาะสำรวจและศึกษาองค์ประกอบของหินบนเปลือกโลกพบว่า เปลือกโลก (crust) เป็นชั้นนอกสุดที่ห่อหุ้มโลก มีความหนาแน่นระหว่าง 5 – 70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปลือกโลกประกอบด้วยพื้นทวีปและไหล่ทวีป (continental shelf) เปลือกโลกทวีป (continental crust) คือ บริเวณพื้นทวีปและไหล่ทวีป ประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและอะลูมิเนียม มีความหนาแน่นประมาณ 35-70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปลือกโลกมหาสมุทร (oceanic crust) เป็นส่วนที่รองรับทะเลหรือมหาสมุทร เรียกว่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินบะซอลต์มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของซิลิกอนและแมกนีเซียม มีความหนาแน่นประมาณ 5-10 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหินแปรกล่อมที่ขึ้นมาพร้อมกับลาวาซึ่งเป็นหินที่อยู่ในระดับลึกใต้ผิวโลก เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินแปรกล่อมเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของหินบนเปลือกโลกพบว่ามีความแตกต่างกัน จึงสันนิษฐานว่าเนื้อโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบของเหล็กและแมกนีเซียมเช่นเดียวกับหินแปรกล่อม ประกอบกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านในโลกจึงทำให้ทราบว่า เนื้อโลกมีขอบเขตตั้งแต่ใต้เปลือกโลกจนถึงระดับความลึกประมาณ 2,900 กิโลเมตร
- จากทฤษฎีกำเนิดระบบสุริยะ ที่กล่าวว่า โลกเกิดพร้อมกับวัตถุอื่น ๆ ในระบบสุริยะ นักวิทยาศาสตร์จึงศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาตเหล็กเปรียบเทียบ

องค์ประกอบทางเคมีของหินจากเนื้อโลกและเปลือกโลก พบว่าอุกกาบาตเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างออกไป และจากการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแก่นโลกพบว่ามีความใกล้เคียงกับสารประกอบเหล็กของอุกกาบาตเหล็ก รวมทั้งการพบสนามแม่เหล็กโลกซึ่งคาดการณ์ว่าเกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยธาตุเหล็กที่มีสถานะเป็นของเหลวภายในโลก จากเหตุผลข้างต้นจึงสันนิษฐานว่าแก่นโลกน่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเหล็ก ร่วมกับข้อมูลจากคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลกทำให้นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่า แก่นโลกที่เป็นชั้นในสุดของโลกอยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2,900 กิโลเมตรจากผิวโลก จนถึงใจกลางโลก ประกอบด้วยธาตุเหล็กเป็นส่วนใหญ่ และธาตุอื่น ๆ ได้แก่ นิกเกิล ออกซิเจน ซิลิกอน และซัลเฟอร์

4. ครูตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี โดยให้นักเรียนวิเคราะห์รูปในกรอบตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียนหน้าที่ 13 และถามคำถามดังนี้

- จากรูปองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น ถ้าพบหินที่มีสารประกอบแมกนีเซียมในปริมาณมาก หินนั้นน่าจะมาจากโครงสร้างโลกชั้นใด

แนวคำตอบ ชั้นเนื้อโลก

5. ครูนำอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเกี่ยวกับการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล โดยใช้คลื่นไหวสะเทือน โดยมีแนวการอภิปรายดังตัวอย่าง

แนวการอภิปราย เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาชั้นโครงสร้างโลกได้โดยตรงในปัจจุบันสามารถศึกษาได้ลึกไม่เกินความหนาของเปลือกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงศึกษาโครงสร้างโลกจากสมบัติของคลื่นไหวสะเทือน

6. ให้นักเรียนวิเคราะห์รูป 1.11 ในหนังสือเรียนหน้า 14 ซึ่งแสดงข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากการเกิดแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน ณ บริเวณต่าง ๆ ของโลก จากนั้นอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- จากรูปนักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงมีบริเวณที่ไม่พบคลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิ
- แนวการอภิปราย** จากสมบัติของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ หากโครงสร้างภายในโลกเป็นเนื้อเดียวกัน คลื่นไหวสะเทือนจะต้องเคลื่อนที่เป็นแนวตรง แต่จากภาพจะเห็นได้ว่าคลื่นไหวสะเทือนไม่เคลื่อนที่เป็นแนวตรงทั้งหมด แต่เกิดการหักเหที่ตำแหน่งที่คาดว่าเป็นตัวกลางต่างชนิดกัน และมีบางบริเวณคลื่นไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ ที่เรียกว่าเขตอับคลื่น ได้แก่ บริเวณที่ห่างจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวเป็นระยะทางเชิงมุม 105-140 องศาสำหรับคลื่นปฐมภูมิ และถัดจากบริเวณ 105 องศาเป็นต้นไปจะไม่พบคลื่นทุติยภูมิ ซึ่งเป็นมุมที่กวาดออกไปจากจุดกำเนิดทุกทิศทาง โดยมีจุดยอดมุมอยู่ที่จุดศูนย์กลางโลก นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปว่าภายในโลกไม่เป็นเนื้อเดียวกันและมีโครงสร้างแบ่งได้เป็นชั้น ๆ

7. จากสมบัติของคลื่นไหวสะเทือน คลื่นจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 1.1 เพื่อแปลความหมายและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึกที่คลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลก



กิจกรรม 1.1 การศึกษาคลื่นไหวสะเทือนที่ผ่านโครงสร้างโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

แปลความหมายและอธิบายข้อมูลการเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือนตามระดับความลึกของโครงสร้างโลกจากกราฟที่กำหนดให้

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก รูป 1 และ 2 (หน้า 16)

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ดาวน์โหลด ภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก รูป 1 และ 2 และภาพเฉลยจาก QR code ประจำบท

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

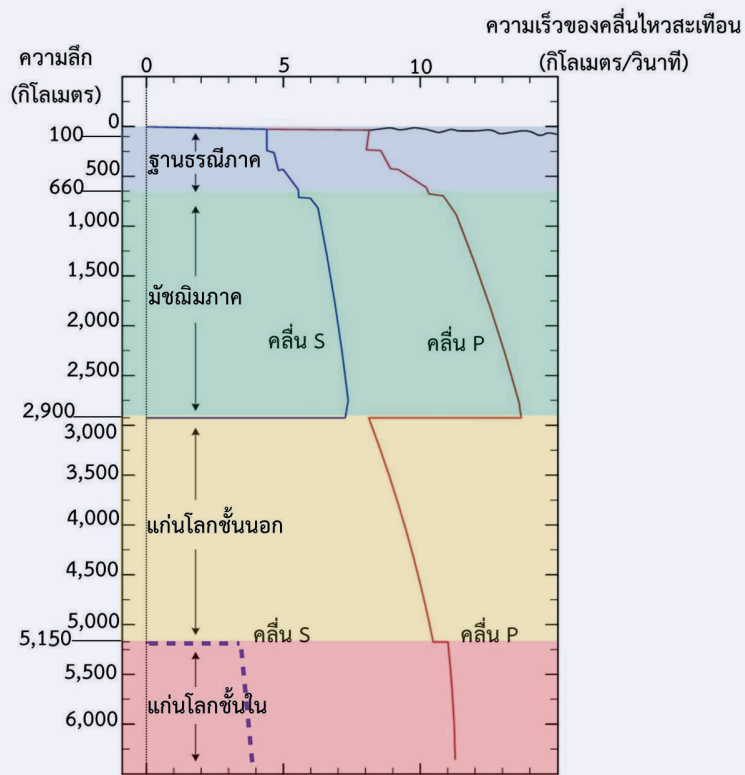
ก่อนทำกิจกรรมอาจช่วยให้นักเรียนอ่านกราฟให้เข้าใจก่อนโดยให้สังเกตว่ามีข้อมูลใดบ้าง และมีสิ่งใดสัมพันธ์กัน

วิธีการทำกิจกรรม

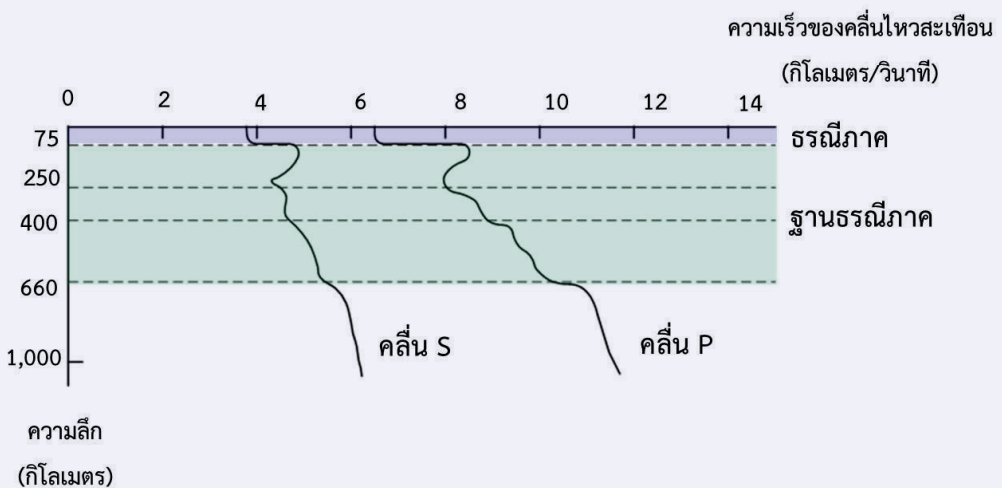
1. สังเกตการเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิจากกราฟในแต่ละช่วงระดับความลึก และบันทึกผลที่ได้ลงในตารางบันทึกผล
2. นำผลการสังเกตจากข้อที่ 1 มาวิเคราะห์และอภิปรายถึงสาเหตุที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยเชื่อมโยงกับสถานะของตัวกลาง และสรุปแนวความคิดการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก
3. ออกแบบและสร้างแบบจำลองแสดงแนวคิดในการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกโดยอาศัยข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และนำเสนอพร้อมเหตุผลสนับสนุน
4. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนมาปรับปรุงแบบจำลองการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกให้สมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ระดับความลึกกิโลเมตร	คลื่น P ช่วงของความเร็ว (กิโลเมตรต่อวินาที)	คลื่น S ช่วงของความเร็ว (กิโลเมตรต่อวินาที)	สถานะของ ตัวกลาง
0-100	ที่ความลึก 200 กิโลเมตร ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 6.4 เป็น 8.4	ที่ความลึก 200 กิโลเมตร ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 3.7 เป็น 4.8	ของแข็ง
100-660	ความลึกที่ 200 – 250 กิโลเมตร มีความเร็วลดลงจาก 8.4 เหลือ 7.9 จากนั้นมีความเร็วเพิ่มขึ้น จนถึง 11	ความลึกที่ 200 – 250 กิโลเมตร มีความเร็วลด ลงจาก 4.8 เหลือ 4.3 จากนั้นมีความเร็วเพิ่ม ขึ้นจนถึง 6	ของแข็ง
660-2,900	ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 11 เป็น 14	ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 6 เป็น 7	ของแข็ง
2,900–5,150	ที่ระดับ 2900 ความเร็วลดลง อย่างรวดเร็ว จาก 14 เป็น 8 จากนั้นเพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 11	ที่ระดับ 2,900 ความเร็ว ลดลงอย่างรวดเร็ว และ ไม่ปรากฏคลื่น S	ของเหลว
5,150-6,370	ความเร็วคงที่ ประมาณ 11	ความเร็วเพิ่มขึ้น จาก 3.5 เป็น 4	ของแข็ง



รูป 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับระดับความลึก



สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกราฟจะพบว่าคลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่เร็วกว่าคลื่นทุติยภูมิในทุกระดับความลึกที่มีคลื่นทั้งสองปรากฏ 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

- จากภาพมีข้อมูลใดบ้าง
แนวคำตอบ ข้อมูลความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่น P และ คลื่น S และระดับความลึกของโครงสร้างโลก
- ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในระดับความลึกต่าง ๆ
แนวคำตอบ ในช่วง 0-2,900 กิโลเมตร ความเร็วของคลื่น P และ S มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก จากนั้นที่ระดับความลึก 2,900 กิโลเมตร ความเร็วของคลื่นทั้งสองลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนคลื่น S หายไป และความเร็วของคลื่น P ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกอีกครั้ง
- โครงสร้างโลกแต่ละระดับความลึกมีสถานะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ทราบได้อย่างไร
แนวคำตอบ มีสถานะแตกต่างกันดังตารางบันทึกผล เนื่องจากสมบัติของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ต่างสถานะกัน คลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ คลื่นทุติยภูมิผ่านได้เฉพาะตัวกลางที่เป็นของแข็ง

8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถาม ดังแสดงด้านบน
9. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับรายละเอียดของการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล ตามหนังสือเรียนหน้าที่ 18-20 และนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมที่ 1.1 กับการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลโดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์แบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลได้เป็น 5 ชั้น คือ

 - ในระดับลึกประมาณ 0-100 กิโลเมตร คือชั้นธรณีภาค มีสถานะเป็นของแข็ง ความหนาแน่นน้อยที่สุด
 - ในระดับลึกประมาณ 100-660 กิโลเมตร คือชั้นฐานธรณีภาค มีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก ความหนาแน่นใกล้เคียงชั้นธรณีภาค
 - ในระดับลึกประมาณ 660-2,900 กิโลเมตร คือชั้นมีโซสเฟียร์ มีสถานะเป็นของแข็ง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากชั้นฐานธรณีภาค
 - ในระดับลึกประมาณ 2,900-5,150 กิโลเมตร คือแก่นโลกชั้นนอก มีสถานะเป็นของเหลว ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากชั้นมีโซสเฟียร์
 - ในระดับลึกประมาณ 5,150-6,370 กิโลเมตร คือแก่นโลกชั้นใน มีสถานะเป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากที่สุด
10. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก โดยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 1.2 เรืองแบบจำลองโครงสร้างโลก เพื่อเปรียบเทียบชั้นต่าง ๆ ของการแบ่งโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีและการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล (ครูอาจมอบหมายงานในกรณีที่ต้องการผลงานที่ปราณีต อาจให้ไปทำนอกเวลาและนำเสนอ ยึดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม)



กิจกรรม 1.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

สร้างแบบจำลอง อธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล

เวลา 1-2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

โฟม ดินน้ำมัน กรรไกร คัตเตอร์ สี กระดาษ หรือวัสดุและอุปกรณ์อื่นตามความเหมาะสม

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูอาจเตรียมหรือแนะนำวัสดุต่าง ๆ ที่หาได้ในท้องถิ่นให้กับนักเรียน
2. หากนักเรียนทำในห้องเรียนครูอาจเตรียม หรือให้นักเรียนเตรียมถุงมือ ผ้ากันเปื้อน หรือกระดาษปูโต๊ะเพื่อกันเปื้อนจากสีที่ใช้
3. ครูควรกำชับนักเรียนเรื่องความปลอดภัยในการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูควรให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองด้วยการวาดภาพร่างก่อน จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอภาพร่าง ครูควรให้คำแนะนำในการปรับแก้ร่างแบบจำลองของนักเรียน ก่อนที่นักเรียนจะลงมือสร้างจริง

สถานการณ์

"โรงเรียนจะจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งในห้องเรียนของนักเรียนได้รับมอบหมายให้นำเสนอความรู้เกี่ยวกับ "โครงสร้างโลก" โดยมีพื้นที่จัดแสดงขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 1.5 เมตร ให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แสดงการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกลอยู่ในแบบจำลองเดียวกัน โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง"

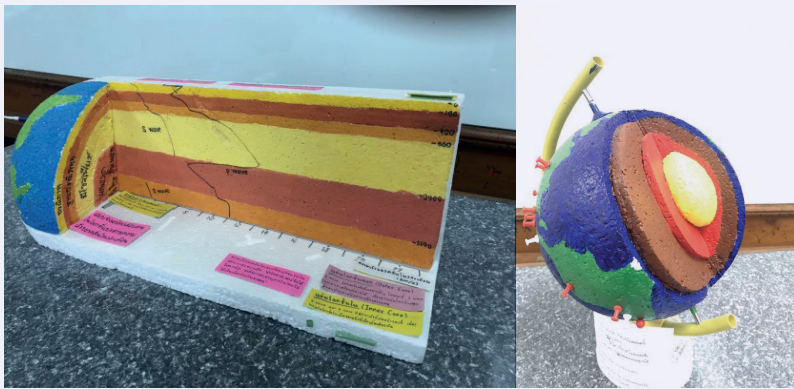
วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนด
2. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ความรู้การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล

3. ออกแบบโดยวาดภาพร่างให้มีสัดส่วนที่ถูกต้องและระบุวัสดุที่เลือกใช้ จากนั้นสร้างแบบจำลองตามที่ได้ออกแบบไว้
4. นำเสนอแบบจำลองและอภิปรายร่วมกัน
5. ปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้องและสมบูรณ์

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนอาจสร้างเป็นแบบจำลอง 2 มิติ หรือ 3 มิติ



ตัวอย่างผลงานนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ฯ ภาพถ่ายโดย นายวิทยา อินโ

สรุปผลการทำกิจกรรม

แบบจำลองโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี เปลือกโลกจะเป็นชั้นที่บางที่สุด (5-70 กิโลเมตร) รองลงมาคือเนื้อโลก (2,885 กิโลเมตร) และแก่นโลกเป็นชั้นที่หนาที่สุด (3,486 กิโลเมตร)

แบบจำลองโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบ ชั้นธรณีภาคเป็นชั้นที่บางที่สุด (0-100 กิโลเมตร) รองลงมาคือชั้นฐานธรณีภาค (หนาประมาณ 400 กิโลเมตร) ชั้นมัชฌิมภาค (2,300 กิโลเมตร) แก่นโลกชั้นนอก (2,250 กิโลเมตร) แก่นโลกชั้นใน (1,220 กิโลเมตร)

11. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม โดยครูสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียน และให้เพื่อนร่วมชั้นสะท้อนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองของเพื่อนซึ่งมีแนวทางตามเกณฑ์การประเมิน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

12. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก โดยให้นักเรียนเติมข้อมูลการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกลงในตารางหน้า 21 ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

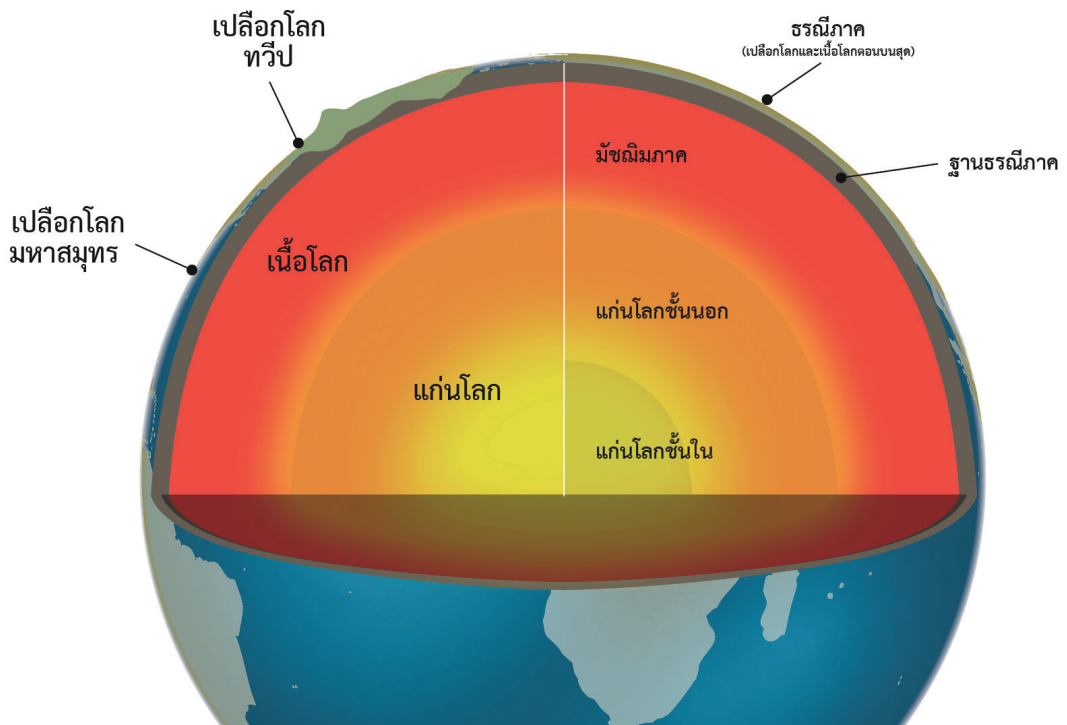
ให้นักเรียนเติมข้อมูลการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกลงในตารางให้ถูกต้อง

ความลึก (กิโลเมตร)	ชั้นโครงสร้างโลก		
	แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี	แบ่งตามสมบัติเชิงกล	
0-70	เปลือกโลก	ธรณีภาค	
70-100			
100-400		เขตความเร็วต่ำ	ฐานธรณีภาค
400-660		เขตเปลี่ยนแปลง	
660-2,900	เนื้อโลก	มัชฌิมภาค	
2,900-5,140			
5,140-6,370	แก่นโลก	แก่นโลกชั้นนอก	
		แก่นโลกชั้นใน	

13. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียนเกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบเคมี และตามสมบัติเชิงกล โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป

การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลด้านต่าง ๆ เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ องค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาต ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก ทำให้แบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ 2 แบบ คือ โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี จะแบ่งได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก และโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล จะแบ่งได้เป็น 5 ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน โดยหากเปรียบเทียบการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามเกณฑ์ทั้งสองแบบได้ดังรูปด้านล่าง ส่วนของเปลือกโลกและเนื้อโลกตอนบนสุด คือธรณีภาค เนื้อโลกตอนบน คือฐานธรณีภาค เนื้อโลกตอนล่างคือ มัชฌิมภาค และหากแบ่งตามสมบัติเชิงกลจะแบ่งแก่นโลกออกเป็นแก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน



การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกโดยใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนเป็นเกณฑ์ สามารถนำมาอธิบายชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างโลกได้แตกต่างจากการใช้เกณฑ์องค์ประกอบทางเคมี นอกจากทำให้แบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ละเอียดขึ้นแล้วยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและการเกิดธรณีพิบัติภัยอีกด้วย

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: การแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และตามสมบัติเชิงกล	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 1.1 และ 1.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. การสร้างรณรงค์และนวัตกรรม	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 1.1 และ 1.2 2. การสร้างแบบจำลองตามมาตราส่วนที่ถูกต้อง 3. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 1.1 และ 1.2 4. แนวความคิด และการเลือกใช้วัสดุ ในการสร้างแบบจำลอง
A: ความใจกว้าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย

ตัวอย่างแบบประเมินแบบจำลองโครงสร้างโลก

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
เนื้อหาและความถูกต้องทางวิชาการ	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน และถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมีและสมบัติเชิงกล	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน แต่มีบางส่วนไม่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมีและสมบัติเชิงกล	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ไม่ครบถ้วน และมีบางส่วนไม่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงจำนวนชั้นโครงสร้างโลกที่ถูกต้อง - แบบจำลองแสดงความหนาของแต่ละชั้นตามสัดส่วนจริง - แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของชั้นโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบเคมีและสมบัติเชิงกล
ความสวยงามและความคิดสร้างสรรค์	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้บางส่วน - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ - มีรูปแบบที่สวยงาม - มีความแปลกใหม่
การนำเสนอผลงาน	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - มีการนำเสนอเป็นลำดับ เข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือมีรูปแบบที่หลากหลาย	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้บางส่วน - มีการนำเสนอเป็นลำดับ เข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือมีรูปแบบที่หลากหลาย	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ - มีการนำเสนอเป็นลำดับ เข้าใจง่าย - มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น มีการใช้เทคโนโลยี หรือมีรูปแบบที่หลากหลาย

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
ความประหยัด/การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้	แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ครบถ้วน - ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้	ไม่แสดงประเด็นดังต่อไปนี้ ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - ใช้วัสดุเหลือใช้

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน 12-10 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับดี อาจต้องปรับปรุงบางส่วน

คะแนน 9-6 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้ ต้องปรับปรุงบางส่วน

คะแนน 5-1 หมายถึง ต้องปรับปรุงใหม่

✓แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกิจกรรมกลุ่ม

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน			บันทึกเพิ่มเติม
	3	2	1	สำหรับผู้ประเมิน
1. การวางแผนการทำงานในกลุ่ม	มีการประชุมปรึกษาหารือกัน และมีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำอย่างชัดเจน	มีการประชุมปรึกษาหารือกัน หรือมีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำ	ไม่มีการประชุมปรึกษาหารือกัน และไม่มีการแบ่งงานแบ่งหน้าที่กันทำ	
2. ความสนใจและการมีส่วนร่วมในกิจกรรม	ทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	คนในกลุ่มทำกิจกรรมเสร็จไม่ทัน เวลาส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	คนในกลุ่มส่วนใหญ่ไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรม/ร่วมแสดงความคิดเห็น	
3. การจัดการเวลา	ทำกิจกรรมเสร็จทันเวลา		ทำกิจกรรมเสร็จไม่ทันเวลา	

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน 9-7 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับดี

คะแนน 6-5 หมายถึง ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้

คะแนน 4-1 หมายถึง ต้องปรับปรุง



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

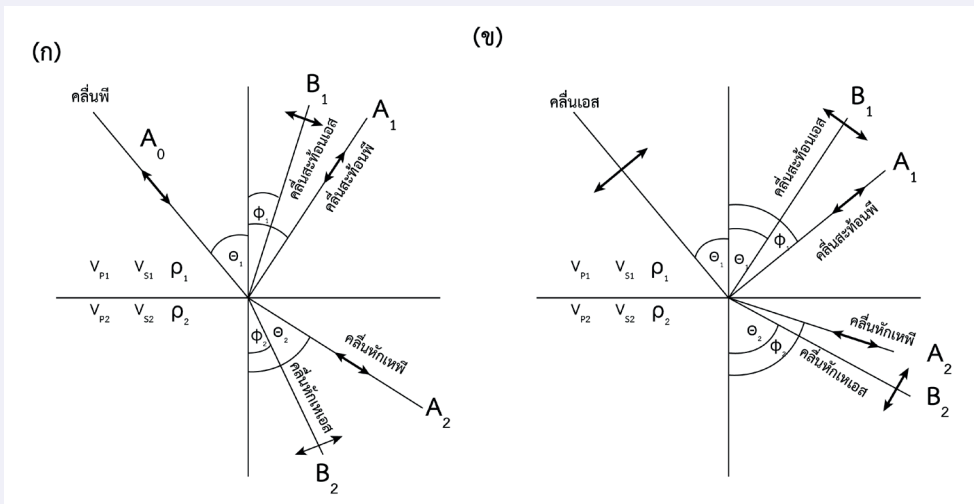
โครงการเจาะสำรวจโครงสร้างโลก

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



การเปลี่ยนโหมดของคลื่นไหวสะเทือน (Mode conversion)

เมื่อคลื่นพีหรือคลื่นเอส กระแทกกับรอยต่อของตัวกลางต่างชนิดกันแบบทำมุม จะเกิดการสะท้อนและหักเหของทั้งคลื่นพีและคลื่นเอสดังแสดงในรูป จากรูปจะพบว่าเมื่อคลื่นพีหรือคลื่นเอสตกกระทบบรอยต่อของชั้นต่างๆ จะปรากฏคลื่นสะท้อนและหักเหทั้งคลื่นพีและคลื่นเอส ปรากฏการณ์นี้เราเรียกว่าการเปลี่ยนโหมดของคลื่น (Mode conversion) ซึ่งทำให้เราสามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงพบคลื่นเอสบริเวณรอยต่อของชั้นแก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นใน คลื่นเอสดังกล่าวเป็นคลื่นที่แตกตัวออกมาจากคลื่นพีที่ตกกระทบบรอยต่อระหว่างแก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นในนั่นเอง เมื่อคลื่น P ซึ่งเป็นคลื่นตามยาวตกกระทบบที่รอยต่อของวัสดุ พลังงานบางส่วนทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ตามขวางจึงเกิดเป็นคลื่น S การเปลี่ยนโหมดของคลื่นเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบบกับรอยต่อระหว่างวัสดุต่างชนิดกัน (ที่มีความต้านทานต่อการสะท้อนต่างกัน)



รูปลักษณะการเกิดคลื่นสะท้อนและคลื่นหักเหแบบทำมุม

(ก) เมื่อมีคลื่นพีตกกระทบบ (ข) เมื่อมีคลื่นเอสตกกระทบบ

ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน

คลื่นไหวสะเทือนแต่ละชนิดสามารถเดินทางผ่านชั้นหินต่างๆได้ด้วยความเร็วที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของหินแต่ละชนิด เช่น ระหว่างดินแข็งกับดินเปียก ค่าความหนาแน่นย่อมไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือนภายในดินแข็งจึงแตกต่างจากดินเปียก หรือระหว่างหินทรายกับหินปูน ค่าความหนาแน่นของหินทรายที่มีควอตซ์เป็นองค์ประกอบกับหินปูนที่มีแคลไซต์เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือนย่อมแตกต่างกัน ตารางด้านล่างแสดงค่าความเร็วคลื่นพีและคลื่นเอสของดินและหินที่สำคัญ

ตารางแสดงค่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนของวัสดุชนิดต่าง

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
ดินหรือเคลย์	1,000 – 2,500	400 – 1,000
ตะกอนธารน้ำแข็ง	1,500 – 2,500	600 – 1,000



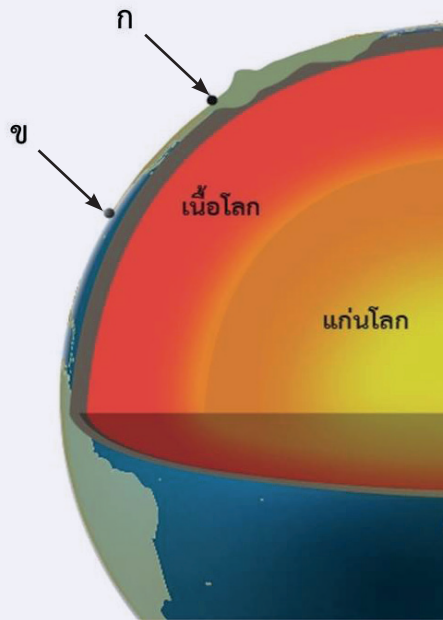
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงลากเส้นเชื่อมโยงชื่อชั้นโครงสร้างโลกกับข้อความด้านขวาที่มีความสัมพันธ์กัน
- (1) ธรณีภาค ————— ก. เป็นของแข็ง อุณหภูมิต่ำ ความหนาแน่นน้อยที่สุด หนาประมาณ 100 กิโลเมตร
 - (2) ฐานธรณีภาค ————— ข. เป็นของแข็ง อุณหภูมิสูง ความหนาแน่นมาก หนาประมาณ 2,240 กิโลเมตร
 - (3) มัชฌิมภาค ————— ค. เป็นของแข็งอุณหภูมิสูงมาก ความหนาแน่นมากที่สุด หนาประมาณ 1,230 กิโลเมตร
 - (4) แก่นโลกชั้นนอก ————— ง. เป็นของแข็งที่มีสมบัติเป็นพลาสติก อุณหภูมิสูง หนาประมาณ 600 กิโลเมตร
 - (5) แก่นโลกชั้นใน ————— จ. เป็นของเหลว อุณหภูมิสูงมาก ความหนาแน่นมาก หนาประมาณ 2,255 กิโลเมตร

2. จงเติมชื่อชั้นโครงสร้างโลกให้สัมพันธ์กับสมบัติและองค์ประกอบของโครงสร้างโลก

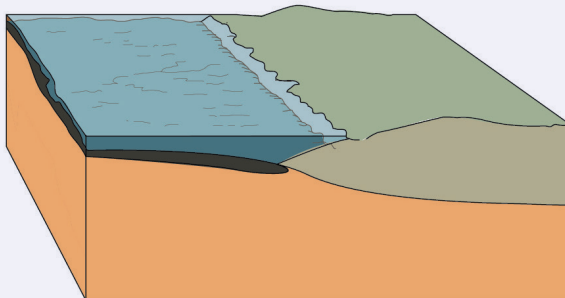
ชั้นโครงสร้างโลก	องค์ประกอบทางเคมี	ความหนาแน่นเฉลี่ย (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
1. เนื้อโลก	ประกอบด้วยแร่ที่เป็นสารประกอบของ ซิลิกอน ออกซิเจน แมกนีเซียม และเหล็ก	4.5
2. แก่นโลก	ประกอบด้วยเหล็กและนิกเกิล	13
3. เปลือกโลก	ประกอบด้วยหินแกรนิต หรือหินบะซอลต์ เป็นส่วนใหญ่	2.8

3. จากรูปโครงสร้างโลก บริเวณ ก และ ข ทั้งสองบริเวณ คือส่วนใดของโครงสร้างโลก และบริเวณทั้งสองมีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอย่างไร จงอธิบายและวาดรูปประกอบ (โดยคำนึงถึงมาตราส่วนจริง)



แนวคำตอบ เรียกว่าเปลือกโลก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. เปลือกโลกทวีปประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ หรือประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและธาตุอะลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่
2. เปลือกโลกมหาสมุทรประกอบด้วยหินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่ หรือประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและธาตุแมกนีเซียมเป็นส่วนใหญ่



4. จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	ข้อความ
✓	1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชั้นเนื้อโลกส่วนหนึ่งได้ตัวอย่างมาจากหินแปรกล่อมในระดับลึกที่ลาวาพาขึ้นมาบนผิวโลก
✓	2. ผลจากการศึกษาอุกกาบาตเหล็กที่ตกลงมายังโลก เป็นหลักฐานหนึ่งที่ทำให้ทราบองค์ประกอบของแก่นโลก
✓	3. ถ้าแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แก่นโลกเป็นโครงสร้างชั้นที่มีความหนามากที่สุด
✗	4. เปลือกโลกทวีปประกอบด้วยหินบะซอลต์เป็นส่วนมาก
✗	5. เปลือกโลกทวีปมีความหนาแน่นเฉลี่ยมากกว่าเปลือกโลกมหาสมุทร
✓	6. แหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนมีทั้งที่มาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์
✗	7. คลื่นปฐมภูมิมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านธรณีภาคและมัชฌิมภาค และมีความเร็วเป็นศูนย์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอก
✓	8. คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลกที่มีสถานะเป็นของเหลวได้
✗	9. คลื่นปฐมภูมิมีความเร็วน้อยกว่าคลื่นทุติยภูมิ เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านชั้นฐานธรณีภาค
✗	10. เขตความเร็วต่ำ อยู่ในชั้นธรณีภาค และเขตเปลี่ยนแปลง อยู่ในชั้นฐานธรณีภาค

5. จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 5.1 หากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหินก้อนหนึ่งพบว่าเป็นหินแกรนิต หินก้อนนี้มีกำเนิดมาจากส่วนใดของโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ เปลือกโลกทวีป

5.2 ชั้นเนื้อโลกประกอบด้วยสสารในสถานะใด เป็นส่วนใหญ่

แนวคำตอบ ของแข็ง

5.3 หลักฐานใดที่นำมาใช้ยืนยันว่าแก่นโลกชั้นนอกเป็นของเหลว

แนวคำตอบ คลื่นหตุวิทยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกได้

5.4 เพราะเหตุใดผลการศึกษาอุกกาบาตเหล็กจึงใช้เป็นข้อมูลอธิบายองค์ประกอบของแก่นโลกได้

แนวคำตอบ เพราะอุกกาบาตเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีและกระบวนการเกิดที่แตกต่างจากตัวอย่างหิน อุกกาบาตหิน และแร่เหล็กที่พบที่ผิวโลก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าอุกกาบาตเหล็กนี้ เกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้เคียงกับการเกิดโลก และมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับแก่นโลก

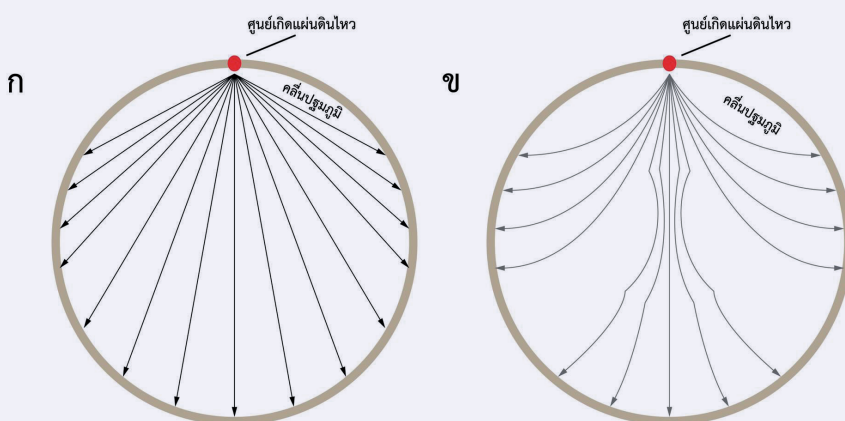
5.5 นอกจากผลการศึกษาอุกกาบาตเหล็กแล้ว หลักฐานใดช่วยสนับสนุนว่าแก่นโลกประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนมาก

แนวคำตอบ ความหนาแน่นของโลก และสนามแม่เหล็กโลก

5.6 เพราะเหตุใดคลื่นไหวสะเทือนจึงเกิดการสะท้อนและหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ คลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสมบัติเชิงกลแตกต่างกัน เช่น ความหนาแน่น สถานะ

5.7 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในโลกที่ได้จากการแปลความหมายแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิในภาพ ก และ ข



แนวคำตอบ โครงสร้างโลกในภาพ ก มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความหนาแน่นเท่ากันเนื่องจากคลื่นเดินทางผ่านเป็นเส้นตรงไม่มีการหักเหโครงสร้างโลกในภาพ ข มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีสถานะและความหนาแน่นแตกต่างกัน ทำให้คลื่นปฐมภูมิเกิดการหักเห

5.8 ลาวาที่ปะทุขึ้นมาบนผิวโลก มีแหล่งกำเนิดมาจากชั้นโครงสร้างใด

แนวคำตอบ เขตความเร็วต่ำในชั้นฐานธรณีภาค

5.9 เขตความเร็วต่ำ มีสมบัติแตกต่างจากชั้นธรณีภาคอย่างไร

แนวคำตอบ มีความหนาแน่นน้อยกว่าและมีสมบัติเป็นพลาสติก

5.10 คลื่นทุติยภูมิที่เกิดขึ้นใหม่เมื่อคลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกเข้าไปยังแก่นโลกชั้นใน สามารถเดินทางออกมาที่ผิวโลกได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้เนื่องจากไม่สามารถเดินทางผ่านแก่นโลกชั้นนอกที่เป็นของเหลวได้

บทที่

2

| การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี (Plate Tectonics)


goo.gl/BDW8a6

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีโดยใช้แบบจำลอง
2. ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

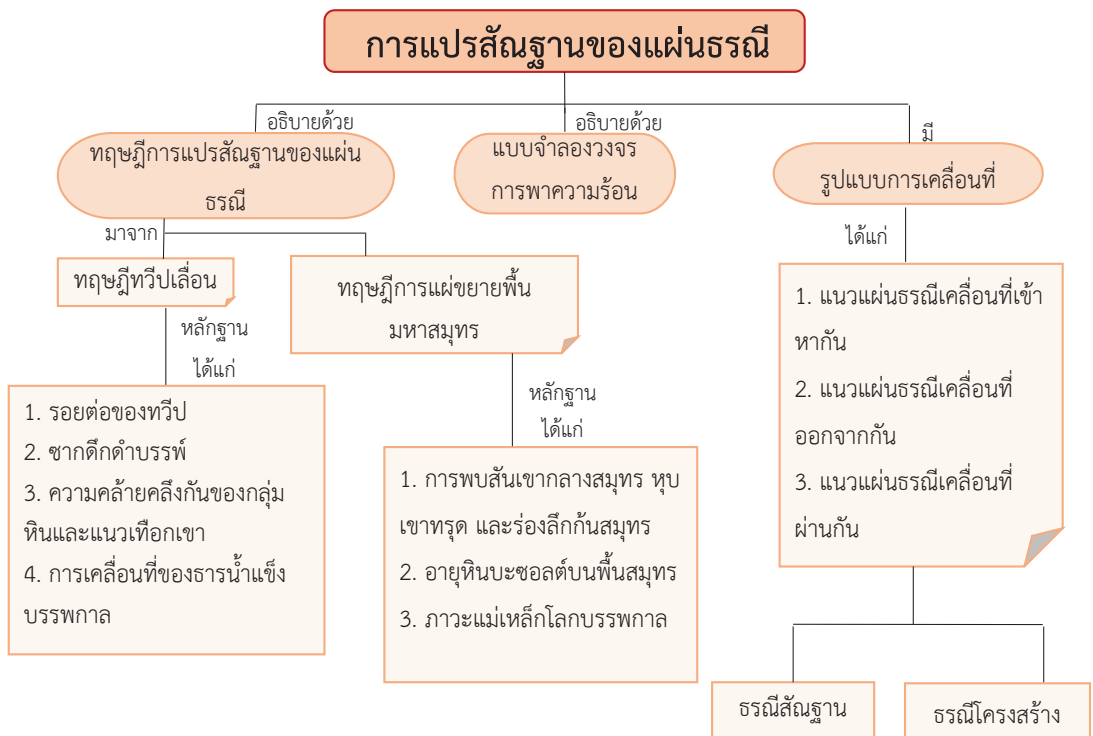
ผลการเรียนรู้

1. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีโดยใช้แบบจำลอง
2. ระบุสาเหตุ และอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
3. อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และระบุผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
4. อธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การตีความหมายและลงข้อสรุป 4. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสาร สารสนเทศและ การรู้เท่าทันสื่อ 2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ความใจกว้าง 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ธรณีภาคซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของโครงสร้างโลก แบ่งออกเป็นแผ่นธรณี (plate) หลายแผ่น ซึ่งเคลื่อนที่ไปบนฐานธรณีภาคทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลกและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีอยู่ตลอดเวลา



ทฤษฎีทวีปเลื่อน คือแนวความคิดที่กล่าวว่า ในอดีต ณ ช่วงเวลาหนึ่งทวีปของโลกไม่ได้มีตำแหน่งเหมือนกับในปัจจุบัน ทวีปที่พบในปัจจุบันเคยอยู่ติดกันเป็นแผ่นเดียวมาก่อนในอดีต โดยทวีปต่างๆ ในปัจจุบันเคยอยู่รวมกันเป็นแผ่นดินใหญ่เพียงแผ่นเดียวที่เรียกว่า พันเจีย (Pangaea)



หลักฐานที่สนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน ได้แก่ รอยต่อของทวีป ซากดึกดำบรรพ์ ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา หลักฐานจากรอยครูดบนหินที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของธารน้ำแข็งบรรพกาล



ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร เป็นการพบหลักฐานบนพื้นสมุทรที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ได้แก่ เทือกเขากลางมหาสมุทร อายุของหินบะซอลต์บนพื้นมหาสมุทร ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล



นักวิทยาศาสตร์พยายามรวบรวมหลักฐานและแนวคิด เช่น ทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร นำมาสรุปเป็นทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ซึ่งกล่าวถึงการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นธรณีอันเนื่องมาจากการพาความร้อนของแมกมาภายในเนื้อโลก กระบวนการที่ทำให้แผ่นธรณีเคลื่อนที่คือวงจรพาความร้อน



การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีมี 3 รูปแบบคือ แผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกออกจากกัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน แต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ และปรากฏการณ์ทางธรณีต่าง ๆ บนโลก

สาระสำคัญ

แผ่นธรณีต่าง ๆ ของโลกมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีหลักฐานทางธรณีวิทยาปรากฏให้เห็น และอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน โดยทฤษฎีนี้มีรากฐานมาจาก ทฤษฎีทวีปเลื่อน และทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร ซึ่งมีหลักฐานที่สนับสนุน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีปที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ซากดึกดำบรรพ์ ร่องรอยการเคลื่อนที่ของตะกอนธารน้ำแข็ง ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล อายุหินของพื้นมหาสมุทร รวมทั้งการค้นพบเทือกสันเขาใต้สมุทร และร่องลึกก้นสมุทร

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี เนื่องจากการพาความร้อนของแมกมาภายในโลก โดยแนวของแผ่นธรณีมี 3 รูปแบบ ได้แก่ แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกออกจากกัน และแนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะธรณีฐาน ได้แก่ ร่องลึกก้นสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุดและสันเขากลางสมุทร และทำให้เกิดธรณีโครงสร้าง เช่น เขตรอยเลื่อน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 12 ชั่วโมง

- | | |
|--|-----------|
| 1 แนวคิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและหลักฐานสนับสนุนทฤษฎีทวีปเลื่อน | 3 ชั่วโมง |
| 2 แนวคิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและหลักฐานสนับสนุนทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร | 3 ชั่วโมง |
| 3 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี | 3 ชั่วโมง |
| 4 ธรณีฐานและธรณีโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี | 3 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล ซากดึกดำบรรพ์ การพาความร้อน



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อ	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ชั้นธรณีภาคประกอบด้วยชั้นเปลือกโลกทวีปและเนื้อโลกตอนบนสุด	✓
2	ชั้นฐานธรณีภาคเป็นชั้นโครงสร้างโลกที่อยู่ถัดจากชั้นธรณีภาค	✓
3	ชั้นโครงสร้างโลกมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น	✓
4	เปลือกโลกทวีปมีความหนาแน่นมากกว่าเปลือกโลกมหาสมุทร (เปลือกโลกทวีปมีความหนาแน่นน้อยกว่าเปลือกโลกมหาสมุทร)	✗
5	เปลือกโลกมหาสมุทรประกอบไปด้วยหินบะซอลต์เป็นหลัก	✓
6	ชั้นฐานธรณีภาคมีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก (ชั้นฐานธรณีภาคมีสถานะเป็นของแข็ง)	✗
7	ชั้นธรณีภาควางตัวอยู่บนชั้นฐานธรณีภาค	✓
8	แก่นโลกชั้นในเป็นชั้นที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดและมีสถานะเป็นของเหลว (แก่นโลกชั้นในมีสถานะเป็นของแข็ง)	✗
9	ซากดึกดำบรรพ์ คือซากและร่องรอยของสิ่งมีชีวิตในอดีตที่ปรากฏอยู่ในหิน	✓
10	ในกระบวนการพาความร้อน เมื่อสสารได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำลง และมวลสสารในส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าความหนาแน่นสูงกว่าจะเข้ามาแทนที่	✓

2.1 แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
- อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนพิจารณารูปนำบท ซึ่งเป็นแผนที่พื้นมหาสมุทรที่แสดงให้เห็นทั้งรูปร่างและตำแหน่งของทวีปต่าง ๆ ตลอดจนแนวเทือกเขาบนทวีป และพื้นมหาสมุทรที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - นักเรียนคิดว่าลักษณะสัณฐานของโลกเป็นเช่นนี้ตั้งแต่ตอนกำเนิดโลกหรือไม่
แนวคำตอบ สัณฐานของโลกไม่ได้เป็นเช่นนี้ตั้งแต่ตอนกำเนิดโลกแต่มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีทั้งภายในโลกและบนเปลือกโลกทำให้มีลักษณะดังปัจจุบัน หรือนักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง
2. ครูกล่าวถึงแนวคิดของอัลเฟรด เวเกเนอร์ ที่ว่า ในอดีต ณ ช่วงเวลาหนึ่งทวีปต่าง ๆ ของโลกไม่ได้มีตำแหน่งเหมือนกับในปัจจุบัน แต่เคยเชื่อมต่อเป็นแผ่นดินเดียวกันมาก่อน โดยสังเกตจากรูปร่างของขอบทวีปที่มีบางทวีปต่อกันได้พอดี จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับแนวคิดดังกล่าว เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความคิดเห็นหรือความรู้เดิมของตนเอง
 - แนวคิดดังกล่าวมีความเป็นไปได้ และน่าเชื่อถือหรือไม่
แนวคำตอบ แนวคิดดังกล่าวอาจมีความเป็นไปได้แต่มิใช่น่าเชื่อถือเนื่องจากยังไม่มีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอ หรือนักเรียนตอบตามความคิดเห็นของตนเอง
3. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากรูปร่างของขอบทวีปแล้วมีหลักฐานใดอีกบ้างที่จะสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว (ตอบตามความคิดของตนเอง) จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 2.1 ตามหนังสือเรียนหน้า 33 เพื่อสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน และตอบคำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 2.1 การสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายและสร้างแบบจำลองหลักฐานที่สนับสนุนแนวคิดที่ว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน

เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

1. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ (รูป 1)
2. หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา (รูป 2)
3. หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล (รูป 3)
4. โครงร่างแผนที่โลกปัจจุบัน (ภาคผนวก ก)
5. รูปแผ่นทวีปต่าง ๆ (ภาคผนวก ข)
6. กรรไกร 1 อัน
7. ปากกาสี/ดินสอสี 1 ชุด

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. เตรียมแผนที่โลกในปัจจุบันที่แสดงชื่อทวีปและประเทศต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้อ้างอิง
2. ทำสำเนา รูป 1- 3 ของกิจกรรมที่ 2.1 ให้กับนักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด หรือดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบท

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

เพื่อประหยัดเวลารู้อาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและศึกษาหลักฐานจากข้อมูลต่าง ๆ กลุ่มละ 2 ข้อมูล จากนั้นจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเพื่อเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนความรู้กัน

สถานการณ์

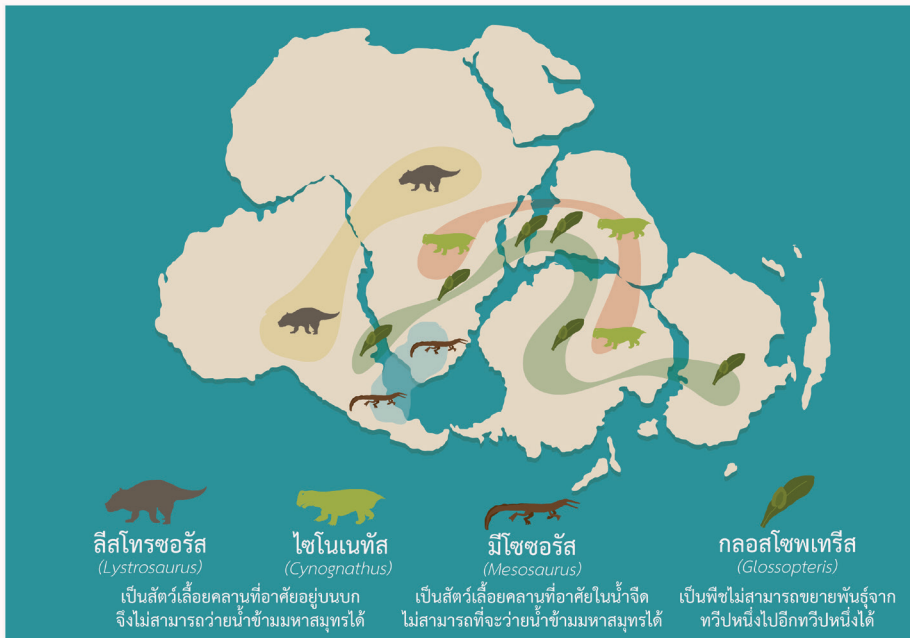
"ถ้านักเรียนต้องการนำเสนอแนวคิดเรื่อง "ในอดีตทวีปทั้งหมดเคยเป็นแผ่นดินเดียวกันมาก่อน" โดยใช้หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ กลุ่มหินและแนวเทือกเขา และการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล ที่พบจากในทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก" นักเรียนจะมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอให้คนทั่วไปยอมรับแนวคิดดังกล่าวได้อย่างไร

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ เกี่ยวกับสถานการณ์และหลักฐานที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้
 - หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์
 - หลักฐานความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา
 - หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล
2. สืบค้น และรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานต่าง ๆ นำผลที่ได้มาบันทึกลงในตารางที่กำหนดให้
3. วิเคราะห์ข้อมูลจากตารางมาจัดทำแผนที่แสดงการเชื่อมต่อกันของแผ่นทวีป โดยใช้โครงร่างแผนที่ที่กำหนดให้
4. นำเสนอแผนที่ที่แสดงการเชื่อมต่อกันของแผ่นทวีป
5. รวบรวมความคิดเห็นที่ได้จากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันมาปรับปรุงผลงานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

หลักฐานที่ใช้สนับสนุน		ทวีป/ประเทศ							แอนตาร์กติกา
		ยุโรป	เอเชีย	อินเดีย	อเมริกาเหนือ	อเมริกาใต้	ออสเตรเลีย	แอฟริกา	
ซากดึกดำบรรพ์	มีโซซอร์ส					✓		✓	
	ไซโนเนทัส					✓		✓	
	ลิสโทรซอร์ส							✓	✓
	กลอสโซพเทริส			✓		✓	✓	✓	✓
แนวเทือกเขา	แอนไพลาเลเซียน				✓				
	คาเลโดเนียน	✓							
ธารน้ำแข็ง บรรพกาล	พบ/ไม่พบ					✓	✓	✓	✓





สรุปผลการทำกิจกรรม

จากหลักฐานรูปร่างของขอบทวีปทำให้ทราบว่าทวีปต่าง ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อนในอดีต หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของพืชและสัตว์ ทำให้ทราบว่า ทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา แอนตาร์กติกา ออสเตรเลียและอินเดีย ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ต่าง ๆ ดังกล่าวอยู่ห่างกันมาก และมีมหาสมุทรคั่นอยู่กันเคยอยู่ติดกันมาก่อน เนื่องจากโอกาสที่พืชและสัตว์ดังกล่าวจะอพยพข้ามถิ่นฐานระหว่างทวีปนั้นเป็นไปได้ยาก

นอกจากนี้หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง ทำให้ทราบว่าทวีปข้างต้นเคยอยู่ติดกันใกล้บริเวณขั้วโลกใต้ และมีพืดน้ำแข็งปกคลุม

หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ทำให้ทราบว่าบางทวีป เช่น อเมริกา ยุโรป มีแนวเทือกเขาวางตัวในแนวเดียวกัน และมีกลุ่มหินเดียวกันที่มีช่วงอายุเดียวกัน จึงเป็นหลักฐานว่าทวีปนั้น ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมมีทวีปใดบ้างที่เคยอยู่ติดกันมาก่อน

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

2. มีหลักฐานใดบ้างที่นำมาใช้สนับสนุนว่าทวีปเคยอยู่ติดกันมาก่อน

แนวคำตอบ รอยต่อของขอบทวีป หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา หลักฐานจากหินที่สะสมตัวจากตะกอนธารน้ำแข็ง

3. หลักฐานใดบ้างที่สามารถนำมาใช้ระบุช่วงเวลาที่ทวีปต่าง ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน และหลักฐานดังกล่าวนำมาใช้อธิบายได้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ กลุ่มหินในแนวเทือกเขาแอลป์และแอลป์ ในทวีปอเมริกาเหนือ และแนวเทือกเขาคาเลโดเนียน ในประเทศนอร์เวย์ กรีนแลนด์ ไอร์แลนด์ และอังกฤษ มีช่วงอายุเดียวกันประมาณ 200 ล้านปี หลักฐานนี้อธิบายได้ว่าประเทศและทวีปข้างต้นเคยอยู่ติดกันมาก่อนในช่วงเวลาดังกล่าว และกลุ่มหินบริเวณทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา ทวีปออสเตรเลีย ทวีปแอนตาร์กติกา และประเทศอินเดีย พบว่ามีกลุ่มหินที่มีช่วงอายุระหว่าง 359-146 ล้านปี หลักฐานนี้อธิบายได้ว่าประเทศและทวีปข้างต้นเคยอยู่ติดกันมาก่อนในช่วงเวลาดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีหลักฐานจากรอยครูดุนหินที่แสดงการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาลที่มีอายุในช่วง 280 ล้านปี ที่พบในทวีปออสเตรเลีย ทวีปแอฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ และประเทศอินเดีย หลักฐานนี้อธิบายได้ว่าประเทศและทวีปข้างต้น เคยอยู่ติดกันใกล้บริเวณขั้วโลกใต้และมีพืดน้ำแข็งปกคลุมในช่วงเวลาดังกล่าว

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังด้านบน
 5. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับองค์ความรู้ร่วมกันเกี่ยวกับแนวคิดของอัลเฟรด เวเกเนอร์ และหลักฐานที่สนับสนุน ตามประเด็น ดังนี้
 - ทฤษฎีทวีปเลื่อน (continental drift theory) ที่เสนอโดย อัลเฟรด เวเกเนอร์ กล่าวว่า "ทวีปที่พบในปัจจุบันเคยอยู่ติดกันเป็นแผ่นเดียวก่อนในอดีตเรียกว่า พันเจีย"
 - หลักฐานของทฤษฎีทวีปเลื่อนได้แก่
 1. รอยต่อบริเวณขอบทวีป
 2. หลักฐานร่องรอยจากซากดึกดำบรรพ์
 3. ความคล้ายกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา
 4. หลักฐานจากธารน้ำแข็งบรรพกาล
 6. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีทวีปเลื่อน และหลักฐานสนับสนุน โดยอาจใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้าที่ 43 ดังนี้
 - หากสำรวจพบกลุ่มหินในเทือกเขาหนึ่งมีช่วงอายุประมาณ 200 ล้านปี เช่นเดียวกับกลุ่มหินในเทือกเขาแอนดิส นักเรียนจะสามารถสรุปว่าเทือกเขาทั้งสองนั้นเคยอยู่ติดกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** ไม่สามารถสรุปได้ การที่จะสรุปว่าเทือกเขาทั้งสองนั้นอยู่เคยอยู่ติดกันมาก่อนหรือไม่ต้องพิจารณาหลักฐานอื่น ๆ ประกอบ เช่น ชนิดของหิน การวางตัวของแนวเทือกเขา ว่าเหมือนกันหรือไม่

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.1 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสาร	1. การออกแบบการบันทึกผลในการปฏิบัติกิจกรรม 2.1 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2.1
A: ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน	จากการอธิบายการเคลื่อนที่ของทวีปและแผ่นธรณีโดยมีหลักฐานสนับสนุน

2.2 แนวคิดทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและหลักฐานสนับสนุน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครุณาเข้าสู่บทเรียนเรื่องการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทรโดยตั้งคำถาม ดังนี้
 - จากที่นักเรียนได้ศึกษาหลักฐานต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าทวีปต่าง ๆ เคยอยู่ติดกันมาก่อน แล้วกระบวนการใดทำให้ทวีปอยู่ในตำแหน่งดังปัจจุบัน
แนวคำตอบ เกิดจากการขยายตัวของมหาสมุทร หรือนักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง
 - หลักฐานต่าง ๆ ที่นักเรียนได้ศึกษาจากกิจกรรม 2.1 ซึ่งเป็นหลักฐานที่พบบนทวีป นักเรียนคิดว่าในมหาสมุทรจะมีหลักฐานใดบ้าง อย่างไร
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง

- ครูกล่าวถึงแนวคิดที่ว่าพื้มหาสมุทรมีการขยายตัว นักเรียนคิดว่าแนวคิดนี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ และจะต้องใช้หลักฐานใดมาสนับสนุน (ตอบตามความคิดของตนเอง) จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและปฏิบัติกิจกรรมที่ 2.2 ตามหนังสือเรียนหน้าที่ 43 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการแผ่ขยายของพื้มหาสมุทร และตอบคำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 2.2 แบบจำลองการแผ่ขยายของพื้มหาสมุทร

จุดประสงค์กิจกรรม

สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการแผ่ขยายของพื้มหาสมุทร

เวลา 1-2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- รูปรอยแยกกลางมหาสมุทร (รูป 1)
- แผนที่แสดงอายุของหินบริเวณพื้มหาสมุทร (รูป 2)
- แผนที่พื้มหาสมุทร (ภาคผนวก ค)
- วัสดุสำหรับทำแบบจำลองตามที่นักเรียนออกแบบ

การเตรียมตัวล่วงหน้า

เตรียมหรือแนะนำวัสดุต่าง ๆ ที่หาได้ในท้องถิ่นให้กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ครูอาจส่งงานล่วงหน้าเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์และออกแบบแบบจำลองมาก่อน โดยให้นักเรียนวาดภาพร่างของแบบจำลองเพื่อให้ครูพิจารณาให้ข้อเสนอแนะก่อนที่จะลงมือทำจริง
- ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลในรูป 1 รูป 2 และรูปในภาคผนวก ค โดยรูปในภาคผนวก ค ควรแนะนำให้นักเรียนสังเกตร่องรอยของรอยแยกกลางมหาสมุทรแอตแลนติก

สถานการณ์

นักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจพื้มหาสมุทรพบข้อมูลดังนี้

- มีแมกมาแทรกตัวขึ้นมาตามรอยแยกกลางมหาสมุทร
- เมื่อเจาะสำรวจหินบริเวณพื้มหาสมุทร และนำมาตรวจสอบ วิเคราะห์หาชนิดหินและอายุพบว่า

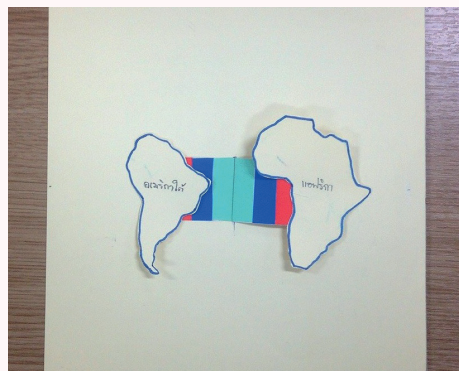
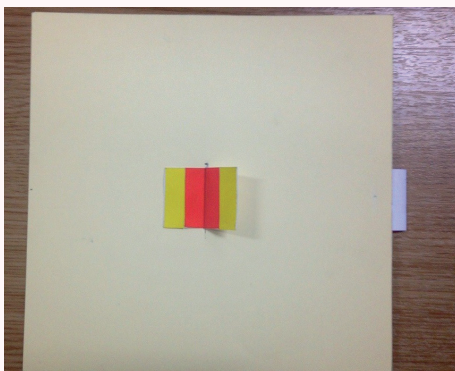
- หินบริเวณพื้นมหาสมุทรเป็นหินบะซอลต์
- หินบริเวณพื้นมหาสมุทรมีอายุน้อยกว่าหินที่อยู่บนพื้นทวีป
- หินพื้นมหาสมุทรบริเวณรอยแยกมีอายุที่สมมาตรกันทั้งด้านซ้ายและขวาของรอยแยก โดยหินใกล้รอยแยกจะมีอายุน้อยที่สุด และหินมีอายุมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อห่างออกจากรอยแยก

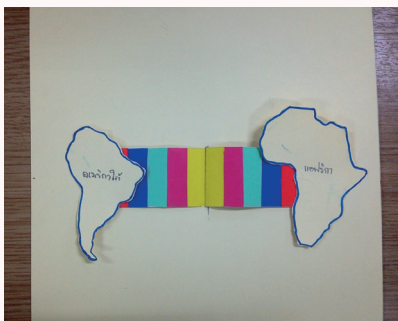
3. นักวิทยาศาสตร์นำข้อมูลต่าง ๆ มาสร้างแบบจำลองและแผนที่ได้ดัง รูป 1 และ 2

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและรูปที่กำหนด เกี่ยวกับลักษณะสัณฐาน ชนิดและอายุของหินที่พบบนพื้นสมุทร
2. อภิปรายและสรุปข้อมูลที่ได้จากข้อ 2
3. ออกแบบโดยวาดภาพร่างแบบจำลองแสดงการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร และกำหนดวัสดุต่าง ๆ ที่จะใช้ในแบบจำลอง โดยครูตรวจภาพร่างของแบบจำลองเพื่อให้ข้อเสนอแนะก่อนให้นักเรียนลงมือสร้างจริง
4. สร้างแบบจำลองแสดงการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร พร้อมทั้งนำเสนอและอธิบายการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น
5. รวบรวมข้อคิดเห็นที่ได้จากการนำเสนอมาปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้องและสมบูรณ์

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม





การอภิปรายและสรุปผล

แบบจำลองการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรที่สร้างขึ้นควรจะแสดงบริเวณรอยแยกกลางมหาสมุทรและสันเขากลางมหาสมุทร รวมทั้งอธิบายได้ว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ใกล้รอยแยกทั้งสองข้างเป็นหินบะซอลต์เกิดใหม่ที่มีอายุน้อยกว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ไกลรอยแยกออกไป และการที่พื้นมหาสมุทรขยายตัวทำให้ทวีปที่เคยอยู่ติดกันเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. องค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น เปรียบได้กับสิ่งใดบ้างในกระบวนการการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร

แนวคำตอบ อธิบายแบบจำลองของกลุ่มตนตามที่ได้ออกแบบไว้ เช่น ใช้แผ่นพลาสติก ลูกฟูกแทนพื้นมหาสมุทร ใช้แถบกระดาษแทนการแทรกดันของแมกมา

2. ข้อมูลจากรูป 1 และรูป 2 สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้อย่างไร

แนวคำตอบ ข้อมูลจากรูป 1 ทำให้ทราบว่ากลางมหาสมุทรมีรอยแยก และมีแมกมาแทรกดันขึ้นมาทำให้หินเดิมถูกดันออกห่างจากรอยแยก ข้อมูลจากรูป 2 ทำให้ทราบว่าอายุหินที่อยู่ไกลรอยแยกออกไปมีอายุมากกว่าหินที่อยู่ใกล้รอยแยก ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจะต้องหาวัสดุที่มาแทนรอยแยก พื้นมหาสมุทร และหินที่แทรกตัวขึ้นมา

3. จากรูป กระบวนการใดบ้างที่เกิดขึ้นในบริเวณรอยแยกกลางมหาสมุทร

แนวคำตอบ การแทรกดันของแมกมาขึ้นมาตามรอยแยกและการเคลื่อนที่แยกออกจากกันของพื้นมหาสมุทร

4. จากรูป หินที่พบบนพื้นมหาสมุทรเป็นหินชนิดใด และอายุของหินแต่ละบริเวณเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ หินบะซอลต์ แตกต่างกันถ้าหากพิจารณาเพียงด้านใดด้านหนึ่งของรอยแยก จะพบว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ใกล้รอยแยกจะมีอายุน้อยกว่าที่อยู่ไกลรอยแยกออกไป แต่ถ้าพิจารณาทั้งสองฝั่งของรอยแยกจะพบว่าอายุของหินบะซอลต์ทั้งสองฝั่งสมมาตรกัน

5. หินบริเวณใดบ้างที่มีอายุเท่ากัน

แนวคำตอบ แมกมาที่แทรกขึ้นมาพร้อมกันและแข็งตัวเป็นหินทั้งด้านซ้ายและขวาของรอยแยกกลางมหาสมุทร

6. หินบริเวณใดมีอายุมากที่สุด และบริเวณใดมีอายุน้อยที่สุด

แนวคำตอบ หินบริเวณใกล้รอยแยกมีอายุน้อยที่สุด หินที่อยู่ใกล้กับขอบทวีปมีอายุมากที่สุด

7. นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่า "พื้นมหาสมุทรมีการแผ่ขยายตัว" นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ อย่างไร

แนวความคิด นักเรียนอาจเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผล

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังด้านบน

4. ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรม 2.2 กับทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรโดยมีแนวทางการอภิปรายดังตัวอย่าง

แนวทางการอภิปราย จากกิจกรรมนักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทร จากหลักฐานการพบรอยแยกและสันเขากลางมหาสมุทร อายุหินบะซอลต์บนพื้นมหาสมุทร ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร (sea-floor spreading theory) ที่กล่าวว่า พื้นมหาสมุทรมีการเคลื่อนที่และขยายตัวออกเนื่องจากการแทรกดันของแมกมาขึ้นมาตามรอยแยกของพื้นมหาสมุทรและแข็งตัวกลายเป็นหินบะซอลต์ ทำให้เกิดเป็นพื้นมหาสมุทรใหม่ นอกจากนี้การศึกษากาวะแม่เหล็กบรรพกาล ยังเป็นอีกหลักฐานหนึ่งที่สนับสนุนทฤษฎีข้างต้น

5. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 48 ดังนี้

● การแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนอธิบายกระบวนการตามทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสร้างแบบจำลอง 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การออกแบบและสร้างแบบจำลองการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรในการปฏิบัติกิจกรรม 2.1 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2.2
ด้านจิตวิทยาศาสตร์/เจตคติ 1. ความใจกว้าง 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม 2. การอธิบายการเคลื่อนที่ของทวีปและแผ่นธรณีโดยมีหลักฐานสนับสนุน

2.3 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และระบุผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครุณาเข้าสู่บทเรียนเรื่องธรณีแปรสัณฐานโดยตั้งคำถามเพื่ออภิปรายดังนี้
 - จากทฤษฎีทวีปเลื่อน และทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรสามารถนำมาอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่ได้เนื่องจากยังไม่สามารถอธิบายกลไกที่ทำให้ทวีปเกิดการเคลื่อนที่ได้
2. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างคำว่าเปลือกโลก ธรณีภาค และแผ่นธรณี ตามหนังสือเรียนหน้า 49 เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทราบว่าในหัวข้อต่อไปที่จะกล่าวถึงเรื่องการเคลื่อนที่นั้น คือการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีซึ่งก็คือธรณีภาคที่แตกออกเป็นแผ่น ๆ นั้นเอง และทวีปที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นธรณี

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม และปฏิบัติกิจกรรมที่ 2.3 ตามหนังสือเรียนหน้า 50 เพื่อศึกษาถึงสาเหตุการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี



กิจกรรม 2.3 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายสาเหตุที่ทำให้แผ่นธรณีเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลอง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. น้ำมันพืช 1 ลิตร
2. แผ่นวัสดุเบา ลอยบนน้ำมันได้ และทนความร้อน เช่น แผ่นโฟมบาง ไม้บัลซา ขนาด กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น
3. ปีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ใบ
4. ผงวัสดุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมัน เช่น ผงพริกป่น ขี้เลื่อย
5. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ชุด
6. แท่งแก้วคนสาร 1 แท่ง

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ตัดแผ่นวัสดุเบาจำนวน 2 แผ่น ตามขนาดที่กำหนด โดยอาจตัดเป็นรูปร่างทวีปต่าง ๆ

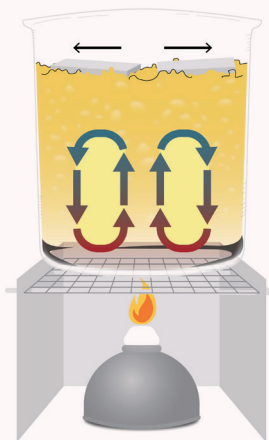
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. หากไม่มีปีกเกอร์ขนาดใหญ่สามารถใช้ชามแก้วทนไฟสำหรับทำอาหารแทนได้
2. ควรกำชับให้นักเรียนระมัดระวังในการจุดไฟ ไม่สัมผัสหรือเข้าใกล้แหล่งกำเนิดความร้อน และภาชนะที่ยังมีความร้อนอยู่
3. เพื่อประหยัดทรัพยากรอาจทดลองโดยใช้ชุดสาธิตเพียง 1-2 ชุด และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มผลัดกันออกมาสังเกตผล
4. ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับเหตุผลในการใช้วัสดุต่าง ๆ เช่น การใช้น้ำมันพืช ซึ่งเป็นของเหลวแทนเนื้อโลกที่เป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติกเนื่องจากเมื่อน้ำมันพืชได้รับความร้อนจะเปลี่ยนแปลงได้เร็วและอันตรายน้อยกว่าการใช้พาราฟิน แผ่นวัสดุเบาแทนแผ่นธรณี และตะเกียงแอลกอฮอล์แทนแหล่งกำเนิดความร้อนภายในโลก

วิธีการทำกิจกรรม

1. เทน้ำมันพืชลงในปิกเกอร์ และนำปิกเกอร์ตั้งบนชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
2. ใส่ผงวัสดุตรงกลางปิกเกอร์ใช้แท่งแก้วกดให้ผงวัสดุแขวนลอยอยู่ในชั้นน้ำมันพืช
3. วางแผ่นโฟมที่ตัดเป็นรูปร่างของแผ่นธรณี 2 แผ่น โดยวางให้ชิดกันและอยู่ตรงกลางของปิกเกอร์
4. สังเกตการเคลื่อนที่ของผงวัสดุและแผ่นโฟมก่อนจุดไฟ
5. จุดไฟที่ตะเกียงแอลกอฮอล์
6. สังเกตการเคลื่อนที่ของผงวัสดุและแผ่นโฟม และบันทึกผลการสังเกต โดยวาดภาพและเขียนบรรยาย

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมเมื่อน้ำมันได้รับความร้อน น้ำมันด้านล่างที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะเกิดการขยายตัวทำให้ความหนาแน่นลดลงจึงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน เมื่อเคลื่อนที่ใกล้ผิวหน้าของน้ำมันจะถ่ายโอนความร้อนให้กับอากาศทำให้มีอุณหภูมิต่ำลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงจมลงสู่ด้านล่าง และเมื่อได้รับความร้อนอีกครั้งก็จะเคลื่อนที่เช่นเดิมหมุนวนเป็นวงจร ซึ่งสังเกตการเคลื่อนที่ได้จากการเคลื่อนที่ของผงวัสดุ ลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวเรียกว่า การพาความร้อน และผลจากการเคลื่อนที่ของน้ำมันทำให้แผ่นโฟมที่วางอยู่ด้านบนเคลื่อนที่ตามกระแสของน้ำมันที่อยู่ด้านล่าง เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่วางตัวอยู่บนเนื้อโลก

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อให้ความร้อนกับน้ำมัน น้ำมันและแผ่นโฟมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สังเกตได้จากสิ่งใด

แนวคำตอบ น้ำมันมีการเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนและจมกลับลงมาด้านล่าง หมุนวนเป็นวงจรสังเกตได้จากวัสดุที่ลอยอยู่ในน้ำมัน ส่วนแผ่นโฟมจะมีการเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

2. น้ำมันพืช แผ่นโฟม และความร้อนที่ให้ในกิจกรรมเปรียบเทียบกับอะไรในธรรมชาติ

แนวคำตอบ น้ำมันพืชเทียบกับเนื้อโลก แผ่นโฟมเทียบกับแผ่นธรณี ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์เทียบกับความร้อนจากภายในโลก

3. กิจกรรมนี้เปรียบกับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้อย่างไร

แนวคำตอบ แผ่นโฟมด้านบนเคลื่อนที่ออกจากกันเนื่องจากการหมุนวนของน้ำมันด้านล่าง เช่นเดียวกับแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่ได้เนื่องจากการหมุนวนของเนื้อโลกที่เกิดจากการพาความร้อนเช่นเดียวกับแบบจำลอง

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถาม ดังแสดงด้านบน

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานว่าเป็นทฤษฎีที่ใช้หลักฐานแนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ ตั้งแต่ทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร และแนวคิดวงจรการพาความร้อน นำมาอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- เมื่อแผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่นอกจากจะทำให้ตำแหน่งของแผ่นธรณีเปลี่ยนแปลงไปแล้ว ยังส่งผลให้เกิดสิ่งใดอีกบ้าง

แนวคำตอบ ส่งผลให้เกิดธรณีฐาน โครงสร้างทางธรณี และธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ หรือนักเรียนอาจตอบตามความเข้าใจของตนเองเช่น เกิดการสั่นของแผ่นดินหรือมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: อธิบายสาเหตุ และกระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การตีความและลงข้อสรุป 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.3 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2.3
A: 1. ความใจกว้าง	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม

2.4 ธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

จุดประสงค์การเรียนรู้

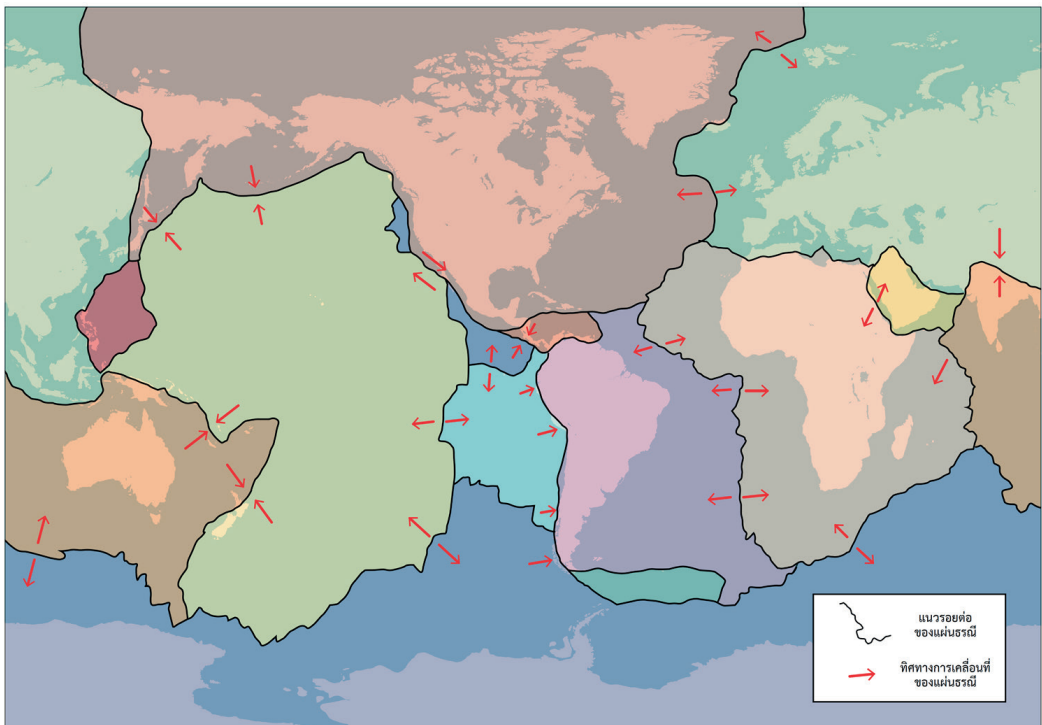
1. อธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาภาพแผ่นธรณีและทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี (ดาวน์โหลดจาก QR code ประจำบท) จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่าง



- ตำแหน่งของทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกาในปัจจุบันเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่แยกออกจากกันของแผ่นธรณี นักเรียนคิดว่าอีกฝั่งหนึ่งของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่แยกจากกันจะมีสิ่งใดเกิดขึ้น

แนวคำตอบ อีกด้านหนึ่งของแผ่นธรณีอาจชนหรือเบียดกับแผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่ง หรือนักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง

- จากรูป แผ่นธรณีต่าง ๆ ของโลกเคลื่อนที่ได้กี่รูปแบบ สังเกตจากสิ่งใด

แนวคำตอบ 3 รูปแบบคือ เคลื่อนที่เข้าหากัน แยกออกจากกัน และเคลื่อนที่ผ่านกัน โดยสังเกตจากลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่

- นักเรียนคิดว่าเมื่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่จะส่งผลให้เกิดสิ่งใดบ้าง และผลเหล่านั้นจะเกิดที่บริเวณใดบนแผ่นธรณี

แนวคำตอบ เกิดธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณี และธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ หรือนักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาถึงผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 2.4 ตามหนังสือเรียนหน้า 52



กิจกรรม 2.4 ท่องโลกกว้างตามหาธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

1. ระบุลักษณะธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณี
2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณี กับการเคลื่อนที่รูปแบบต่าง ๆ ของแผ่นธรณี

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศ (ภาคผนวก ค)
2. รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี (ภาคผนวก ง)

การเตรียมตัวล่วงหน้า

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

3. ให้นักเรียนตัดภาคผนวก ค และ ภาคผนวก ง ออกจากด้านหลังของหนังสือเรียน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรทบทวนเกี่ยวกับการเกิดภูมิประเทศรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งตำแหน่งของประเทศทวีปต่างๆ บนแผนที่ภูมิประเทศให้กับนักเรียน

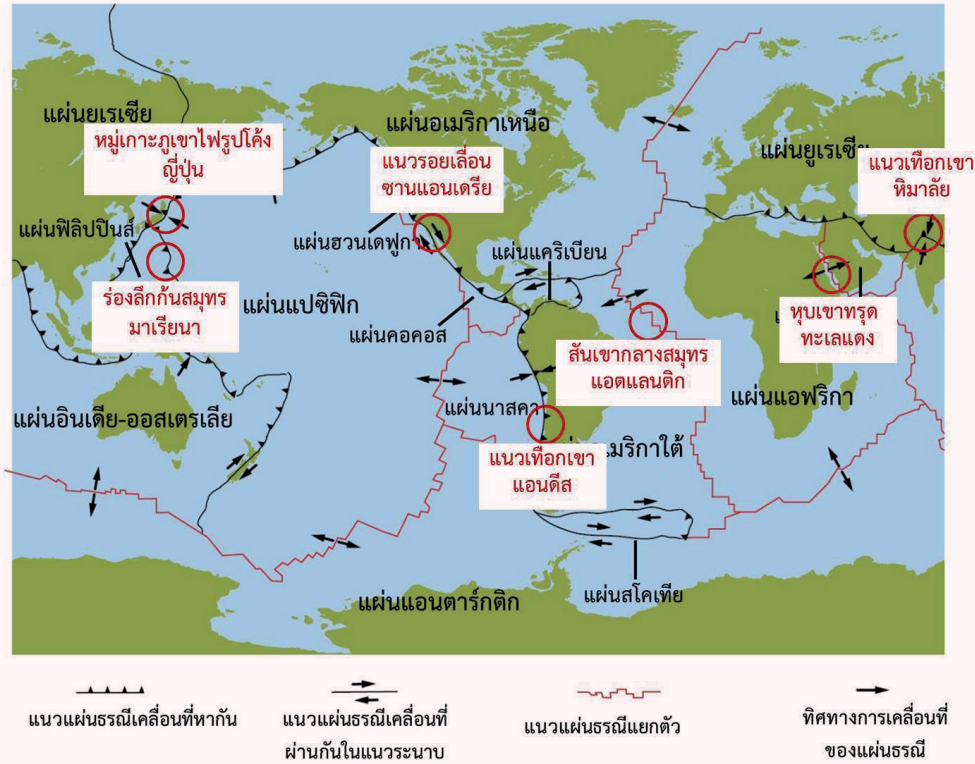
สถานการณ์

"นักธรณีวิทยาได้สำรวจพบธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ สันเขากลางสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง ประเทศญี่ปุ่น หุบเขาทรุดที่ทะเลแดง ร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนา แนวรอยเลื่อนซานแอนเดรียส แนวเทือกเขาหิมาลัย และแนวเทือกเขาแอนดิส ให้นักเรียนศึกษาและอธิบายลักษณะแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและทำให้เกิดธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ"

วิธีการทำกิจกรรม

1. นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณี ที่กำหนดให้ และความสัมพันธ์กับแผ่นธรณี จากนั้นอภิปรายสรุป ดังประเด็นต่อไปนี้
 - ลักษณะของธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีแต่ละแห่งที่กำหนดให้
 - บริเวณที่พบธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีดังกล่าว
 - รอยต่อของแผ่นธรณีที่พบธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีข้างต้น
 - ทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในบริเวณที่พบธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีแต่ละแห่งปรากฏอยู่
2. สรุปและนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีที่กำหนดให้กับทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ธรณีสัณฐาน/ โครงสร้างทางธรณี	ลักษณะ	ตำแหน่งบน แผ่นธรณี	ทิศทางการเคลื่อนที่ ของแผ่นธรณี
สันเขากลาง มหาสมุทร แอตแลนติก	สันเขาที่มีฐานกว้าง ส่วนยอดมีลักษณะ ของหุบเขาทรุด มีรอยแตกและรอย เลื่อนตัดขวางกับ รอยแยกจำนวนมาก	รอยต่อระหว่าง แผ่นอเมริกาใต้ และ แผ่นแอฟริกาหรือรอย ต่อระหว่าง แผ่นยูเรเชีย และแผ่น อเมริกาเหนือ	เคลื่อนที่ออกจากกัน
หมู่เกาะภูเขาไฟรูป โค้ง ประเทศญี่ปุ่น	เป็นหมู่เกาะแนวยาว และมีภูเขาไฟจำนวน มากบนเกาะ	รอยต่อระหว่าง แผ่นยูเรเชีย แผ่นอเมริกาเหนือ แผ่นแปซิฟิก แผ่นฟิลิปปินส์	เคลื่อนที่เข้าหากัน
หุบเขาทรุดที่ ทะเลแดง	มีลักษณะการแยก ตัวและการทรุดตัว ของเปลือกโลก	รอยต่อระหว่าง แผ่นแอฟริกาและแผ่น อาระเบีย	เคลื่อนที่ออกจากกัน
ร่องลึกกันสมุทร มาเรียนา	ร่องลึกในมหาสมุทร ที่มีความลึกมากที่สุด	รอยต่อระหว่าง แผ่นแปซิฟิก และแผ่นฟิลิปปินส์	เคลื่อนที่เข้าหากัน
แนวรอยเลื่อน ซานแอนเดรียส	แนวรอยเลื่อนใน แนวระดับขนาดใหญ่	รอยต่อระหว่าง แผ่นแปซิฟิก และ แผ่นอเมริกาเหนือ	เคลื่อนที่ผ่านกัน ในแนวระนาบ
แนวเทือกเขา หิมาลัย	เทือกเขาสูง	รอยต่อระหว่าง แผ่นยูเรเชีย และแผ่น อินเดีย-ออสเตรเลีย	เคลื่อนที่เข้าหากัน
แนวเทือกเขาแอน ดิส	เทือกเขาสูง	รอยต่อระหว่าง แผ่นนาสคาและแผ่น อเมริกาใต้	เคลื่อนที่เข้าหากัน

สรุปผลการทำกิจกรรม

แนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี 3 รูปแบบ คือ 1. แนวแผ่นธรณีแยกตัว (divergent plate boundary) 2. แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน (convergent plate boundary) 3. แนวแผ่นธรณีเคลื่อนผ่านกัน (transform plate boundary) โดยแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีสัณฐานแตกต่างกัน เช่น เทือกเขากลางสมุทร หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง หุบเขาทรุด ร่องลึกก้นสมุทร แนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ แนวเทือกเขาสูง รวมทั้งการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีที่สำคัญ เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมนักเรียนพบว่าถ้าจำแนกตามรูปแบบการเคลื่อนที่แล้ว แนวรอยต่อของแผ่นธรณีมีกี่รูปแบบ อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ 3 แบบ จากแนวลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ โดยมีแนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน แนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน และแนวรอยต่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน โดยแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดธรณีสัณฐานแตกต่าง

2. ธรณีสัณฐานแบบใดบ้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีในลักษณะเดียวกัน

แนวคำตอบ

1. สันเขากลางสมุทรแอตแลนติก หุบเขาทรุดที่ทะเลแดง เกิดจากการเคลื่อนที่ออกจากกันของแผ่นธรณี
2. หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง ประเทศญี่ปุ่น ร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนา แนวเทือกเขาหิมาลัย แนวเทือกเขาแอนดิส เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณี
3. แนวรอยเลื่อนซานแอนเดรียส เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวระดับของแผ่นธรณี

3. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการวิเคราะห์ของตนหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 3 นาที โดยควรนำเสนอข้อมูลตั้งนี้ธรณีสัณฐานทั้ง 7 แห่ง และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
4. ให้นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี โดยใช้รูปแนวรอยต่อของแผ่นธรณี 3 รูปแบบ และธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณีที่สัมพันธ์กับแนวรอยต่อตามหนังสือเรียนหน้า 53-37

5. ครูนำอภิปรายว่าการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีทั้ง 3 รูปแบบ นอกจากจะทำให้เกิดธรณีสัณฐาน และโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ ตรงบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแล้ว ยังทำให้เกิดสิ่งใดได้อีกบ้าง จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่ 2.5 ตามหนังสือเรียนหน้า 61 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหิน



กิจกรรม 2.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหิน

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหินโดยใช้แบบจำลอง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ดินน้ำมันสีต่างกันจำนวน 2 ก้อน
2. เวเฟอร์ที่มีหลายชั้น 2 ชั้น

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูอาจแนะนำให้นักเรียนบันทึกภาพเคลื่อนไหวแบบ slow motion เพื่อช่วยในการสังเกต
2. ควรใช้เวเฟอร์ที่ไม่เคลือบช็อกโกแลตและมีขนาดใหญ่พอที่จะใช้สองมือจับได้

วิธีการทำกิจกรรม

1. ปั้นดินน้ำมันแต่ละก้อนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมมีขนาด ยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร
2. วางดินน้ำมันก้อนที่ 1 บนพื้นราบ จากนั้นออกแรงดันดินน้ำมันทางด้านข้างทั้งสองด้านเข้าหากันช้า ๆ สังเกตและบันทึกผล (รูป 1)
3. วางดินน้ำมันก้อนที่ 1 บนพื้นราบ จากนั้นออกแรงดึงดินน้ำมันทั้งสองข้างออกจากกันอย่างช้า ๆ สังเกตและบันทึกผล (รูป 2)
4. เปลี่ยนจากดินน้ำมันเป็นเวเฟอร์ แล้วปฏิบัติตามข้อ 2 และ 3 สังเกตและบันทึกผล



รูป 1



รูป 2

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 2



ก่อนออกแรง



หลังออกแรง

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 3



ก่อนออกแรง



หลังออกแรง

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 4



ก่อนออกแรง



หลังออกแรง



ก่อนออกแรง

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 4 (ต่อ)



หลังออกแรง

การอภิปรายและสรุปผล

ดินน้ำมันและเวเฟอร์เป็นวัสดุที่มีสมบัติต่างกัน ดินน้ำมันมีสภาพยืดหยุ่นสามารถถูกทำให้ยืดตัวได้ ส่วนเวเฟอร์นั้นมีลักษณะแข็งเปราะ ดังนั้นเมื่อนักเรียนออกแรงดันดินน้ำมันเข้าหากัน ดินน้ำมันจะโก่งตัวขึ้นเป็นรอยโค้ง และเมื่อหยุดออกแรงดันดินน้ำมันก็ยังคงสภาพโค้งอยู่เช่นเดิม และเมื่อนักเรียนออกแรงดึงดินน้ำมันออกจากกันดินน้ำมันจะค่อย ๆ ยืดและบางออกจนขาดออกจากกันในที่สุด ต่างจากเวเฟอร์ที่เมื่อนักเรียนออกแรงดันและดึง เวเฟอร์จะแตกหัก และแยกออกจากกัน การเปลี่ยนแปลงของวัสดุเช่นนี้เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับชั้นหินในเปลือกโลก

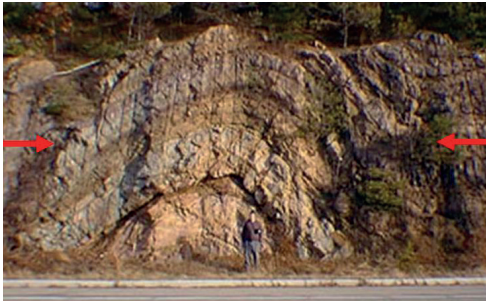
คำถามท้ายกิจกรรม

1. วัสดุที่นำมาใช้ทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง และมีสมบัติแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ ดินน้ำมันมีความยืดหยุ่นทำให้ยืดตัวได้ เวเฟอร์มีลักษณะแข็งเปราะ
2. เมื่อออกแรงดันเข้าหากัน ดินน้ำมันตามวิธีทำข้อ 2 ดินน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
แนวคำตอบ ดินน้ำมันโก่งตัวขึ้นเป็นรอยโค้ง
3. เมื่อออกแรงดึงออกจากกัน ดินน้ำมันตามวิธีทำข้อ 3 ดินน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
แนวคำตอบ ดินน้ำมันยืดออก และบางลงจนขาดออกจากกันในที่สุด
4. เมื่อออกแรงดันเข้าหากัน เวเฟอร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ เวเฟอร์แตกหักออกจากกัน
5. เมื่อออกแรงดึงออกจากกันเวเฟอร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ เวเฟอร์แตกหักออกจากกัน

6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถาม ดังแสดงด้านบน
7. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปบทเรียนและเชื่อมโยงการทำกิจกรรมที่ 2.5 กับ แรงที่กระทำกับชั้นหิน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหิน ตามหนังสือเรียนหน้า 62-65 โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอภิปราย

- กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ทำให้เกิดแรงต่าง ๆ กระทำต่อหินในชั้นเปลือกโลก ส่งผลให้เกิดความเค้นในชั้นหิน ซึ่งความเค้นนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และ/หรือ ปริมาตรของหิน และทำให้หินอยู่ในภาวะความเครียด
 - ความเค้นแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ความเค้นบีบอัด ความเค้นดึง ความเค้นเฉือน โดยอาจ ตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า จากการทำกิจกรรมกิจกรรมที่ 2.5 แรงที่นักเรียนกระทำต่อดินน้ำมันและเวเฟอร์ ถือเป็นความเค้นชนิดใด (การออกแรงดันเปรียบได้กับความเค้นบีบอัด การออกแรงดึงเปรียบได้กับความเค้นดึง)
 - ความเค้นบีบอัดกระทำต่อชั้นหินที่อยู่ใต้ผิวโลกซึ่งมีสมบัติคล้ายดินน้ำมันหรือที่มีสภาพพลาสติก ชั้นหินมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้ง ความเค้นดึงจะทำให้ชั้นหินบางลง และเกิดรอยแยก
 - ความเค้นบีบอัดและความเค้นดึงกระทำต่อชั้นหินบนเปลือกโลกมีสมบัติแข็งแรงและเปราะคล้ายสมบัติของเวเฟอร์ ชั้นหินจะเกิดรอยแตกและรอยเลื่อน ส่วนความเค้นเฉือนจำทำให้เกิดรอยเลื่อนในแนวระดับ
8. ครูให้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยให้พิจารณาภาพชั้นหินคดโค้ง และรอยเลื่อนชนิดต่าง ๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับชนิดของธรณีโครงสร้างและความเค้นหรือทิศทางของแรงที่มากระทำ ดังตัวอย่าง
 - รอยเลื่อน และรอยคดโค้งเกิดจากความเค้นชนิดเดียวกันหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนใส่ลูกศรบอกทิศทางของความเค้นลงในรูป



9. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับประโยชน์ในการศึกษาโครงสร้างทางธรณี ตามหนังสือเรียนหน้า 67 โดยมีแนวทางการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอภิปราย โครงสร้างทางธรณีเหล่านี้ นักธรณีวิทยาใช้ในการศึกษาเพื่อตรวจสอบและอธิบายประวัติทางธรณี ขนาด และทิศทางของแรงต่าง ๆ ที่มากระทำต่อตัวหินหรือเปลือกโลกในบริเวณนั้น ๆ และสามารถนำมาแสดงบนแผนที่ธรณีวิทยา ทำให้สามารถเข้าใจสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ในลักษณะเป็น 3 มิติ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้พื้นที่ และการสำรวจทรัพยากรธรณีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปิโตรเลียม เนื่องจากโครงสร้างทางธรณีบางลักษณะมีความสัมพันธ์กับแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: รูปแบบ และผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.4-2.5 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา การสื่อสาร 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม 2.4-2.5 2. การสืบค้น และการนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2.4-2.5
A: ความใจกว้าง	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงนำกลุ่มคำต่อไปนี้เติมลงในตารางให้สัมพันธ์กับทฤษฎีที่กำหนดให้ (สามารถเติมคำตอบซ้ำกันได้)

ทฤษฎีทวีปเลื่อน	ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร	ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน
ไชนอนเทตส์ การเคลื่อนที่ของตะกอน ธารน้ำแข็ง ความคล้ายคลึงกันของ กลุ่มหิน มีโซซอร์ส ลอเรเซีย พันเจีย กอนด์วานาแลนด์	อายุหินบนพื้นสมุทร ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล สันเขากลางสมุทร หุบเขาทรุด	วงจรการพาความร้อน แนวมุดตัวของแผ่นธรณี หมูเกาะภูเขาไฟรูปโค้ง รอยเลื่อนในแนวระดับ สันเขากลางสมุทร หุบเขาทรุด

2. จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 เพราะเหตุใด อัลเฟรด เวเกเนอร์จึงเชื่อว่าทวีปต่าง ๆ ในปัจจุบันเคยติดกันเป็นแผ่นเดียวมาก่อน

แนวคำตอบ อัลเฟรด เวเกเนอร์สังเกตรูปร่างของทวีปและพบว่ารูปร่างของบางทวีป เช่น ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกา มีส่วนที่ต่อกันได้เหมือนจิ๊กซอว์ จึงสันนิษฐานว่าทวีปต่าง ๆ อาจเคยอยู่ติดกันมาก่อน จากนั้นเวเกเนอร์ได้ศึกษาหาหลักฐานต่าง ๆ มาเพิ่มเติม ได้แก่ หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา หลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล

2.2 การค้นพบสิ่งใดของ แฮรี เฮส ที่ถูกนำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร

แนวคำตอบ แฮรี เฮสค้นพบการแทรกดันและแข็งตัวของลาวาที่ปะทุขึ้นมาตามรอยแยกกลางสันเขากลางสมุทรเกิดเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกโลกใหม่และดันเปลือกโลกทั้งสองฝั่งให้เคลื่อนที่แยกออกจากกัน

2.3 ถ้ามีการค้นพบเทือกสันเขากลางสมุทรในมหาสมุทรแห่งหนึ่ง ในเวลาต่อมามหาสมุทรแห่งนั้นจะกว้างขึ้น หรือแคบลง เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ กว้างขึ้นเนื่องจากการพบสันเขากลางสมุทรแสดงว่ามีการแทรกดันของแมกมาในบริเวณรอยแยกกลางมหาสมุทรทำให้พื้นมหาสมุทรเกิดการขยายตัว

2.4 สันเขากลางสมุทรแอตแลนติกเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบใด

แนวคำตอบ เคลื่อนที่แยกออกจากกัน

2.5 หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้งเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบใด

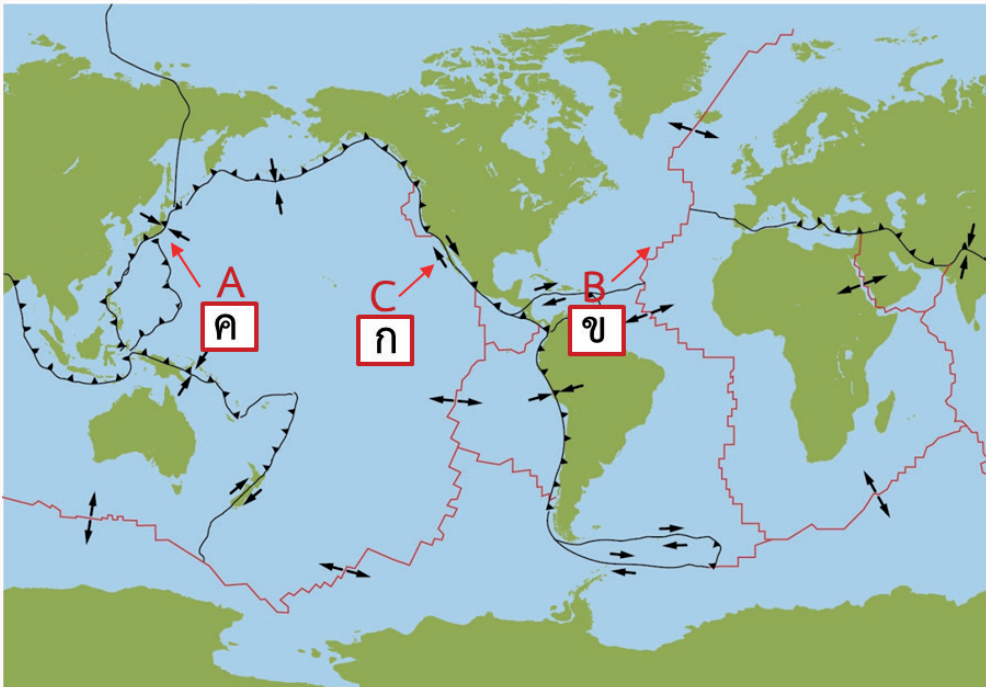
แนวคำตอบ เคลื่อนที่เข้าหากัน

3. จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	ข้อความ
✓	1. หินบะซอลต์ที่พบใกล้รอยแยกบริเวณเทือกสันเขาใต้สมุทรจะมีอายุอ่อนกว่าหินบะซอลต์ที่อยู่ไกลจากรอยแยกออกไป
✗	2. เมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทรเกิดรอยแยกและเคลื่อนที่ออกจากกันอย่างช้า ๆ จะมีเนื้อหินแกรนิตจากส่วนล่างแทรกดันขึ้นมาตรงรอยแยกเกิดเป็นชั้นธรณีภาคใหม่
✓	3. วงจรการพาความร้อนเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
✗	4. อัลเฟรด เวเกเนอร์ เป็นผู้เสนอทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร
✗	5. บริเวณทะเลแดงเกิดจากการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป
✓	6. เทือกเขาหิมาลัยเกิดจากการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นทวีปยูเรเชีย และแผ่นทวีปอินเดีย – ออสเตรเลีย
✗	7. ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นส่วนหนึ่งของทวีปออสเตรเลีย
✗	8. ร่องลึกก้นสมุทรเกิดขึ้นบริเวณกลางมหาสมุทรแอตแลนติก
✗	9. รอยเลื่อนซานแอนเดรียสเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นทวีป
✓	10. ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาลของพื้นมหาสมุทรเป็นหลักฐานยืนยันการเคลื่อนที่ออกจากกันของแผ่นทวีป

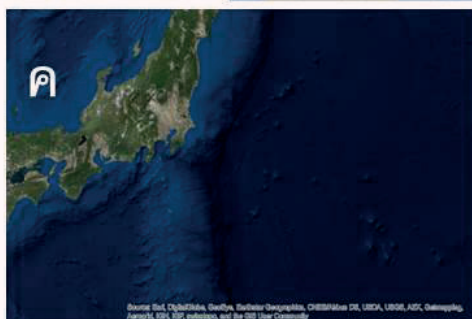
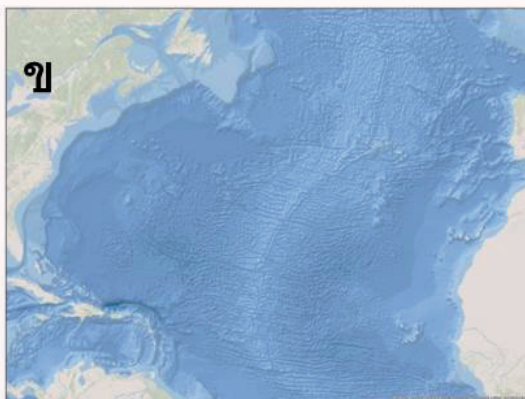
4. พิจารณารูป 1 และ 2 แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้

- 4.1 จงจับคู่รอยต่อ A B และ C กับ รูป ก ข และ ค ให้มีความสัมพันธ์กันโดยเขียนคำตอบลงในกล่องข้อความในรูปที่ 1
- 4.2 ธรณีฐานฐานที่ปรากฏในรูป 2 ก-ค มีกระบวนการเกิดอย่างไร และมีบริเวณใดอีกบ้างที่มีลักษณะคล้ายกับในรูป 2 ก-ค จงยกตัวอย่าง



รูป 1 รอยต่อของแผ่นธรณี

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



รูป 2 แสดงธรณีสัณฐานบริเวณต่าง ๆ บนโลก

แนวคำตอบ รูป ก คือรอยเลื่อนซานแอนเดรียส เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านกันในระดับของแผ่นธรณี

รูป ข สันเขากลางสมุทรแอตแลนติก เกิดจากการเคลื่อนที่แยกออกจากกันของแผ่นธรณี

รูป ค ร่องลึกก้นสมุทร ประเทศญี่ปุ่น และหมู่เกาะญี่ปุ่น เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณี

- จากหลักฐานการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทรแอตแลนติกส่งผลอย่างไรต่อการเคลื่อนที่ของทวีปอเมริกาใต้และแอฟริกา

แนวคำตอบ ทำให้ทวีปอเมริกาใต้และทวีปแอฟริกาเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

- ลักษณะของทวีปในปัจจุบันเหมือนหรือต่างกับทวีปเมื่อประมาณ 200 ล้านปีก่อนอย่างไร

แนวคำตอบ ทวีปในปัจจุบันแยกออกจากกันไม่ได้อยู่ติดกันเป็นแผ่นดินเดียวเหมือนเมื่อ 200 ล้านปีก่อน

7. แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร และทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีมีความเหมือน และแตกต่างกันในเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ ทั้งสามทฤษฎีต่างกล่าวถึงการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่รายละเอียดและหลักฐานสนับสนุน ทฤษฎีทวีปเลื่อนมีหลักฐานสนับสนุน เช่น หลักฐานซากดึกดำบรรพ์ หลักฐานจากกลุ่มหินและแนวเทือกเขา และหลักฐานจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งบรรพกาล แต่ยังไม่สามารถอธิบายสาเหตุของการเคลื่อนที่ได้

ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรมีหลักฐานการขยายตัวของพื้นมหาสมุทร คือ การค้นพบสันเขากลางสมุทร อายุของหินบะซอลต์บนพื้นสมุทร และภาวะแม่เหล็กบรรพกาล ถึงแม้จะสามารถอธิบายว่าทวีปเคลื่อนที่ออกจากกันได้เพราะมหาสมุทรขยายตัวแต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายกลไกการเคลื่อนที่ได้

ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี รวมเอาหลักฐาน แนวคิด ทฤษฎี ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีทวีปเลื่อน ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร และแนวคิดวงจรการพาความร้อน มาอธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นธรณี โดยใช้ข้อมูลการพาความร้อนของแมกมาภายในฐานธรณีภาค และใช้การเคลื่อนที่ของ แผ่นธรณีในลักษณะต่างๆ มาอธิบายธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณี และปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาต่างๆ ที่มีกระบวนการเกิดอยู่ภายในโลกและส่งผลกระทบขึ้นมาสู่โลก เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด

8. เพราะเหตุใดเมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทรและแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีสมุทรจึงมุดตัวลงข้างใต้แผ่นธรณีทวีป ส่วนที่มุดตัวจะลงไปอยู่ที่ส่วนใดของโครงสร้างโลก

แนวคำตอบ เนื่องจากแผ่นธรณีสมุทรมีความหนาแน่นมากกว่าแผ่นธรณีทวีป และส่วนที่มุดตัวจะลงไปที่ชั้นฐานธรณีภาค

9. จากรูปแสดงบริเวณที่ราบสูงทิเบต และแนวเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีอินเดีย-ออสเตรเลียและแผ่นธรณียูเรเชีย หากแผ่นธรณิดังกล่าวเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมต่อไปเรื่อย ๆ นักเรียนคิดว่าลักษณะของธรณีสัณฐานบริเวณนั้นจะเป็นอย่างไร

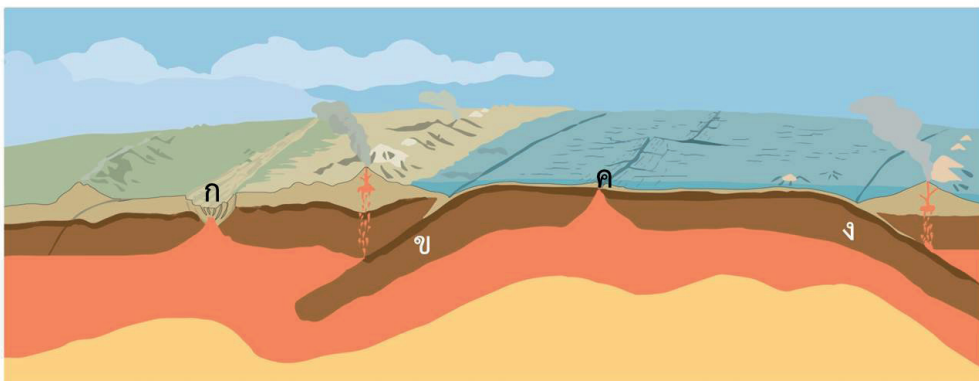


แนวคำตอบ หากแผ่นธรณีบริเวณดังกล่าวเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมไปเรื่อย ๆ อาจทำให้เทือกเขาหิมาลัยสูงขึ้นเนื่องจากการโก่งตัวของแผ่นธรณี

10. นักเรียนคิดว่าการเกิดแผ่นธรณีขึ้นมาใหม่จะมีผลทำให้โลกมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ เนื่องจากมีบางส่วนของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันจะมุดลงไปในชั้นฐานธรณีภาคเกิดการหลอมกลายเป็นแมกมา

11. จากรูปบริเวณใดบ้างที่แผ่นธรณีเกิดการต่อเติมและขยายตัวออก บริเวณใดบ้างเกิดการหลอมแผ่นธรณีสู่ภายใต้โลก เพราะเหตุใด



แนวคำตอบ บริเวณ ก และ ค เป็นบริเวณที่แผ่นธรณีเกิดการต่อเติมและขยายตัวออก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน มีแมกมาแทรกดันขึ้นมาตามรอยแตกเกิดเป็นแผ่นธรณีใหม่

บริเวณ ข และ ง เป็นบริเวณที่แผ่นธรณีเกิดการหลอมสู่ภายในโลก เนื่องจากเป็นรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน เกิดแนวมุดตัวทำให้แผ่นธรณีบางส่วนถูกหลอมเมื่อมุดตัวสู่ชั้นฐานธรณีภาค

12. จากรูป จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) ตำแหน่ง ก และ ข เป็นธรณีฐานแบบใด

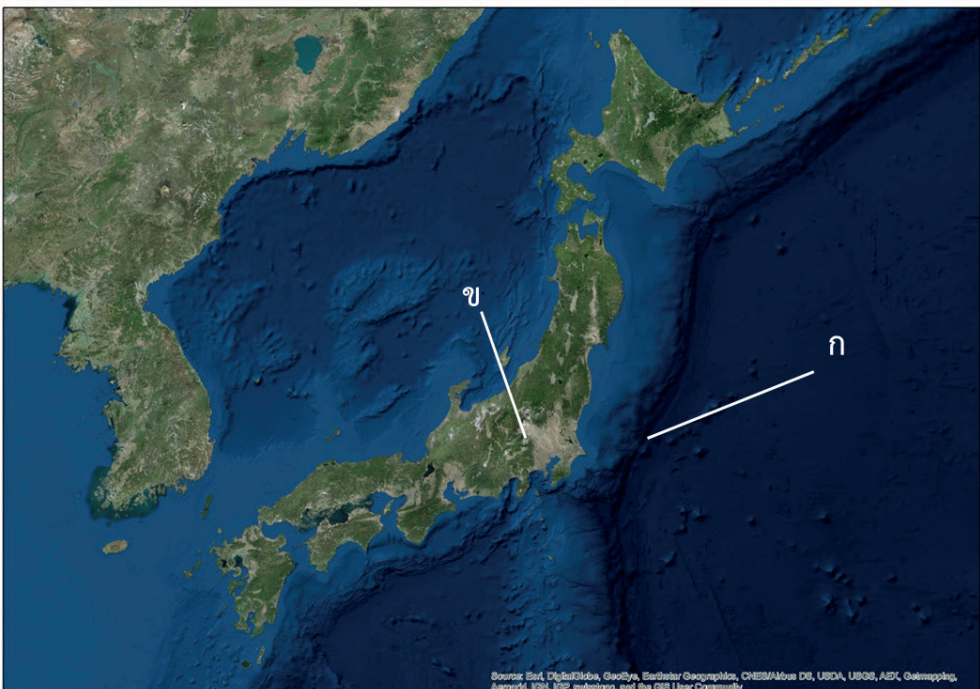
แนวคำตอบ ก คือร่องลึกก้นสมุทร ข คือหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง

2) ธรณีฐานข้างต้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีใด และเคลื่อนที่แบบใด

แนวคำตอบ ก เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีแปซิฟิก และแผ่นธรณียูเรเชีย ข เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณีแปซิฟิก แผ่นอเมริกาเหนือ แผ่นยูเรเชีย และแผ่นฟิลิปปินส์

3) บริเวณใดคือรอยต่อของแผ่นธรณี

แนวคำตอบ บริเวณ ข



บทที่

3

| ธรณีพิบัติภัย (Geohazard)


goo.gl/XFJwkP

ผลการเรียนรู้

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

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

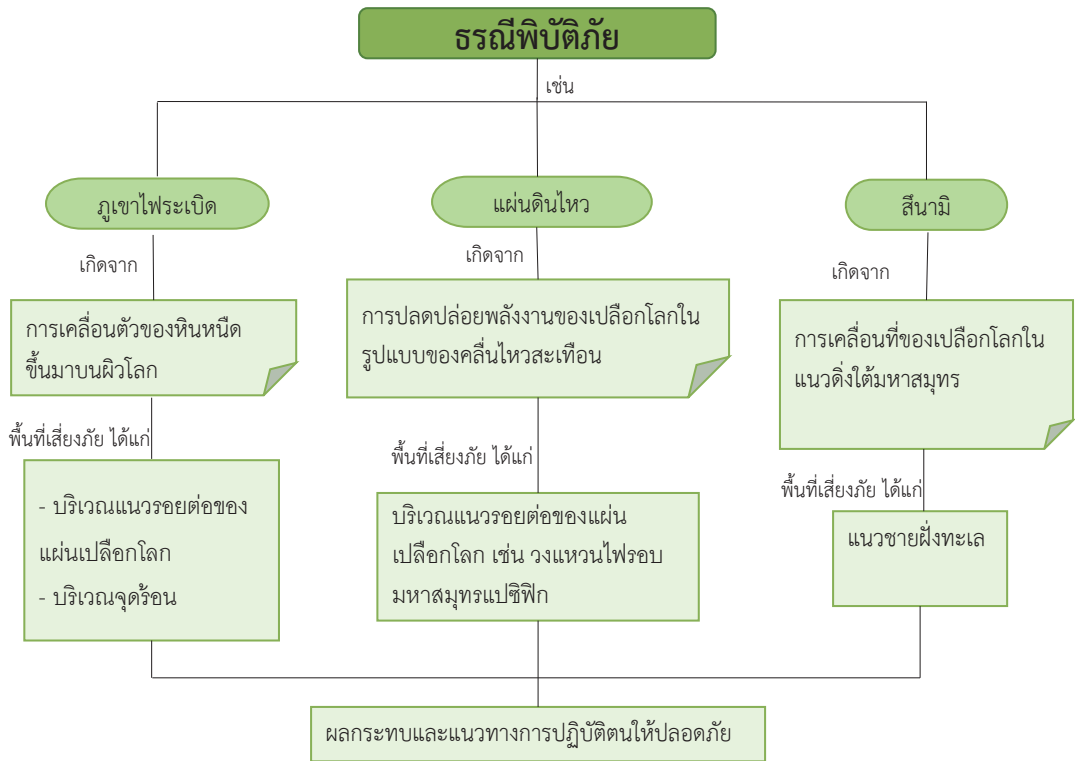
ผลการเรียนรู้

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

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดโดยใช้แบบจำลอง
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
4. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว โดยใช้แบบจำลอง
5. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากแผ่นดินไหว
6. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
7. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด จากสึนามิโดยใช้แบบจำลอง
8. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากสึนามิ
9. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ 3. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม	1. ความใจกว้าง 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 3. ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาซึ่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมแบบฉับพลันและรุนแรง



ภูเขาไฟเกิดจากการแทรกดันของแมกมาขึ้นมาบนผิวโลกตามช่องว่างหรือรอยแตกของเปลือกโลก โดยส่วนใหญ่จะมีตำแหน่งความสัมพันธ์กับรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันหรือแนวมุดตัวของแผ่นธรณี โดยเฉพาะบริเวณรอบๆ มหาสมุทรแปซิฟิก และยังมีภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในบริเวณแผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน ภูเขาไฟในบางบริเวณอาจเกิดจากการแทรกดันของแมกมาจากจุดร้อนที่บริเวณกลางแผ่นธรณี



ภูเขาไฟมีรูปร่างและความรุนแรงในการระเบิดแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแมกมา เป็นสำคัญ แมกมาที่มีองค์ประกอบของซิลิกาสูงจะมีความหนืดมากจะทำให้ภูเขาไฟมีรูปร่างสูงชันและระเบิดรุนแรง ส่วนแมกมาที่มีองค์ประกอบของซิลิกาต่ำจะมีความหนืดน้อยและลาวาไหลไปรอบปากปล่องภูเขาไฟจึงมีฐานกว้างไม่สูงมากและระเบิดไม่รุนแรง



ภูเขาไฟระเบิดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในบางครั้งส่งผลกระทบอย่างรุนแรงและเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นการสร้างระบบเตือนภัย และแนวการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง



แผ่นดินไหวเกิดเมื่อแผ่นธรณีเคลื่อนที่จะเกิดการเสียดสีและ/หรือชนกันระหว่างแผ่นธรณีสองแผ่น หินจะสะสมพลังงานไว้จนกระทั่งเกิดการแตกหักและเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ทำให้พื้นผิวโลกเกิดการสั่นสะเทือน และอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น ภูเขาไฟระเบิด การทดลองระเบิดนิวเคลียร์



เมื่อเกิดแผ่นดินไหวคลื่นไหวสะเทือนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะเคลื่อนที่จากต้นกำเนิดแผ่นดินไหวไปทุกทิศทุกทาง ทำให้บริเวณต่าง ๆ ได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน บริเวณบนพื้นผิวโลกที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุดคือจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นจุดบนพื้นผิวโลกที่อยู่เหนือบริเวณต้นกำเนิดของแผ่นดินไหวภายในโลก ที่เรียกว่าศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

ปริมาณของพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังผิวโลก สังเกตได้จากค่าแอมพลิจูดของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ และนำมาคำนวณเป็นขนาดของแผ่นดินไหว ขนาดของแผ่นดินไหว รายงานโดยใช้มาตราริกเตอร์ และมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว



ผลของแผ่นดินไหวที่ทำให้คนรู้สึกถึงการสั่นสะเทือน ลักษณะที่วัตถุหรืออาคารเสียหาย หรือสภาพภูมิประเทศเปลี่ยนแปลง สามารถนำมาประเมินเป็นความรุนแรงของแผ่นดินไหว ความรุนแรงจะเกิดมากที่สุดบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวและลดลงตามระยะทาง มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ มาตราเมอร์คัลลีปรับปรุงใหม่



พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบนโลกส่วนใหญ่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีหลายประเทศที่เป็นศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี ทำให้ประเทศไทยได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากบริเวณดังกล่าว



ประเทศไทยไม่ได้ตั้งอยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี แต่มีโอกาสเป็นศูนย์เกิดแผ่นดินไหวได้เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลังภายในประเทศที่มีการสะสมพลังงานจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี



แผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นเราควรศึกษาวิธีการปฏิบัติตนทั้งการรับมือก่อนเกิด ระหว่างเกิด และหลังจากเกิดแผ่นดินไหว ให้เข้าใจและสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง



สึนามิมักจะเกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งโดยรอบของมหาสมุทรแปซิฟิกเนื่องจากมีแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเป็นทางยาวหรือที่รู้จักกันในชื่อวงแหวนไฟ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการมุดตัวของแผ่นธรณีและทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ แผ่นดินไหวทำให้เกิดเป็นสึนามิ



สึนามิเป็นคลื่นที่มีลักษณะเฉพาะตัวโดยในบริเวณที่ความลึกน้ำมาก ๆ สึนามิจะมีความสูงคลื่นน้อย แต่ความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูง เมื่อเคลื่อนเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นความยาวคลื่นและความเร็วคลื่นจะลดลงแต่ความสูงคลื่นเพิ่มขึ้นทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ปะทะเข้ากับแผ่นดิน

สึนามิ ทำให้มีผู้เสียชีวิต บาดเจ็บ และสูญหายจำนวนมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก



สึนามิเป็นภัยพิบัติที่ไม่สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ ดังนั้นวิธีการป้องกันความเสียหายคือการเฝ้าระวังและเตือนภัยก่อนที่สึนามิจะเคลื่อนที่มาถึงชายฝั่ง กระบวนการเตือนภัยสึนามิประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การตรวจวัดข้อมูล การประมวลผลจากข้อมูล การประกาศเตือนภัย



สึนามิมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นเราควรศึกษาวิธีการปฏิบัติตน ทั้งการรับมือก่อนเกิด ระหว่างเกิด และหลังจากเกิดสึนามิ ให้เข้าใจและสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

สาระสำคัญ

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาซึ่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมแบบฉับพลันและรุนแรง ดังนั้นการศึกษาถึง สาเหตุ กระบวนการเกิด ผลที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางในการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย จะช่วยให้มนุษย์เข้าใจถึงธรรมชาติของการเกิดธรณีพิบัติภัย และสามารถเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ เพื่อให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1 ภูเขาไฟระเบิด | 4 ชั่วโมง |
| 2 แผ่นดินไหว | 4 ชั่วโมง |
| 3 สึนามิ | 4 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

สาเหตุ รูปแบบ และผลจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ความหนืดของสาร โครงสร้างทางธรณี คลื่นไหวสะเทือน



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อ	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิเป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบนผิวโลก (เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก)	✗
2	การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีไม่ก่อให้เกิดธรณีพิบัติภัย (ก่อให้เกิดเป็นแผ่นดินไหว หรือสึนามิได้)	✗
3	ภูเขาไฟสามารถพบได้ทุกบริเวณบนโลก (พบเฉพาะบางบริเวณ เช่น แนวรอยต่อของแผ่นธรณี จุดร้อน)	✗
4	คลื่นไหวสะเทือนเป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่	✓
5	รอยเลื่อนและชั้นหินคดโค้งเป็นโครงสร้างทางธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	✓
6	การเกิดภูเขาไฟระเบิดใต้ทะเลอาจทำให้เกิดสึนามิได้	✓
7	การเกิดแผ่นดินไหวสามารถเกิดได้ตลอดเวลา	✓
8	ในประเทศไทยไม่มีการสำรวจพบภูเขาไฟ (พบภูเขาไฟดับสนิทในประเทศไทย)	✗
9	หากเกิดแผ่นดินไหวขณะอยู่ในอาคารควรมอบลงใต้โต๊ะเพื่อป้องกันสิ่งของตกใส่	✓
10	หากเกิดสึนามิขณะอยู่ในเรือกลางทะเลให้รีบเข้าใกล้ฝั่งให้มากที่สุด (ควรรีบเรือออกจากฝั่งให้มากที่สุด เนื่องจากเมื่ออยู่ในทะเลลึกความสูงคลื่นจะน้อย)	✗

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
ภูเขาไฟต้องมีลักษณะเป็นภูเขา	ภูเขาไฟมีรูปร่างหลากหลายและไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นภูเขาเสมอไป ในบางบริเวณอาจเป็นเพียงรอยแยกที่ลาวาปะทุขึ้นมา
เมื่อเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเลทุกครั้งจะต้องเกิดสึนามิ	การเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเลก่อให้เกิดสึนามิได้ในบางครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นธรณี ระดับความลึกของจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

3.1 ภูเขาไฟระเบิด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดโดยใช้แบบจำลอง
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>
3. ข้อมูลเกี่ยวกับภูเขาไฟ <https://www.volcanodiscovery.com/volcano-map.html>
4. ข้อมูลเกี่ยวกับธรณีพิบัติภัย <http://www.iris.edu> <http://www.tmd.go.th>
<http://www.dmr.go.th>

แนวทางการจัดการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข่าวเกี่ยวกับภูเขาไฟ ดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - นักเรียนเคยได้ยินข่าวภูเขาไฟระเบิดเกิดขึ้นในประเทศใดบ้าง
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามประสบการณ์ของตนเอง โดยครูสรุปให้นักเรียนเห็นว่า มีบางประเทศเท่านั้นที่เกิดเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดขึ้น
 - ประเทศไทยเคยได้รับผลกระทบจากการเกิดภูเขาไฟระเบิดหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามประสบการณ์ของตนเอง โดยครูสรุปว่าประเทศไทยไม่มีภูเขาไฟจึงไม่ได้รับผลกระทบโดยตรง หรืออาจตอบว่าได้รับผลกระทบจากการระเบิดของภูเขาไฟจากประเทศใกล้เคียง เช่น มีฝุ่น ควันปกคลุมบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย

เนื่องจากเกิดภูเขาไฟระเบิดในประเทศอินโดนีเซีย บางครั้งอาจรู้สึกถึงแรงสั่นสะเทือน และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



กิจกรรม 3.1 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเกิดภูเขาไฟบนแผ่นธรณี

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และระบุตำแหน่งภูเขาไฟบนแผ่นธรณี
2. ระบุและอธิบายประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับตำแหน่งภูเขาไฟ
3. จัดกลุ่มตำแหน่งภูเขาไฟตามตำแหน่งและประเภทแนวรอยต่อบนแผ่นธรณี

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนที่ตำแหน่งภูเขาไฟ (หนังสือเรียนหน้า 80)
2. แผนที่แสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนของแผ่นธรณี (ภาคผนวก ง หนังสือเรียนหน้า 165)

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ควรเตรียมแผนที่ตำแหน่งภูเขาไฟให้นักเรียน โดยสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบท
2. ควรเตรียมแผนที่แสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนของแผ่นธรณี โดยให้นักเรียนตัดออกจากภาคผนวกในหนังสือ หรือสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบท
3. ควรทำสำเนาดารารงาน์ที่กผลตามหนังสือเรียนหน้าที 81-83 ให้นักเรียน หรือสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code
4. อภิปรายร่วมกันกับนักเรียนเพื่อช่วยให้เข้าใจสัญลักษณ์ต่าง ๆ บนแผนที่ทั้งสอง

วิธีการทำกิจกรรม

1. จากแผนที่แสดงตำแหน่งของภูเขาไฟจากรูปที่ 1 และชื่อภูเขาไฟที่กำหนดในตาราง ให้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของภูเขาไฟดังกล่าวตั้งอยู่บนแผ่นธรณีใด หรือตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีคูใดจากแผนที่แสดงประเภทแนวรอยต่อและลักษณะการเคลื่อนของแผ่นธรณี (ภาคผนวก) และบันทึกข้อมูลลงในตาราง

- 2. พิจารณาข้อมูลภูเขาไฟที่ตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีที่บันทึกในตาราง และระบุประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับตำแหน่งภูเขาไฟดังกล่าว ลงในตารางบันทึกผล
- 3. ลากเส้นเชื่อมต่อตำแหน่งภูเขาไฟที่อยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากัน
- 4. จัดกลุ่มภูเขาไฟตามตำแหน่งและประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และนำเสนอ

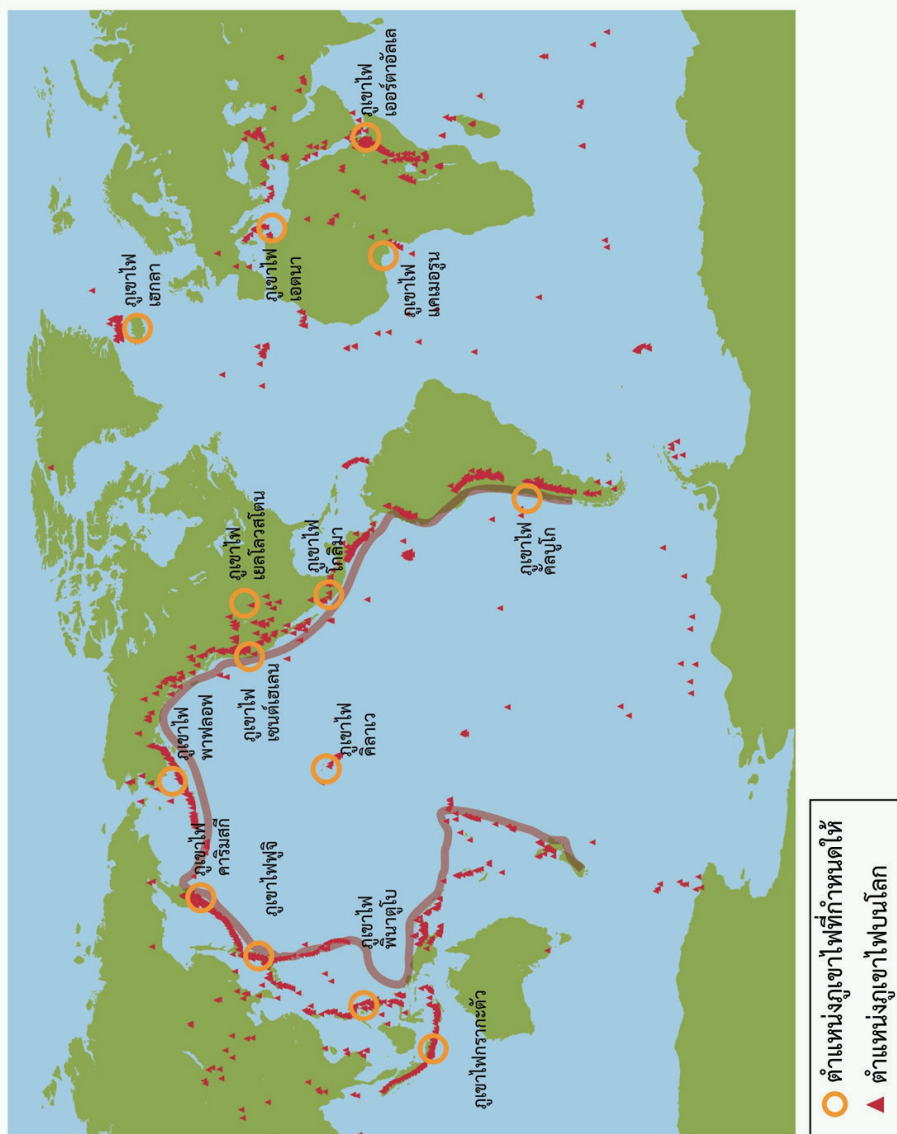
ตารางบันทึกผล

ภูเขาไฟที่พบ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี		ประเภทแนวรอยต่อของแผ่นธรณี		
			เคลื่อนที่หากัน	เคลื่อนที่แยกจากกัน	เคลื่อนที่ผ่านกัน
ภูเขาไฟกรากะตัว ประเทศอินโดนีเซีย	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของแผ่นธรณีออสเตรเลียและแผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟพินาตุโบ ประเทศฟิลิปปินส์	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของแผ่นธรณีฟิลิปปินส์และแผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของแผ่นธรณีแปซิฟิกแผ่นธรณีฟิลิปปินส์แผ่นธรณีอเมริกาเหนือ และแผ่นธรณียูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟคาริมสกี ประเทศรัสเซีย	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของแผ่นธรณีแปซิฟิกและแผ่นธรณียูเรเชีย	✓		

ภูเขาไฟ ที่พบ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี		ประเภทแนวรอยต่อของ แผ่นธรณี		
			เคลื่อนที่ หากัน	เคลื่อนที่ แยก จากกัน	เคลื่อนที่ ผ่านกัน
ภูเขาไฟ พาฟลอฟ ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณี อเมริกาเหนือ และ แผ่นธรณีแปซิฟิก	✓		
ภูเขาไฟ เซนต์เฮเลน ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณีฮวนเดฟู กาและแผ่นธรณี อเมริกาเหนือ	✓		
ภูเขาไฟ เยลโลวสโตน ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☒ อยู่ในแผ่นธรณี อเมริกาเหนือ	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟ คิลาเว เกาะฮาวาย ประเทศ สหรัฐอเมริกา	☒ อยู่ในแผ่นธรณี แปซิฟิก	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟ โกลิมา ประเทศ เม็กซิโก	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณี..... และ.....	✓		

ภูเขาไฟ ที่พบ	ตำแหน่งบนแผ่นธรณี		ประเภทแนวรอยต่อของ แผ่นธรณี		
			เคลื่อนที่ หากัน	เคลื่อนที่ แยก จากกัน	เคลื่อนที่ ผ่านกัน
ภูเขาไฟ คัลบูโก ประเทศชิลี	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณีนานาสภา และแผ่นธรณี อเมริกาใต้	✓		
ภูเขาไฟ เฮกลา ประเทศ ไอซ์แลนด์	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณียูเรเชีย และแผ่นธรณี อเมริกาเหนือ		✓	
ภูเขาไฟ เอटना ประเทศ อิตาลี	☐ อยู่ในแผ่นธรณี	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณีแอฟริกา และแผ่นธรณี ยูเรเชีย	✓		
ภูเขาไฟ แคมเมอร์น ประเทศ แคมเมอร์น	☒ อยู่ในแผ่นธรณี แอฟริกา	☒ รอยต่อของ แผ่นธรณี..... และ.....			
ภูเขาไฟ เออร์ตาอัลเล ประเทศ เอริโอเปีย	☒ อยู่ในแผ่นธรณี แอฟริกา	รอยต่อของ แผ่นธรณี..... และ.....			

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม (ตัวอย่างการลากเส้นต่อตัวอักษรเพื่อเรียนรู้เรื่องรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก)



สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมจะพบว่าภูเขาไฟโดยส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณขอบของแผ่นธรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน มีภูเขาไฟบางส่วนที่ตั้งอยู่บริเวณแผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน และมีบางส่วนที่อยู่ด้านในแผ่นธรณี จึงสรุปได้ว่าตำแหน่งของการเกิดภูเขาไฟระเบิดมีความสัมพันธ์กับบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีรูปแบบต่าง ๆ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. บริเวณใดบ้างของแผ่นธรณีที่พบภูเขาไฟ
แนวคำตอบ แนวรอยต่อของแผ่นธรณี และ ในแผ่นธรณี
2. บริเวณใดที่พบภูเขาไฟระเบิดหนาแน่น
แนวคำตอบ บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี
3. บริเวณที่พบภูเขาไฟระเบิดหนาแน่นมีกระบวนการทางธรณีใดเกิดขึ้น
แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
4. ถ้าลากเส้นเชื่อมตำแหน่งของภูเขาไฟบนแผนที่จะมีลักษณะอย่างไร
แนวคำตอบ เป็นแนวรอบมหาสมุทรแปซิฟิก

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังด้านบน
4. ครูนำอภิปรายว่าเพราะเหตุใดจึงพบภูเขาไฟหนาแน่นที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากัน โดยใช้รูป 3.1 ก และ 3.1 ข ในหนังสือเรียนหน้า 83-84
แนวทางการอภิปราย จากรูป 3.1 ก จะเห็นว่าบริเวณดังกล่าวเกิดการมุดตัวของแผ่นธรณี โดยอาจมีบางส่วนของแผ่นธรณีที่มุดตัวลงไปสู่ฐานธรณีภาคที่มีความร้อนสูงจึงทำให้แผ่นธรณีเกิดการหลอมเหลว กลายเป็นแมกมาซึ่งมีอุณหภูมิสูงและมีความหนาน้อยกว่าหินโดยรอบจึงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลก เกิดเป็นภูเขาไฟ และจากรูป 3.1 ข จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของภูเขาไฟนั้นอยู่หนาแน่นบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนเข้าหากัน โดยเฉพาะบริเวณรอบมหาสมุทรแปซิฟิก มีลักษณะคล้ายวงแหวนจึงเรียกบริเวณดังกล่าวว่า วงแหวนไฟ (ring of fire)
5. ครูนำอภิปรายต่อว่านอกจากบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันแล้ว ภูเขาไฟยังเกิดขึ้นในบริเวณอื่นได้อีกบ้าง และเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยใช้รูป 3.2 ในหนังสือเรียนหน้า 84 และ รูป 3.3 ในหนังสือเรียนหน้า 85

แนวทางการอภิปราย จากรูป 3.2 ภูเขาไฟระเบิดอาจเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อที่แผ่นธรณีเคลื่อนที่แยกจากกัน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีรอยแตก หรือเป็นบริเวณที่เปลือกโลกบาง ทำให้แมกมาแทรกตัวขึ้นมาสู่ผิวโลกได้จึงเกิดเป็นภูเขาไฟระเบิด และจากรูป 3.3 แสดงลักษณะการเกิดภูเขาไฟในหมู่เกาะฮาวาย ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่เกิดขึ้นภายในแผ่นธรณี เกิดขึ้นเมื่อแมกมาจากบริเวณที่เรียกว่าจุดร้อน เคลื่อนที่ขึ้นมาบนผิวโลก

6. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดภูเขาไฟระเบิดโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 85 ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- เพราะเหตุใดประเทศอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์จึงเกิดภูเขาไฟระเบิดบ่อยครั้งกว่าประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

แนวคำตอบ เนื่องจากทั้งสองประเทศเป็นหมู่เกาะที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากันทำให้บนเกาะมีภูเขาไฟเป็นจำนวนมาก

7. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 3.2 โดยให้อ่านข้อมูลเกี่ยวกับภูเขาไฟระเบิดในประเทศอินโดนีเซีย และบนเกาะฮาวายจากหนังสือเรียนในหน้า 85-86 และพิจารณารูป 3.4 และรูป 3.5 เพื่อให้ นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของภูเขาไฟ และเปรียบเทียบความแตกต่างของภูเขาไฟแต่ละแห่งในเรื่องรูปร่าง ความรุนแรง จากนั้นใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้

- จากข้อมูลและรูปดังกล่าวนักเรียนคิดว่าภูเขาไฟทั้งสองแห่งมีสิ่งใดที่แตกต่างกันบ้าง

แนวคำตอบ นักเรียนอาจตอบว่าภูเขาไฟทั้งสองแห่งไม่ได้อยู่ในประเทศเดียวกัน สิ่งที่พ่นออกมาจากภูเขาไฟและรูปร่างแตกต่างกัน และความรุนแรงในการระเบิดทำให้เกิดความเสียหายได้แตกต่างกัน

- สิ่งใดเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างดังกล่าว (เป็นคำถามเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 3.2)

8. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและปฏิบัติกิจกรรมที่ 3.2 ตามหนังสือเรียนหน้า 87 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ภูเขาไฟมีลักษณะแตกต่างกัน



กิจกรรม 3.2 สำรวจลักษณะและปัจจัยในการปะทุของภูเขาไฟ

ตอนที่ 1 ภูเขาไฟแต่ละแห่งมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่

จุดประสงค์กิจกรรม

สืบค้นและรวบรวมข้อมูลการเกิดภูเขาไฟระเบิด และเปรียบเทียบความแตกต่างของภูเขาไฟแต่ละแห่งในเรื่องรูปร่าง ความรุนแรง

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ) 60 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

ข้อมูลข่าวภูเขาไฟ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ควรรวบรวมข่าวภูเขาไฟหรือเสนอแนะแหล่งสำหรับสืบค้นข้อมูลให้นักเรียน โดยครูสามารถดาวน์โหลดตัวอย่างข่าวได้จาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. สืบค้นและรวบรวมข่าวการเกิดภูเขาไฟระเบิดที่เกิดขึ้นทั่วโลกอย่างน้อย 5 แห่ง ที่มีตำแหน่งต่างกันบนแผ่นธรณี
2. วิเคราะห์ข่าวเพื่อระบุข้อมูลเกี่ยวกับ ตำแหน่งของภูเขาไฟ รูปร่าง ลักษณะของการปะทุ สิ่งที่ปะทุออกมา และความเสียหายที่เกิดขึ้น
3. ออกแบบการจัดกระทำข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของภูเขาไฟที่อยู่ตำแหน่งต่าง ๆ บนแผ่นธรณี
4. นำเสนอผลที่ได้จากการศึกษา

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ภูเขาไฟ	ตำแหน่งของภูเขาไฟบนแผ่นธรณีและรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	รูปร่างของภูเขาไฟ	ลักษณะการปะทุและสิ่งที่ปะทุออกมา	ความเสียหาย/ผลกระทบ
ภูเขาไฟตัวอย่าง	ตำแหน่งที่สัมพันธ์กับแผ่นธรณี เช่น บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่จากกัน บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่ทับกัน ในแผ่นธรณี	วาดรูปและบรรยายรูปร่าง ความสูง ลักษณะปล่องภูเขาไฟ	ปะทุแรง/เบา สิ่งที่ปะทุออกมา มีลักษณะเป็นเถ้า ลาวา หรืออื่น ๆ	ผลกระทบต่าง ๆ ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
ภูเขาไฟเมานาเลอา หมู่เกาะฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา				
ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น				

สรุปผลการทำกิจกรรม

ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีและภูเขาไฟที่อยู่บริเวณกลางแผ่นธรณีมีรูปร่าง ลักษณะการปะทุ สิ่งที่ปะทุออกมา และเกิดความเสียหายและผลกระทบแตกต่างกัน ภูเขาไฟที่เกิดบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากันส่วนใหญ่ มีลักษณะสูงชันคล้ายรูปกรวย มีการปะทุที่รุนแรง และพ่นเถ้าภูเขาไฟได้สูงและเป็นบริเวณกว้าง หากเกิดบนทวีปมักมีลักษณะเป็นแนวภูเขาไฟชายฝั่งหรือแนวภูเขาไฟรูปโค้ง หากเกิดในมหาสมุทรมักมีลักษณะเป็นหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง ภูเขาไฟที่อยู่ในแผ่นธรณีลักษณะฐานกว้างและมีความสูงไม่มาก เมื่อเกิดการปะทุจะมาลักษณะของลาวาไหลออกจากปากปล่อง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ มีรูปร่างและลักษณะการระเบิดคล้ายกัน
2. ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณกลางแผ่นธรณีมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ มีรูปร่างและลักษณะการระเบิดคล้ายกัน
3. ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และอยู่กลางแผ่นธรณี มีสิ่งใดเหมือนกัน และมีสิ่งใดต่างกัน
แนวคำตอบ มีรูปร่าง ลักษณะการปะทุ และสิ่งที่ปะทุออกมาแตกต่างกัน
4. รูปร่างของภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และอยู่ในแผ่นธรณีแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ รูปร่างของภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีส่วนใหญ่จะมีลักษณะสูงชันคล้ายรูปกรวย ภูเขาไฟที่อยู่ในแผ่นธรณีมีลักษณะฐานกว้างและมีความสูงไม่มาก
5. สิ่งที่ปะทุออกมาจากภูเขาไฟแต่ละแห่งมีอะไรบ้าง
แนวคำตอบ ลาวา เถ้าภูเขาไฟ แก๊ส ไอน้ำ ฝุ่น ควัน เศษหินภูเขาไฟ
6. สิ่งที่ปะทุออกมาจากภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีและอยู่ในแผ่นธรณีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ มีทั้งส่วนที่เหมือนกันคือเมื่อเกิดการปะทุจะมี ไอน้ำ แก๊ส ฝุ่นควัน ลาวา เถ้าภูเขาไฟ ออกมาจากปล่องภูเขาไฟ แต่ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีมักจะมี ไอน้ำ แก๊ส ฝุ่นควัน เถ้าภูเขาไฟ ปะทุขึ้นไปในอากาศ และบางครั้งอาจสลับกับการมีลาวาหลากส่วนภูเขาไฟที่อยู่ในแผ่นธรณีเมื่อเกิดการปะทุส่วนใหญ่จะมีลักษณะของลาวาหลากเป็นหลัก

7. ภูเขาไฟที่อยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีและอยู่ในแผ่นธรณี มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ภูเขาไฟที่เกิดบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณีเคลื่อนที่หากันส่วนใหญ่ มีลักษณะสูงชันคล้ายรูปกรวย มีการปะทุที่รุนแรง และพ่นเถ้าภูเขาไฟได้สูงและเป็นบริเวณกว้าง หากเกิดบนทวีปมักมีลักษณะเป็นแนวภูเขาไฟชายฝั่งหรือแนวภูเขาไฟรูปโค้ง หากเกิดในมหาสมุทรมักมีลักษณะเป็นหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง ภูเขาไฟที่อยู่ในแผ่นธรณีลักษณะฐานกว้างและความสูงไม่มาก เมื่อเกิดการปะทุจะมอลักษณะของลาวาไหลออกจากปากปล่อง

ตอนที่ 2 ปัจจัยในการปะทุของภูเขาไฟ

จุดประสงค์กิจกรรม

สังเกต และอธิบายปัจจัยที่ทำให้ภูเขาไฟปะทุรุนแรงต่างกัน

วัสดุ-อุปกรณ์

1. น้ำอัดลมแบบขวดพลาสติกฝาเกลียว ขนาดประมาณ 250-450 มิลลิลิตร
2. ปีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ
3. นมข้นหวาน หรือน้ำเชื่อม ปริมาณ 100 มิลลิลิตร
4. น้ำ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร
5. หลอดดูดน้ำ 2 หลอด

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ควรเปิดฝาน้ำอัดลมก่อนเพื่อลดความดัน จากนั้นจึงใช้นิ้วโป้งปิดปากขวดและเขย่าขวดน้ำอัดลมเพียงเบา ๆ เพื่อไม่ให้น้ำอัดลมพุ่งออกมาแรงมาก
2. กำชับให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยความระมัดระวังโดยไม่หันปากขวดไปทางเพื่อนหรือเข้าตัวเอง แต่ให้หันไปทางที่ไม่มีคน หรือบริเวณที่ครูเตรียมไว้ให้
3. ในการเขย่าและเปิดฝาน้ำอัดลมอาจทำให้พื้นห้องเลอะได้ ครูควรเตรียมการจัดพื้นที่สำหรับทดลองที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย
4. การใช้หลอดเป่าลงไปนมข้นหวานหรือน้ำเปล่า เพื่อสุลักษณะที่ดีครูควรแนะนำให้นักเรียนไม่ใช้หลอดดูดจากเพื่อน
5. ควรควบคุมปริมาณน้ำเชื่อม และน้ำให้เท่ากัน
6. ในการเปรียบเทียบควรใช้คนเป่าคนเดิมและพยายามออกแรงเป่าเท่าเดิม

วิธีการทำกิจกรรม

1. กำหนดให้น้ำอัดลมแทนแมกมา เปิดฝาขวดน้ำอัดลม และใช้นิ้วโป้งปิดปากขวด จากนั้นให้เขย่าขวดน้ำอัดลมเพียงเบา ๆ และปล่อยนิ้วที่ปิดปากขวด สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นและบันทึกผล
2. กำหนดให้นมข้นหวานและน้ำแทนแมกมาที่มีลักษณะต่างกัน
 - 2.1 ใส่นมข้นหวานปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ จากนั้นใช้หลอดพลาสติกเป่าลงไปในนมข้นหวาน โดยให้ปลายหลอดจมลงไปในนมข้นหวานประมาณ 2 เซนติเมตร สังเกตการเคลื่อนตัวของนมข้นหวาน และบันทึกผล
 - 2.2 ปฏิบัติกิจกรรมตามข้อ 2.1 แต่เปลี่ยนเป็นน้ำ โดยใช้คนเป่าคนเดิมและออกแรงเป่าเท่าเดิม สังเกตการเคลื่อนตัวของน้ำ จากนั้นบันทึกผล
3. นำเสนอผลการสังเกต

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1



ก่อนเปิดฝาขวด



เมื่อเปิดฝาขวด



ใช้นิ้วโป้งกดฝาขวดที่เปิดแล้วและเขย่าขวดเบา ๆ

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1

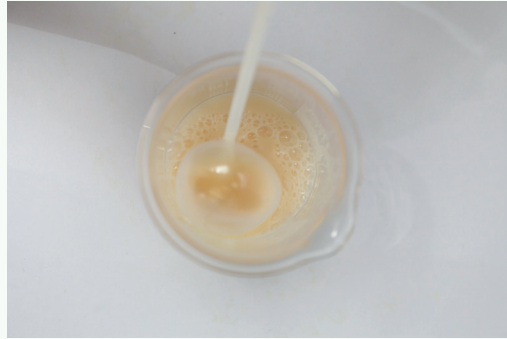


หลังเขย่าขวดและนำฝาขวดออก

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 2



เมื่อปฏิบัติตามข้อ 2.1



เมื่อเป่าอากาศลงในนมข้นหวาน

เมื่อปฏิบัติตามข้อ 2.2



เมื่อเป่าอากาศลงในน้ำ

ตัวอย่างการออกแบบตารางบันทึกผล
ตารางที่ 1

สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเขย่าขวดน้ำอัดลมและเปิดฝา		
ก่อนเปิดฝาขวด	เมื่อเปิดฝาขวดก่อนเขย่าขวด	เมื่อเขย่าขวดและเปิดฝาก
ไม่มีฟองแก๊ส	เกิดเสียง สังเกตเห็นฟองแก๊สเล็กน้อย	ฟองแก๊สและน้ำอัดลมพุ่งออกมาจากขวด

ตารางที่ 2

	นมข้นหวาน	น้ำเปล่า
สิ่งที่เกิดขึ้น	เกิดฟองอากาศ เกิดเสียง น้ำเชื่อมพุ่งขึ้นมาก่อนข้างแรง	เกิดฟองอากาศ เกิดเสียง น้ำพุ่งขึ้นมาเบา ๆ
ความรู้สึกขณะเป่า	เป่ายาก	เป่าง่าย

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อนักเรียนทดลองเขย่าขวดน้ำอัดลม ก่อนเปิดฝาขวดออกจะเห็นฟองแก๊สในขวดเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเปิดฝาดูออกจะเห็นฟองแก๊สจำนวนมากดันขึ้นมาจากปากขวด ฟองแก๊สเหล่านั้นถูกอัดด้วยความดันทำให้ละลายอยู่ในน้ำ แต่เมื่อเปิดฝาขวดออกทำให้ความดันภายในขวดลดลง แก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำจะกลายเป็นฟอง และพยายามแยกตัวออกจากน้ำ จึงทำให้น้ำอัดลมพุ่งออกมาด้วยแรงดันของแก๊ส เช่นเดียวกับในกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด แมกมามีอุณหภูมิสูงและมีความหนาแน่นน้อยกว่าหินโดยรอบจึงเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ในแมกมามีแก๊สละลายอยู่ในรูปของเหลวเนื่องจากใต้ผิวโลกมีความดันสูงกว่าบนผิวโลก เมื่อแมกมาเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลก ความดันจะลดลงทำให้แก๊สในแมกมาก่อตัวเป็นฟอง และฟองแก๊สเหล่านั้นก็พยายามแยกตัวออกจากแมกมา

เมื่อใช้หลอดเป่าอากาศลงในแก้วที่มึนมข้นหวาน เปรียบเทียบกับแก้วที่มีน้ำในปริมาตรที่เท่ากัน แก้วที่มึนมข้นหวานฟองอากาศจะผุดขึ้นมาได้ยากกว่าและเมื่อเกิดจะพุ่งขึ้นมารองแรง แก้วที่มีน้ำฟองอากาศจะผุดขึ้นมาได้ง่ายกว่า นมข้นหวานและน้ำเปล่าใช้แทนแมกมา

ที่มีความหนืดแตกต่างกัน ทั้งนี้ความหนืดของแมกมาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการแยกตัวของแก๊ส หากแมกมามีความหนืดน้อย แก๊สจะก่อตัวเป็นฟองและแยกตัวออกได้โดยง่าย ส่งผลให้การระเบิดไม่รุนแรง หากแมกมามีความหนืดมาก แก๊สจะแยกตัวออกได้ยากทำให้สะสมความดันไว้ในแมกมาส่งผลให้เกิดการระเบิดที่รุนแรง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อปล่อยนิ้วที่ปิดปากขวดน้ำอัดลม เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ เกิดฟองแก๊สและน้ำพุ่งออกจากขวด เนื่องจากความดันในขวดลดลง

2. นักเรียนสังเกตเห็นฟองแก๊สในช่วงใดมากที่สุด ระหว่างก่อนเปิดฝาขวดน้ำอัดลม หรือหลังเปิดฝาขวดน้ำอัดลม

แนวคำตอบ หลังเปิดฝาขวดน้ำอัดลม

3. หากกำหนดให้น้ำอัดลมแทนแมกมาแล้วฟองแก๊สที่อยู่ในน้ำอัดลมจะแทนสิ่งใด

แนวคำตอบ แก๊สหรือไอน้ำที่อยู่ในแมกมา

4. เมื่อเป่าอากาศลงไปใต้น้ำ และนมข้นหวานมีสิ่งใดเกิดขึ้นบ้าง

แนวคำตอบ เมื่อเป่าอากาศลงไปใต้น้ำและนมข้นหวานจะเกิดฟองอากาศขึ้นมาที่หน้าผิวของน้ำและน้ำเชื่อม

5. ระหว่างน้ำกับนมข้นหวานสิ่งใดเป่าอยากกว่ากัน เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ นมข้นหวาน เนื่องจากมีความหนืดมากกว่า

6. หากกำหนดให้นมข้นหวานและน้ำเปล่าแทนแมกมาที่มีลักษณะต่างกัน การเป่าอากาศลงไปใต้นมข้นหวานและน้ำเปล่าแทนสิ่งใด

แนวคำตอบ แทนแก๊สหรือไอน้ำที่อยู่ในแมกมา

7. ถ้าต้องการเปรียบเทียบนมข้นหวานและน้ำเปล่ากับลักษณะของแมกมา จะเปรียบเทียบได้อย่างไร

แนวคำตอบ นมข้นหวานแทนแมกมาที่มีความหนืดมาก น้ำเปล่าแทนแมกมาที่มีความหนืดน้อย

8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบ ดังด้านบน
9. ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมที่ 3.2 กับปัจจัยที่ทำให้แมกมามีความหนืดแตกต่างกันโดยใช้คำถามดังตัวอย่างแนวทางการอภิปรายดังตัวอย่าง

แนวทางการอภิปราย ตามหนังสือเรียนหน้า 90-91 ดังนี้

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ควบคุมความหนืดของลาวาคือปริมาณซิลิกา หากลาวามีปริมาณซิลิกาน้อยจะทำให้ลาวามีความหนืดต่ำ มีการปะทุไม่รุนแรง ทำให้ลาวาค่อย ๆ ไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นที่และแผ่ออกไปโดยรอบ จึงส่งผลให้รูปร่างของภูเขาไฟมีฐานกว้างและมีความสูงไม่มากนัก ภูเขาไฟที่มีลักษณะดังกล่าว เช่น ภูเขาไฟเมานาโลอา บนหมู่เกาะฮาวาย ภูเขาไฟแคมเมอร์น ประเทศแคนเมอรูน

ในทางกลับกันหากลาวามีปริมาณซิลิกามากจะมีความหนืดสูง เมื่อแมกมาเคลื่อนตัวขึ้นมาสะสมตัวบริเวณปากปล่อง ความดันจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงเกิดการปะทุออกมาอย่างรุนแรง ลาวาส່วนหนึ่งไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นที่ และลาวาอีกส่วนหนึ่งพุ่งสูงขึ้นไปในอากาศและแข็งตัวเป็นชิ้นภูเขาไฟ (pyroclast) ขนาดต่าง ๆ เช่น แก้วภูเขาไฟ (volcanic ash) บอมบ์ภูเขาไฟ (volcanic bomb) บล็อกภูเขาไฟ (volcanic block) ตกสะสมตัวไม่ไกลจากปากปล่องภูเขาไฟ ทำให้ภูเขาไฟมีลักษณะเป็นสูงชันขึ้นเรื่อย ๆ ภูเขาไฟที่มีลักษณะดังกล่าว เช่น ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ภูเขาไฟซินาบูง ประเทศอินโดนีเซีย

10. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปร่าง และความรุนแรงในการปะทุแตกต่างกัน โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง
 - สิ่งใดเป็นปัจจัยที่ทำให้ภูเขาไฟแต่ละบริเวณมีรูปร่าง และความรุนแรงในการปะทุแตกต่างกัน

แนวคำตอบ ความหนืดของแมกมา

11. ให้นักเรียนศึกษาเรื่องผลจากภูเขาไฟระเบิดต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข่าวเกี่ยวกับภูเขาไฟที่เกิดขึ้นทั่วโลก และให้นักเรียนนำเสนอผลการสืบค้นเกี่ยวกับผลกระทบจากภูเขาไฟระเบิดกลุ่มละ 1 เหตุการณ์ จากนั้นสรุปร่วมกัน โดยมีแนวทางการสรุปตามหนังสือเรียนหน้า 91 ดังนี้

การปะทุของภูเขาไฟจะส่งผลโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ลาวาที่ไหลผ่านจะทำให้เกิดการลุกไหม้ไปทั่วบริเวณ แก้วภูเขาไฟร้อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะทำให้พื้นที่ถูกปกคลุมด้วยชั้นแก้วภูเขาไฟหนาจนเกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิต ส่วนกลุ่มแก๊สที่ปะทุออกมาอยู่ในอากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะทำอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของสิ่งมีชีวิต หากแก๊สเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นฝนกรด นอกจากนี้กลุ่มแก๊ส และแก้วภูเขาไฟที่แขวนลอยอยู่ในอากาศยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ภูเขาไฟที่อยู่ตามขอบทวีป และใต้มหาสมุทร

เมื่อเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ทำให้บางส่วนของภูเขาไฟถล่มลงในมหาสมุทรซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสึนามิ

12. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด โดยมีรายละเอียดตามหนังสือเรียนหน้า 93 ตามประเด็นดังต่อไปนี้

- การเตรียมความพร้อมก่อนเกิดภูเขาไฟระเบิด
- การปฏิบัติตนขณะเกิดภูเขาไฟระเบิด
- การปฏิบัติตนหลังเกิดภูเขาไฟระเบิด

13. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับภูเขาไฟในประเทศไทย เพื่อให้ความรู้และเชื่อมโยงให้เห็นถึงประโยชน์หรือผลพลอยได้จากการเกิดภูเขาไฟระเบิด โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง

- ในประเทศไทยมีภูเขาไฟระเบิดหรือไม่ ทราบได้จากหลักฐานใด

แนวคำตอบ ประเทศไทยมีภูเขาไฟที่ดับแล้วอยู่หลายแห่ง เช่น ภูเขากระโดง และเขาพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ นักธรณีวิทยาทราบว่าบริเวณนั้นเคยเป็นภูเขาไฟมาก่อนเนื่องจากบางแห่งยังเห็นร่องรอยของปากปล่องภูเขาไฟ หรือลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากการเย็นตัวลงของแมกมา ในบางพื้นที่พบหินภูเขาไฟและพบอัญมณีที่แมกมาพาขึ้นมา

- นอกจากการเกิดภูเขาไฟระเบิดจะเกิดความเสียหายแล้ว นักเรียนคิดว่าภูเขาไฟระเบิดส่งผลดีอย่างไร

แนวคำตอบ การเกิดภูเขาไฟระเบิดนอกจากจะสร้างความเสียหายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมแล้ว ภูเขาไฟยังให้ประโยชน์ให้แก่มนุษย์อีกด้วย เนื่องจากแมกมาที่ขึ้นมาบนผิวโลกจะแข็งตัวกลายเป็นหินชนิดต่าง ๆ เช่น หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรณีที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ และเมื่อหินผุพังก็จะกลายเป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน นอกจากนี้แมกมายังนำแร่ที่ตกผลึกภายในโลกขึ้นมาด้วย เช่น คอรัันดัม การ์เนต สปิเนล ซึ่งเป็นอัญมณีที่สำคัญ ในประเทศไทยพบแหล่งอัญมณีในหลายจังหวัด เช่น จันทบุรี ตราด กาญจนบุรี ภูเขาไฟในประเทศไทยเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิทและเกิดการผุพังไปบางส่วน แต่ยังมีหลักฐานร่องรอยให้เห็นว่าเป็นปากปล่องภูเขาไฟ นอกจากนี้โครงสร้างที่เกิดจากการแข็งตัวของลาวากลายเป็นเสาหิน เช่น เสาหินที่วัดแสนตม จังหวัดตราด เสาหินที่บ้านน้ำเดือด จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำให้กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยว เสาหินบะซอลต์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

14. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกัน โดยมีแนวทางในการสรุปดังนี้

- ภูเขาไฟระเบิดเกิดขึ้นจากแมกมาปะทุและพุ่งขึ้นมาตามแนวรอยแตกของเปลือกโลก ส่วนมากจะเกิดตามแนวรอยแตกของแผ่นธรณีและเกิดตรงจุดร้อน
- สิ่งที่พ่นออกมาจากภูเขาไฟ ได้แก่ ลาวา เศษหิน แก๊ส เถ้าธุลีภูเขาไฟและฝุ่น

- รูปร่างและความรุนแรงของการระเบิดขึ้นอยู่กับความหนืดของแมกมา ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณซิลิกาในแมกมา แมกมาที่มีซิลิกามากจะมีความหนืดสูง ส่งผลให้เกิดการปะทุที่รุนแรง ทำให้เถ้าภูเขาไฟสะสมตัวบริเวณรอบปากปล่อง ภูเขาไฟจึงมีลักษณะสูงชัน ในทางกลับกัน แมกมาที่มีซิลิกาน้อยจะมีความหนืดน้อย ส่งผลให้ปะทุไม่รุนแรง มีลักษณะการไหลของลาวาไปตามความลาดเอียงของพื้นที่ทำให้ภูเขาไฟมีลักษณะฐานกว้างและความสูงไม่มาก
- ภูเขาไฟระเบิดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต โดยทำให้เกิดการลุกไหม้และการหลอมเหลวของสิ่งต่างๆ บนผิวโลกและทำให้สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นเปลี่ยนไป
- ภูเขาไฟระเบิดมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น เถ้าภูเขาไฟ หินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟ ทำให้ดินมีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูก หินภูเขาไฟบางบริเวณเป็นตัวพาอัญมณีขึ้นสู่ผิวโลก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดภูมิทัศน์ภูเขาไฟที่สวยงาม

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด 2. แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 3.1-3.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและารู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ผลการทำกิจกรรม 3.2 ในการออกแบบตารางบันทึกผลเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง 2. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลการทำกิจกรรม 3.1-3.2 3. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: 1. ความใจกว้าง	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้ร่องรอยภูเขาไฟ และหินภูเขาไฟในประเทศไทย

1. เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์พบการแพร่กระจายของ หินบะซอลต์และพบปล่องภูเขาไฟ 2 ปล่อง
2. ภูเขาอังคาร ตำบลบ้านเจริญสุข อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์เป็นภูเขาไฟชนิด หินบะซอลต์ที่เกิดจากลาวาหลาก
3. หินบะซอลต์ในพื้นที่จังหวัดตราด จันทบุรี เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะธรณีสัณฐาน ภูเขาไฟ และลาวาหลาก และพบว่าหินบะซอลต์ที่แผ่กระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่เป็นหินพาริตนชาติ ที่สำคัญคือพลอย
4. เสาหินบะซอลต์ วัดเมืองเก่าแสนตุง อำเภอเขาสมิงจังหวัดตราด เป็นหินบะซอลต์ที่มี ลักษณะรอยแตกแยกจากกัน
5. น้ำตกสามหลั่น อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรีเป็นน้ำตกในพื้นที่หินภูเขาไฟและหินทัฟฟ์ ชนิดไรโอไลต์จัดเป็นกลุ่มหินภูเขาไฟขนาดใหญ่ มีอายุประมาณ 230 ล้านปี พบลักษณะ เฉพาะของเนื้อหินแสดงแนวชั้นของการไหลหลากของหินภูเขาไฟไหลหลากซ้อนทับกัน
6. เสาหินบะซอลต์บริเวณน้ำตกซับพลู จังหวัดเพชรบูรณ์ ดังรูป



รูปเสาหินบะซอลต์ น้ำตกซับพลู จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มาของรูป: เจริญ ศรีบ้านโพน

7. ปล่องภูเขาไฟดอยผาคอกหินฟูและดอยผาคอกจำปาแดด อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นภูเขาไฟชนิดหินบะซอลต์ยุคควอเทอร์นารีเกิดจากแมกมาภายใต้โลก ปะทุขึ้นมาสู่ผิวโลกเป็นลาวา เกิดการเย็นตัวแข็งตัวและแตกผลึกเป็นหินบะซอลต์ ลักษณะภูเขาไฟประเภทนี้มีความสูงไม่มากนัก

8. หินภูเขาไฟบริเวณเขาหลวง จังหวัดสุโขทัยประกอบด้วยหินกรวดภูเขาไฟ ส่วนใหญ่เป็นหินไรโอไลต์
9. แนวหินภูเขาไฟบริเวณด้านตะวันตกจังหวัดอุทัยธานี แนวหินภูเขาไฟบริเวณด้านใต้จังหวัดนครสวรรค์ อำเภอท่าตะโก หินส่วนใหญ่ ได้แก่ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ และหินชั้นภูเขาไฟ
10. หินภูเขาไฟบริเวณอำเภอนนทบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยหินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟฟ์และหินกรวดภูเขาไฟ
11. หินภูเขาไฟบริเวณอำเภอลำน้ำราชนา จังหวัดลพบุรี หินส่วนใหญ่เป็นหินแอนดีไซต์ เนื้อดอก หินบะซอลต์-แอนดีไซต์ หินเพอร์ไลต์ หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์
12. หินบะซอลต์ที่มีอายุในช่วง 11.29–0.11 ล้านปี พบกระจายในบริเวณต่อไปนี้ บ้านช่างเคียน จังหวัดเชียงราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ อำเภอลำน้ำราชนา จังหวัดลพบุรี อำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เขาพลอยแหวน จังหวัดจันทบุรี ด้านตะวันออกของ จังหวัดจันทบุรีและเกาะกูด จังหวัดตราด เขากระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ และภูผายาย จังหวัดศรีสะเกษ



รูปปากปล่องภูเขาไฟเขากระโดง จังหวัดบุรีรัมย์

3.2 แผ่นดินไหว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว โดยใช้แบบจำลอง
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากแผ่นดินไหว
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา เล่ม 1
2. สสวท. <http://www.ipst.ac.th>

แนวทางการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับแผ่นดินไหว และตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ดังตัวอย่าง
 - นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ในวิดีโอเป็นภัยพิบัติใด
แนวคำตอบ แผ่นดินไหว หรือนักเรียนอาจตอบตามความคิดของตนเอง
 - นักเรียนสังเกตเห็นผลกระทบใดบ้างจากเหตุการณ์ดังกล่าว
แนวคำตอบ อาคารและบ้านเรือนเสียหาย เกิดการสั่นสะเทือน แผ่นดินแยก
 - แผ่นดินไหวเกิดขึ้นได้อย่างไร
แนวคำตอบ แผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่ หรือนักเรียนอาจตอบตามความรู้เดิม
2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและปฏิบัติกิจกรรม 3.3 เพื่อศึกษาว่าแผ่นดินไหวมีกระบวนการเกิดอย่างไร



กิจกรรม 3.3 กลไกการเกิดแผ่นดินไหว

จุดประสงค์กิจกรรม

สังเกต อธิบายผลที่เกิดกับแผ่นไม้เมื่อมีแรงมากระทำ

เวลา 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

ไม้บิลซาร์ ขนาดประมาณ กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 0.3 เซนติเมตร 1 แผ่น (ใช้ไม้ไผ่สกริมล้าง และตากให้แห้งแทนได้)

วิธีการทำกิจกรรม

- 1. เตรียมตัวดันปลายไม้ โดยวางมือและแผ่นไม้ ดังรูป



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

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตารางบันทึกผล

ขั้นตอน \ สิ่งที่สังเกตได้	การเปลี่ยนแปลงลักษณะของไม้	การสั่นสะเทือน มี/ไม่มี	เสียงไม้หัก มี/ไม่มี
1. ก่อนดันแผ่นไม้	-	-	-
2. ขณะดันแผ่นไม้	ไม่เกิดการโค้งงอ	รู้สึกถึงการสั่นสะเทือนเล็กน้อย	-
3. ขณะที่แผ่นไม้หัก	ไม่เปลี่ยนจากโค้งงอ เป็นแตกหักออกจากกัน	รู้สึกถึงการสั่นสะเทือน	-
4. หลังจากแผ่นไม้หัก	ไม้แตกหักออกจากกัน แต่กลับมาเป็นแผ่นตรง ไม้โค้งงอเหมือนขณะที่ดันแผ่นไม้	-	ได้ยินเสียงไม้หัก

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อออกแรงกระทำกับแผ่นไม้ แผ่นไม้เริ่มเกิดการโค้งงอ แรงที่กระทำกับแผ่นไม้ถูกสะสมไว้ในแผ่นไม้ เมื่อออกแรงกระทำกับแผ่นไม้เพิ่มขึ้นทำให้แผ่นไม้โค้งงอมากขึ้นและเกิดการหักในที่สุด พลังงานที่สะสมอยู่ในแผ่นไม้จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นของแผ่นไม้และเสียงไม้หัก จากนั้นจะเห็นว่าแผ่นไม้มีการปรับสภาพเป็นแผ่นตรงเหมือนก่อนที่จะมีแรงมากระทำ ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแผ่นไม้ดังกล่าว

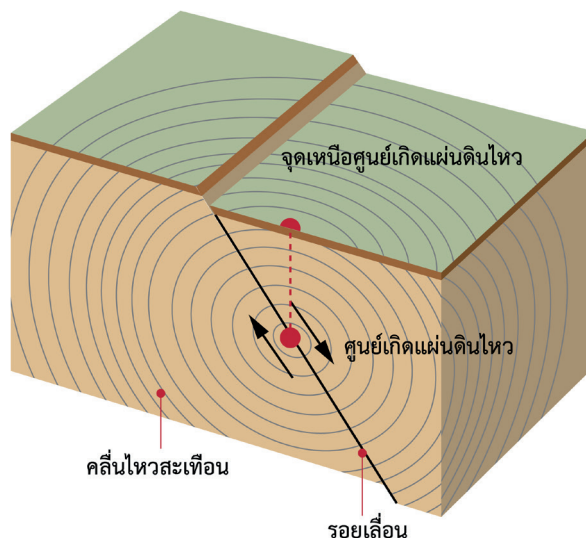
คำถามท้ายกิจกรรม

1. การที่แผ่นไม้มีการโค้งงอจนกระทั่งหักนั้นเนื่องมาจากสาเหตุใด
แนวคำตอบ เนื่องจากมีแรงมากระทำกับแผ่นไม้
2. เมื่อเริ่มต้นดันแผ่นไม้จนกระทั่งแผ่นไม้หัก นักเรียนออกแรงเท่ากันหรือไม่
แนวคำตอบ ไม่เท่ากันแต่ออกแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง
3. เมื่อแผ่นไม้ไม่สามารถทนต่อแรงที่มากระทำได้นั้น มีการเปลี่ยนลักษณะไปอย่างไร
แนวคำตอบ เกิดการหัก
4. ขณะที่แผ่นไม้หัก มีสิ่งใดเกิดขึ้นบ้าง
แนวคำตอบ เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นไม้ และเสียงไม้หัก
5. หลังจากแผ่นไม้หักออกจากกันแล้ว แผ่นไม้ยังคงโค้งงออยู่หรือไม่ และมีลักษณะอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อแผ่นไม้หักออกจากกัน แผ่นไม้ที่เคยโค้งงอจะกลับมาเป็นแผ่นตรง

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบดังต่อไปนี้
4. ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากกิจกรรม 3.3 กับการเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้คำถามดังตัวอย่าง
 - จากกิจกรรมข้างต้นหากกำหนดให้แผ่นไม้แทนชั้นหิน การใส่แรงกระทำต่อไม้จะเปรียบได้กับสิ่งใดในการเกิดแผ่นดินไหว
แนวคำตอบ แรงที่กระทำต่อแผ่นไม้เปรียบได้กับแรงที่มากระทำกับชั้นหิน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
 - ในขั้นตอนใดของกิจกรรมที่เปรียบได้กับการเกิดแผ่นดินไหว
แนวคำตอบ ขณะที่แผ่นไม้หัก นักเรียนจะได้ยินเสียงและรู้สึกถึงการสั่น เช่นเดียวกันกับการเกิดแผ่นดินไหวเมื่อชั้นหินสะสมพลังงานไว้จนถึงระดับที่ไม่สามารถทนได้อีกต่อไป

จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างฉับพลันในรูปแบบของคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของแผ่นดิน

5. ครูสรุปความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ตามหนังสือเรียนหน้า 97 ดังนี้
แผ่นดินไหวเกิดขึ้นจากแผ่นธรณีมีการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเสียดสีและ/หรือชนกัน
เกิดการสะสมพลังงานในชั้นหินบนแผ่นธรณี จนกระทั่งชั้นหินเกิดการแตกหักและ
เคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน ปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นไหวสะเทือน เกิดเป็น
แผ่นดินไหว
6. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนอ่านข่าวเกี่ยวกับแผ่นดินไหว และพิจารณารูปข่าวที่แสดง
ถึงตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหว โดยครูจัดเตรียมไว้ให้จากนั้นถามคำถามดังต่อไปนี้
 - จากข่าวแผ่นดินไหวของนักเรียนและเพื่อน ๆ ทราบได้อย่างไรว่าเหตุการณ์ใดคือแผ่นดิน
ไหวที่มีขนาดใหญ่ และมีความรุนแรงมากกว่ากัน
แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง หรือตอบจากข่าวได้ว่าดูขนาดของ
แผ่นดินไหวจากตัวเลขที่รายงานตามมาตราริกเตอร์หรือ มาตรฐานขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว
หรือดูจากความเสียหายที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด
 - จากรูปในข่าว นักเรียนคิดว่าบริเวณใดที่มีการปลดปล่อยพลังงานที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว
แนวคำตอบ นักเรียนอาจตอบตามความเข้าใจของตนเอง
7. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับศูนย์เกิดแผ่นดินไหวจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวและคลื่นไหวสะเทือน
โดยใช้รูป 3.14 ในหนังสือเรียนหน้าที่ 98 และอธิบายเชื่อมโยงจากข่าวว่าจะรายงานพิกัด
ภูมิศาสตร์ของจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งก็คือจุด ก ในรูป และรายงานระดับความลึก
ของจุดเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งก็คือจุดข ในรูป โดยบริเวณนี้เป็นจุดปลดปล่อยพลังงานที่ทำให้เกิด
แผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ



จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถาม ดังนี้

- ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวและจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวคือตำแหน่งภายในโลกที่เป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวและเป็นจุดกำเนิดคลื่นไหวสะเทือน ส่วนจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวคือตำแหน่งบนผิวโลกที่ตรงกับตำแหน่งศูนย์เกิดแผ่นดินไหว

8. ครูให้นักเรียนดูแอนิเมชันเรื่องคลื่นไหวสะเทือน แนะนำ https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/1component_seismogram_building_responds_to_p_s_surface_waves เพื่อศึกษาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่บันทึกได้จากเครื่องวัดความไหวสะเทือน จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังนี้

- นักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้างจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

แนวคำตอบ เห็นข้อมูลแอมพลิจูดที่แตกต่างกันของคลื่น 3 เหตุการณ์ คือ คลื่นปฐมภูมิ คลื่นทุติยภูมิ และคลื่นพื้นผิว

- นักเรียนคิดว่าคลื่นในเหตุการณ์ใดที่น่าจะก่อให้เกิดความเสียหายกับอาคาร บ้านเรือนมากที่สุด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ คลื่นในเหตุการณ์ที่ 3 หรือคลื่นพื้นผิว เนื่องจากมีแอมพลิจูดสูงที่สุด

9. อภิปรายสรุปเกี่ยวกับขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหวร่วมกันดังต่อไปนี้

แนวทางการอภิปรายสรุป การวัดขนาดของแผ่นดินไหวเป็นการวัดปริมาณพลังงานของคลื่นไหวสะเทือน โดยใช้เครื่องวัดความไหวสะเทือน วัดคลื่นไหวสะเทือนจากทิศทางต่าง ๆ จากนั้นคำนวณออกมาเป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณศูนย์เกิดแผ่นดินไหว โดยใช้มาตราริกเตอร์ หรือมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว ส่วนความรุนแรงของแผ่นดินไหววัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุหรืออาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ มาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว

10. จากนั้นครูถามคำถามเพื่อขยายความรู้ดังตัวอย่าง

- ปัจจัยใดที่มีผลต่อความรุนแรงในการเกิดแผ่นดินไหว

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

- นักเรียนคิดว่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหวเสมอไปหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ ความรุนแรงของแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหวแต่ไม่เสมอไปแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งมีความรุนแรงแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวถึงสถานที่ที่ได้รับความเสียหายลักษณะภูมิประเทศประเภทของสิ่งก่อสร้างและระยะเวลาในการสั่นสะเทือนจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวอาจทำให้แผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กกว่ามีความรุนแรงมากกว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่าได้

11. ครูให้นักเรียนพิจารณารูปในหนังสือเรียนหน้าที่ 102 แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของโลก และถามคำถามดังตัวอย่าง

- จากรูป บริเวณใดบ้างที่เกิดแผ่นดินไหวบ่อยกว่าบริเวณอื่น

แนวคำตอบ บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แนววงแหวนไฟ แนวเทือกเขาหิมาลัย และแนวเทือกเขาแอลป์

12. จากนั้นให้นักเรียนพิจารณารูป 3.18 แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย และรูป 3.19 แผนที่ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในประเทศไทย ตามหนังสือเรียนหน้า 104-105 จากนั้นถามคำถามดังตัวอย่าง

- นักเรียนคิดว่าจังหวัดในภาคใดของประเทศไทยที่เกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง

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

- ภาคใดของประเทศไทยที่มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่มาก

แนวคำตอบ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้

- นักเรียนคิดว่ารอยเลื่อนมีพลังมีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวอย่างไร

แนวคำตอบ มีความสัมพันธ์กันโดยจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมักเกิดตรงบริเวณรอยเลื่อนมีพลังที่มีการเคลื่อนที่อย่างรุนแรง บริเวณที่มีแนวรอยเลื่อนมีพลังอยู่นานแนวนั้นจะมีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวได้มากที่สุด ส่วนบริเวณที่มีแนวรอยเลื่อนมีพลังอยู่น้อยหรือไม่มีจะมีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวได้น้อยกว่า

- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเช่น ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวน้อยมาก เพราะไม่พบรายงานกลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง

- นักเรียนคิดว่าการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวมีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความคิดของตนเอง หรืออาจตอบว่า เพื่อวางแผนการใช้พื้นที่ให้เหมาะสม และเพื่อควบคุมการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดสูงสุดเท่าที่มีข้อมูลอยู่ในปัจจุบันได้

จากการอภิปรายและตอบคำถามนักเรียนควรสรุปได้ว่า

จากลักษณะทางธรณีวิทยาของประเทศไทย ประเทศไทยไม่ได้อยู่ในบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแต่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวในประเทศใกล้เคียงส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทยซึ่งรู้สึกได้บริเวณภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตกและภาคกลาง

ส่วนแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวอยู่ในประเทศไทยเกิดในบริเวณแนวรอยเลื่อนที่มีพลังส่วนมากอยู่ทางภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ ดังนั้นจะพบว่าบริเวณที่เสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวมากที่สุด คือ ภาคเหนือและภาคตะวันตก

13. ครูให้นักเรียนสืบค้นแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว โดยให้นักเรียนนำเสนอเป็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภาพ แผนผัง โปสเตอร์ การแสดงบทบาทสมมติ จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยสรุป แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวตามหนังสือเรียนหน้า 106

12. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกัน โดยมีแนวทางในการสรุปดังนี้

- แผ่นดินไหวเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่ ทำให้เกิดความเค้นกระทำต่อหินในแผ่นธรณี หินจะสะสมพลังงานไว้และเมื่อหินไม่สามารถทนต่อความเค้นได้ หินจะเกิดการแตกหักและเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน และปลดปล่อยพลังงานออกมาจากจุดกำเนิดในรูปของคลื่นไหวสะเทือน
- แผ่นดินไหวยังเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น ภูเขาไฟระเบิด ดินถล่ม การทดลองระเบิดนิวเคลียร์
- คลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ภายในโลก เรียกว่าคลื่นในตัวกลาง และเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ถึงพื้นผิวโลกทำให้เกิดคลื่นพื้นผิว ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวโลกสั่นสะเทือนเกิดเป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกันไป
- เมื่อเกิดแผ่นดินไหว บริเวณต่าง ๆ ได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน บริเวณบนพื้นผิวโลกที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) ซึ่งเป็นจุดบนพื้นผิวโลกที่อยู่เหนือบริเวณต้นกำเนิดของแผ่นดินไหวภายในโลก ที่เรียกว่า ศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (focus)

- ขนาดของแผ่นดินไหววัดได้จากคลื่นไหวสะเทือนจะถูกบันทึกไว้ด้วยเครื่องวัดความไหวสะเทือน (seismograph) จากนั้นคำนวณออกมาเป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณศูนย์เกิดแผ่นดินไหว โดยใช้มาตราริกเตอร์ หรือมาตราขนาดโมเมนต์แผ่นดินไหว
- ความรุนแรงของแผ่นดินไหววัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุหรือ อาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง มาตราวัดความรุนแรงที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ มาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว
- พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จึงอยู่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แนววงแหวนไฟรอบมหาสมุทรแปซิฟิก (Pacific Ring of fire) แนวเทือกเขาหิมาลัย และแนวเทือกเขาแอลป์
- แผ่นดินไหวในประเทศไทยเกิดขึ้นสัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลังที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศไทยมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง
- การปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหวจะต้องศึกษาวิธีการเตรียมตัวการก่อนการเกิดเหตุแผ่นดินไหว ระหว่างเกิดแผ่นดินไหว และหลังเกิดแผ่นดินไหวอย่างถูกต้องและเหมาะสม

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว 2. แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 3.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การสืบค้นข้อมูลและการ นำเสนอผลการทำกิจกรรม 3.3
A: 1. ความใจกว้าง	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม

3.3 สึนามิ

จุดประสงค์

1. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด จากสึนามิโดยใช้แบบจำลอง
2. สืบค้นและนำเสนอข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย และผลจากสึนามิ
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำรูปภาพหรือวิดีโอที่แสดงให้เห็นสึนามิที่กำลังเข้าปะทะชายฝั่งมาให้นักเรียนสังเกตเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียน



สึนามิขณะพัดเข้าฝั่งภาคใต้ของประเทศไทย

ที่มา <http://f.ptcdn.info/234/024/000/1412686493-o.jpg>



สึนามิขณะพัดเข้าชายฝั่งประเทศญี่ปุ่น

ที่มา <http://www.tuhpp.net/?p=11604>

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- เหตุการณ์ในภาพเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดจากสึนามิ

- สึนามิเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเอง

- ประเทศไทยมีโอกาสเกิดสึนามิอีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเอง



กิจกรรม 3.4 แบบจำลองการเกิดสึนามิ

จุดประสงค์กิจกรรม

สืบค้นข้อมูลและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการเกิดสึนามิ และผลกระทบจากสึนามิ

เวลาที่ใช้ 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ตู้อะจก หรือกล่องพลาสติก 1 ใบ กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร
2. น้ำ (ปริมาตรตามขนาดของตู้อะจกหรือกล่องพลาสติก)
3. ดินน้ำมันหรือวัสดุอื่นใช้รองให้พื้นเอียง
4. แผ่นพลาสติกลูกฟูก
5. เชือก 1 เมตร (ใช้ขึงตามแนวระดับน้ำเพื่อช่วยในการสังเกต และสำหรับร้อยกับแผ่นพลาสติกลูกฟูก)
6. เทปใส 1 ม้วน

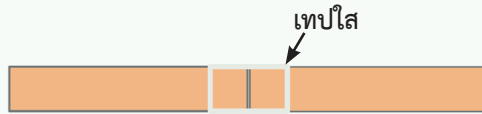
ข้อแนะนำสำหรับครู

ครูอาจให้นักเรียนถ่ายภาพ slow-motion หรือทำเครื่องหมายตำแหน่งชายฝั่งและตำแหน่งที่คลื่นไปถึง เพื่อช่วยในการสังเกต

วิธีการทำกิจกรรม

1. เตรียมอุปกรณ์ดังขั้นตอนต่อไปนี้
 - ตัดพลาสติกลูกฟูกให้มีความกว้างเท่ากับขนาดของตู้ ความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น

- ใช้เทปใสติดแผ่นพลาสติกลูกฟูกเข้าด้วยกันดังรูป



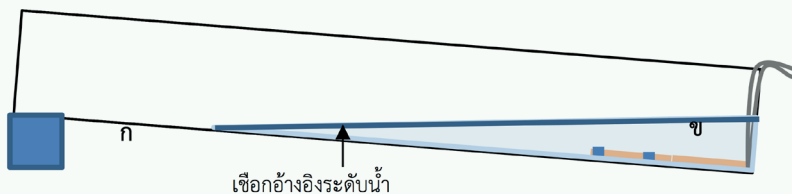
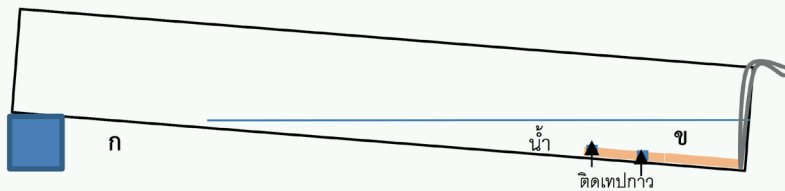
- เจาะรูที่ปลายข้างหนึ่งของแผ่นพลาสติกลูกฟูก 2 ช่อง ดังรูป



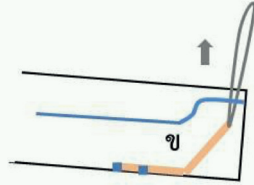
- ร้อยปลายเชือกเข้าไปในรูทั้งสองและมัดปมไว้ ดังรูป



- ติดปลายแผ่นพลาสติกลูกฟูกด้านที่ไม่มีเชือกให้แนบกับพื้นตู้โดยให้ชิดด้านใดด้านหนึ่งของตู้ ดังรูป
- เทน้ำลงในตู้ให้สูงประมาณครึ่งหนึ่งของด้านที่เอียงลง หรือเมื่อเอียงตู้ลงแล้วให้น้ำท่วมลูกเข้าไป 2 ใน 3 ส่วนของความยาวตู้ จากนั้นใช้เชือกซึ่งที่ด้านข้างของตู้ตามระดับน้ำ เพื่อทำเส้นอ้างอิงระดับผิวน้ำ ดังรูป



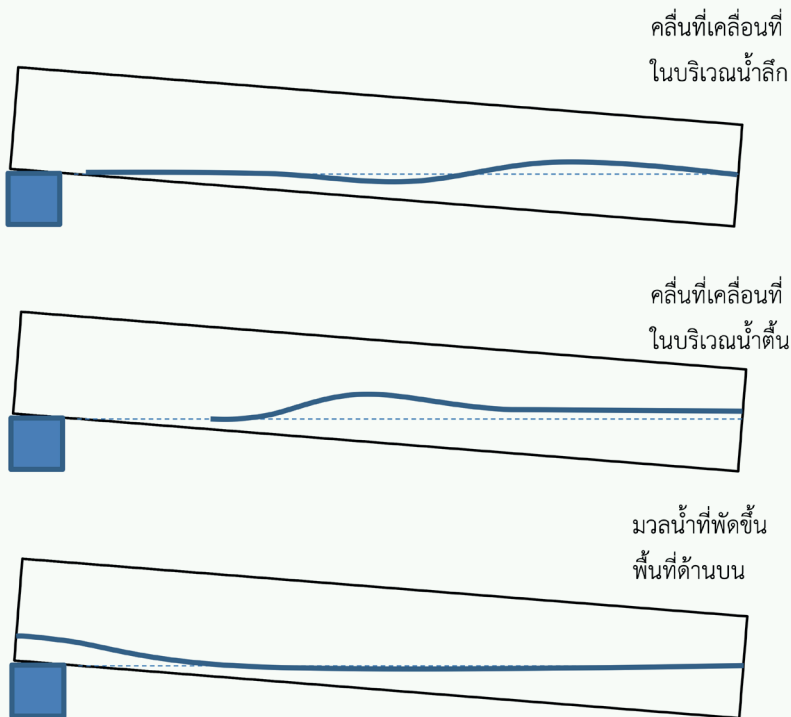
2. ทำให้เกิดคลื่นจากบริเวณ ข เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณ ก โดยดึงปลายเชือกขึ้นด้านบนอย่างรวดเร็ว ดังรูป



3. สังเกตระดับน้ำบริเวณ ข และความสูงคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณ ก โดยเปรียบเทียบกับเส้นเชือกที่ขึงไว้ตามแนวระดับน้ำ
4. นำเสนอผลการทำกิจกรรมและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดสึนามิในธรรมชาติ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อดึงเชือกเพื่อยกแผ่นพลาสติกขึ้นจะเกิดเหตุการณ์ ดังรูป



สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อดึงเชือกเพื่อยกแผ่นพลาสติกลูกฟูกขึ้น จะทำให้น้ำบริเวณ ข สูงขึ้นและเกิดคลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณ ก ที่เป็นบริเวณน้ำตื้น เมื่อเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่ความลึกลดลง จะสังเกตเห็นความสูงคลื่นเพิ่มมากขึ้น ความยาวคลื่นลดลง และระดับน้ำใกล้ชายฝั่งลดลงต่ำกว่าระดับน้ำเดิม จากนั้นน้ำจะพัดขึ้นพื้นที่บริเวณ ก หรือบริเวณชายฝั่ง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ก่อนยกแผ่นพลาสติกลูกฟูก ขึ้น ระดับน้ำที่บริเวณ ก และ ข เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ บริเวณ ข มีระดับน้ำสูงประมาณ 1 ใน 2 ของความสูงตู้ บริเวณ ก เป็นที่ลาด จึงไม่มีน้ำ หรือมีน้ำตื้นกว่าบริเวณ ข
2. ขณะที่ยกแผ่นพลาสติกลูกฟูกขึ้นอย่างรวดเร็วที่บริเวณ ก และ ข เกิดอะไรขึ้นบ้าง
แนวคำตอบ ระดับน้ำที่บริเวณ ข สูงขึ้นและไหลไปทางบริเวณ ก
3. หลังจากยกแผ่นพลาสติกลูกฟูกขึ้นและเหตุการณ์สงบนิ่ง ระดับน้ำที่บริเวณ ก และ ข เป็นอย่างไร
แนวคำตอบ น้ำที่ไหลจากบริเวณ ข มาสู่บริเวณ ก ไหลกลับไปสู่ที่เดิม ทำให้ระดับน้ำเท่ากับตอนก่อนยกแผ่นพลาสติกลูกฟูก
4. หากเปรียบตู้ที่ใช้ในกิจกรรมเป็นมหาสมุทร บริเวณ ก และ ข เป็นบริเวณใดของมหาสมุทร
แนวคำตอบ บริเวณ ก เป็นบริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณ ข เป็นบริเวณกลางมหาสมุทร
5. หากเปรียบแผ่นพลาสติกลูกฟูกเป็นพื้นมหาสมุทร เหตุการณ์ใดที่สามารถทำให้เกิดการยกตัวของพื้นมหาสมุทร
แนวคำตอบ แผ่นดินไหว การเคลื่อนตัวของแผ่นธรณี รอยเลื่อน

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมและตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบดังด้านบน
4. ครูให้นักเรียนศึกษาหนังสือเรียนหน้า 110-112 กระบวนการเกิดและผลจากการเกิดสึนามิ จากนั้นนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากการทำกิจกรรมกับกระบวนการเกิดสึนามิ โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้
 - บริเวณที่ความลึกมาก สึนามิมีลักษณะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ ความสูงคลื่นน้อย ความยาวคลื่นมาก และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูง

- เมื่อสึนามิเคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณที่ตื้น สึนามิเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
แนวคำตอบ ความสูงคลื่นเพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นและอัตราเร็วลดลง ทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่พัดขึ้นชายฝั่ง
 - ในขณะที่สึนามิเคลื่อนที่เข้าชายฝั่ง ระดับน้ำบริเวณชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ ระดับน้ำลดลง จากนั้นระดับเพิ่มสูงขึ้นและน้ำพัดขึ้นชายฝั่ง
 - จากแบบจำลอง ลักษณะของสึนามิในธรรมชาติเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ บริเวณน้ำลึกหรือกลางมหาสมุทรสึนามิมีความยาวคลื่นมากแต่ความสูงคลื่นน้อย แต่เมื่อเคลื่อนที่มายังบริเวณน้ำตื้นหรือใกล้ชายฝั่งความยาวคลื่นจะลดลงแต่ความสูงจะเพิ่มขึ้น และจะทำให้ระดับน้ำบริเวณชายฝั่งลดลง จากนั้นมวลน้ำจึงพัดขึ้นชายฝั่ง
 - คลื่นในแบบจำลองเกิดขึ้นได้อย่างไร
แนวคำตอบ เกิดการแทนที่ของมวลน้ำอย่างฉับพลัน
 - ในธรรมชาติ มีเหตุการณ์ใดบ้างที่ทำให้เกิดการแทนที่ของมวลน้ำจนเกิดเป็นสึนามิ
แนวคำตอบ การเลื่อนตัวของแผ่นธรณีในแนวตั้งเนื่องจากแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่มขนาดใหญ่ใต้ทะเล การระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล การชนของดาวหางและดาวเคราะห์น้อย การตกของอุกกาบาตขนาดใหญ่ในมหาสมุทร และการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้มหาสมุทร
 - มหาสมุทรใดมีโอกาสเกิดสึนามิมากที่สุด เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ มหาสมุทรแปซิฟิก เพราะมีแนวมุดตัวของแผ่นธรณีหรือที่เรียกว่าวงแหวนไฟ ซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้
5. ครูอภิปรายเพื่อขยายความรู้ให้กับนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดสึนามิ โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้
- การเกิดสึนามิจะมีคลื่นขนาดใหญ่เพียงระลอกเดียวใช่หรือไม่
แนวคำตอบ คลื่นสึนามิจะไม่เกิดเพียงระลอกเดียว จะเกิดขึ้นได้หลายระลอกคลื่น และคลื่นลูกหลังอาจใหญ่กว่าคลื่นลูกแรก
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยเกี่ยวกับผลจากสึนามิโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้
- สึนามิทำส่งผลกระทบต่อชายฝั่งอย่างไรบ้าง
แนวคำตอบ คำตอบอาจมีได้หลากหลาย เช่น สร้างความเสียหายให้กับอาคาร บ้านเรือน สถานที่ท่องเที่ยว เรือประมง ป่าชายเลน และปะการัง
7. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการเฝ้าระวังและเตือนภัยก่อนสึนามิ จากหนังสือเรียนหน้า 113 -114 และเว็บไซต์ของศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ <http://www.ndwc.go.th> จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามต่อไปนี้
- กระบวนการเตือนภัยสึนามิประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง
แนวคำตอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ การตรวจวัดข้อมูล การประมวลผลจากข้อมูล และการประกาศเตือนภัย

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อลดผลกระทบจากสึนามิ ตามประเด็นดังต่อไปนี้
 - การเตรียมความพร้อมก่อนเกิดสึนามิ
 - การปฏิบัติตนขณะเกิดสึนามิ
 - การปฏิบัติตนหลังเกิดสึนามิ
9. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 3.5 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย



กิจกรรม 3.5 แนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

จุดประสงค์กิจกรรม

นำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

ใบความรู้ และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ให้กับนักเรียน
2. ครูควรให้นักเรียนออกแบบสื่อก่อนลงมือทำจริง 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
 - การศึกษาจากพื้นที่เสี่ยงภัย
2. สืบค้นข้อมูลองค์ความรู้ตามประเด็นที่ได้จากข้อ 1
3. ออกแบบและนำเสนอ ผลการสืบค้นข้อมูลตามประเด็นในข้อ 1 ด้วยสื่อรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผ่นพับ โปสเตอร์ แบบจำลอง บทบาทสมมุติ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนควรวิเคราะห์สถานการณ์และอภิปรายเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ธรรมชาติและกระบวนการเกิดของธรณีพิบัติภัย

สถานการณ์ที่ 1 นักเรียนจะต้องเลือกพื้นที่ และภูเขาไฟในพื้นที่นั้น ๆ โดยนักเรียนจะต้องศึกษาถึงธรรมชาติและกระบวนการเกิดของภูเขาไฟนั้น ๆ

สถานการณ์ที่ 2 นักเรียนควรศึกษาถึงธรรมชาติของการเกิดแผ่นดินไหวว่าคลื่นไหวสะเทือนนั้น ไม่ได้ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเพียงระลอกเดียวและอาจเกิดตามมามากหลายครั้ง

สถานการณ์ที่ 3 นักเรียนจะต้องเลือกพื้นที่ว่าชุมชนของนักเรียนจะเป็นพื้นที่ในจังหวัดใด และมีลักษณะทางภูมิศาสตร์อย่างไร จากนั้นศึกษาธรรมชาติและกระบวนการเกิดสึนามิว่าเกิดได้อย่างไรบ้าง

- ผลที่เกิดจากธรณีพิบัติภัย

สถานการณ์ที่ 1 ศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากภูเขาไฟในพื้นที่ที่นักเรียนเลือก เช่น ภูเขาไฟในหมู่เกาะฮาวาย ภัยพิบัติส่วนมากเกิดจากการไหลของลาวา และแก๊สพิษ

สถานการณ์ที่ 2 ศึกษาอันตรายขณะเกิดแผ่นดินไหวว่าเมื่อนักเรียนอยู่บนอาคารสูงจะสามารถเกิดอันตรายได้ขึ้นได้บ้าง เช่น การเกิดตึกถล่ม ของหนักหล่นทับ เกิดไฟไหม้

สถานการณ์ที่ 3 ศึกษาผลจากสึนามิที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ ว่าทำความเสียหายเป็นบริเวณกว้างเท่าใด

- การศึกษาจากพื้นที่เสี่ยงภัย

สถานการณ์ที่ 1 ศึกษาว่าในพื้นที่ที่นักเรียนเลือกนั้นมีการวางแผนเตรียมความพร้อมและการป้องกันอย่างไรเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิด

สถานการณ์ที่ 2 ศึกษาว่าเมื่อเกิดแผ่นดินไหวและมีผู้ติดอยู่ในอาคารสูงในประเทศต่าง ๆ มีแนวทางในการปฏิบัติอย่างไรให้ปลอดภัย

สถานการณ์ที่ 3 ศึกษาว่าในพื้นที่ที่นักเรียนเลือกนั้นมีการวางแผนเตรียมความพร้อมและการป้องกันอย่างไรเมื่อเกิดสึนามิ
ตัวอย่างโปสเตอร์ แผ่นพับและสื่ออื่น ๆ ดาวน์โหลดได้จาก QR code ประจำบท

10. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม ร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบดังด้านบน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. สาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว 2. แนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 3.4-3.5 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การสร้างแบบจำลองในการปฏิบัติกิจกรรม 3.4 2. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบสร้างแบบจำลอง ในกิจกรรม 3.4 3. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 3.5 แสดงการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด 4. การสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอผลการทำกิจกรรม 3.5
A: 1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 2. ความเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม 2. การสืบค้นข้อมูล การตั้งคำถาม และการอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

วันที่	สถานที่	สาเหตุการเกิด	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
26 ธ.ค. 2547	มหาสมุทรอินเดีย	แผ่นดินไหว	เวลา 7.58 น. ตามเวลาในประเทศไทย (00:58 UTC) เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.1-9.3 บริเวณมหาสมุทรอินเดีย แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ทำให้เกิดสึนามิสูง 10-30 เมตร เข้ากระทบชายฝั่งโดยรอบมหาสมุทรอินเดีย ประเมินการว่ามีผู้เสียชีวิตจากแผ่นดินไหวครั้งนี้ใน 14 ประเทศ มากกว่า 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 เหตุแผ่นดินไหวและสึนามิครั้งนี้ทำให้มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 659 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	นอกชายฝั่ง ประเทศชิลี	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.8 นอกชายฝั่งประเทศชิลี เกิดสึนามิ มีผู้เสียชีวิต 525 คน
25 ต.ค. 2553	Mentawai เกาะสุมาตรา ประเทศ อินโดนีเซีย	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.7 ใกล้ South Pagai Island ประเทศ อินโดนีเซีย เกิดสึนามิแบบท้องถิ่น มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 408 คน
22 ก.พ. 2554	เกาะใต้ ประเทศ นิวซีแลนด์	แผ่นดินไหว ทำให้ ภูเขาน้ำแข็ง ถล่ม	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.3 บริเวณ Canterbury Region เกาะใต้ ประเทศนิวซีแลนด์ ภูเขาน้ำแข็ง ถล่มจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ทำให้เกิดสึนามิสูง 3.5 เมตร
11 มี.ค. 2554	นอกชายฝั่ง แปซิฟิกโทโฮะกุ	แผ่นดินไหว	เวลา 14.46 น. ตามเวลามาตรฐาน ญี่ปุ่น (05:46 UTC) เกิดแผ่นดินไหว ขนาด 9.0 บริเวณนอกชายฝั่งญี่ปุ่น ทำให้เกิดคลื่นสูง 10-40.5 เมตร มี ผู้เสียชีวิตและสูญหาย 18550 คน
6 ก.พ. 2556	หมู่เกาะโซโลมอน	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.0 บริเวณ หมู่เกาะโซโลมอน ทำให้เกิดคลื่น สูง 1 เมตร

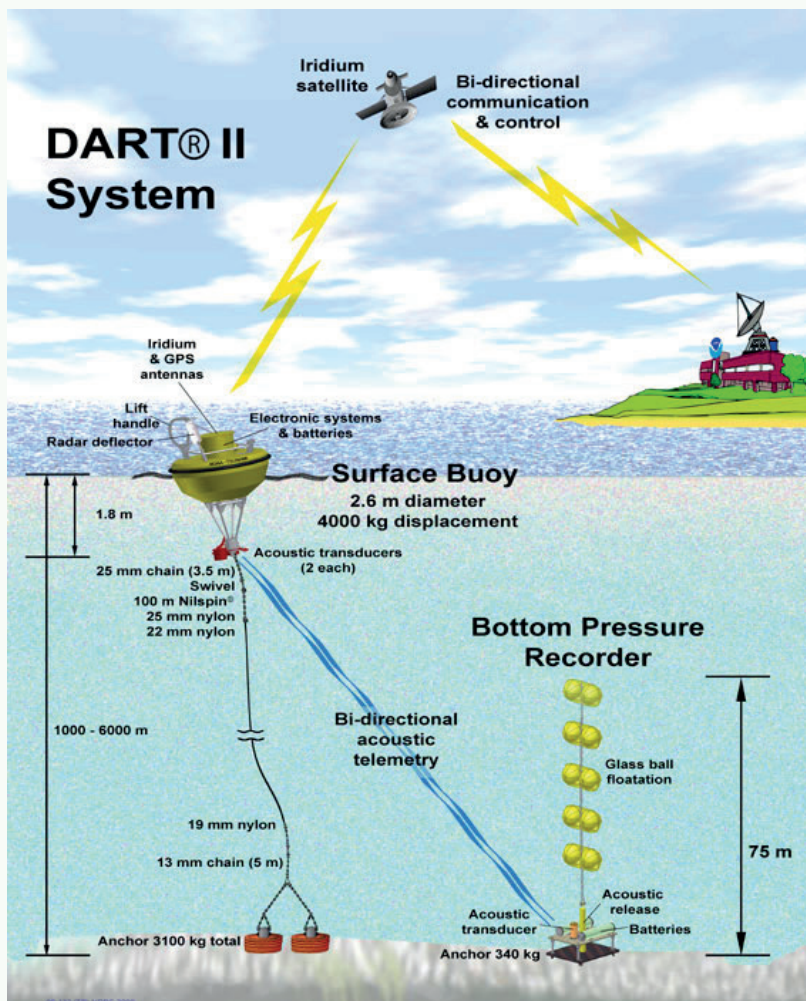
วันที่	สถานที่	สาเหตุการเกิด	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
21 ก.ค.2557	อาซค์จ้ำ (Askja)	ดินถล่ม	เวลา 23.24 น. (เวลาท้องถิ่น) เกิดดินถล่มบริเวณ Icelandic volcano Askja จากการประทุ ของ ภูเขาไฟ ทำให้เกิดสึนามิ สูง 20-30 เมตร
16 ก.ย. 2558	ชายฝั่งตะวันตก ประเทศชิลี	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.3 บริเวณ ชายฝั่งตะวันตกของประเทศชิลี ทำให้เกิดสึนามิสูง 4.88 เมตร
14 พ.ย. 2559	เมืองไคคูร่า (Kaikoura) ประเทศ นิวซีแลนด์	แผ่นดินไหว	เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.5-7.8 บริเวณเกาะใต้ประเทศนิวซีแลนด์ ทำให้เกิดสึนามิสูง 2.5 เมตร เข้า กระทบเมืองไคคูร่า และชายหาด อื่น ๆ
17 มิ.ย. 2560	ประเทศ กรีนแลนด์	ดินถล่ม	เกิดดินถล่มลงในแม่น้ำ Karrat Fjord เกิดสึนามิสูง 90 เมตร มีผู้เสียชีวิต 4 คน

จัดทำโดย : กลุ่มงานวิชาการการเตือนภัย ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ กรมป้องกันและบรรเทา
สาธารณภัย

ระบบแจ้งเตือนสึนามิ

การตรวจวัดสึนามินั้นทำได้ยาก การสำรวจจากเครื่องบินหรือดาวเทียมไม่สามารถ
ทำได้ เนื่องจากเมื่อสึนามิอยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงน้อยมาก องค์การบริหารบรรยากาศ
และมหาสมุทร (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา จึงพัฒนาระบบตรวจวัดสึนามิขึ้น ซึ่งประกอบ
ด้วยเซนเซอร์เก็บบันทึกข้อมูลใต้ทะเล และ หุ่นลอยส่งสัญญาณผิวทะเล รวมเรียกว่า DART
ซึ่งย่อมาจาก Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunami System ซึ่งพัฒนา
โดย ซึ่งจะติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือนไว้ที่ท้องมหาสมุทร เซนเซอร์เก็บข้อมูลแผ่นดินไหว
และส่งสัญญาณไปยังหุ่นลอยซึ่งอยู่บนผิวน้ำ เพื่อรีเลย์สัญญาณไปยังดาวเทียม GOES และ
ส่งกลับลงบนสถานีภาคพื้นอีกทีหนึ่ง

ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบ DART II ขึ้น (ดังรูป) โดยมีการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดและส่งสัญญาณข้อมูลต่าง ๆ ทั้งความดันของน้ำทะเล การสั่นสะเทือนของเปลือกโลก และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไปยังทุ่นลอยบนผิวน้ำ ในขณะที่ทุ่นลอยบนผิวน้ำจะเก็บวัดข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ อุณหภูมิ และ ความกดอากาศ แล้วส่งข้อมูลทั้งหมดผ่านดาวเทียม Iridium ไปยังฐานรับส่งข้อมูลสีนามิบนฝั่ง เพื่อแจ้งเตือนให้ประชาชนและชาวประมงในพื้นที่ให้รีบอพยพออกจากบริเวณที่อันตราย



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



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	ข้อความ
✗	1. ภูเขาไฟบนหมู่เกาะฮาวายเกิดบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นธรณี
✓	2. ไอน้ำเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟ
✗	3. แผ่นดินไหวปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นไหวสะเทือนที่จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว
✓	4. มาตราริกเตอร์เป็นมาตราที่วัดพลังงานของแผ่นดินไหวที่ปล่อยออกมา
✗	5. เมื่อเกิดแผ่นดินไหว หากนักเรียนอยู่ที่ในโรงให้หลบเข้าไปในอาคาร
✓	6. สีนามิเป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากเมื่อเคลื่อนที่อยู่ในทะเลลึก
✓	7. สีนามิสามารถหาคาบอุบัติซ้ำได้จากการศึกษาจำนวนชั้นและอายุของตะกอนสินามิในอดีต
✗	8. ไม่ควรสร้างบ้านเรือนใกล้กับบริเวณที่เคยมีการปะทุของภูเขาไฟที่ดับสนิท
✓	9. เมื่อรู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว หรือพบว่าระดับน้ำทะเลลดลงผิดปกติ ให้รีบหนีขึ้นที่สูง หรือออกห่างจากชายฝั่งให้มากที่สุด
✓	10. หากชาวประมงอยู่บนเรือหาปลาใกล้ชายฝั่ง และได้รับสัญญาณเตือนว่าเกิดสินามิขึ้น ชาวประมงควรนำเรือออกไปกลางทะเลให้ไกลชายฝั่งมากที่สุด

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

2.1 แอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือนที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใด

ก. คำนวณขนาดของแผ่นดินไหว*

ข. คำนวณหาการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

ค. คำนวณหาความยาวของคลื่นแผ่นดินไหว

ง. คำนวณหาคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว

2.2 ข้อมูลใดผิดเกี่ยวกับมาตราเมอร์คัลลี

ก. เป็นการเก็บข้อมูลจากความรู้สึกของคนที่อยู่ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวเท่านั้น*

ข. ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงออกมาเป็นแผนที่แสดงระดับความเสียหายได้

ค. ระดับความเสียหายจะลดลงเมื่ออยู่ห่างจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมากขึ้น

ง. การทำแผนที่แสดงระดับความเสียหายจากแผ่นดินไหวด้วยมาตราเมอร์คัลลีจะทำหลังจากเกิดแผ่นดินไหวแล้ว

2.3. มาตรารวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่สำรวจจากผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งปลูกสร้างคือมาตรใด

ก. มาตราริกเตอร์

ข. มาตรารขนาดโมเมนต์

ค. มาตราเมอร์คัลลี*

ง. มาตราโมส์

2.4. บริเวณใดที่เกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรงและบ่อยครั้งที่สุดในโลก

ก. แนวเทือกเขาแอลป์ และเทือกเขาหิมาลัย

ข. แนวสันเขากลางมหาสมุทรอินเดีย และอาร์กติก

ค. แนวรอยต่อรอบมหาสมุทรแปซิฟิก*

ง. แนวสันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก

2.5. ความหนืดของลาวาขึ้นอยู่กับปัจจัยใดเป็นหลัก

ก. ปริมาณธาตุแมกนีเซียม

ข. ปริมาณธาตุเหล็ก

ค. ปริมาณซิลเฟอร์

ง. ปริมาณซิลิกา*

3. จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ภูเขาไฟระเบิดเป็นสาเหตุทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ แรงดันของแมกมาที่ขึ้นสู่ปากปล่อง การถล่มของปากปล่องอาจทำให้แผ่นดินสั่นสะเทือนเกิดเป็นแผ่นดินไหวได้

3.2 คลื่นไหวสะเทือนในธรรมชาติเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใดบ้าง

แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีและรอยเลื่อนมีพลัง

3.3 แผ่นดินไหวเกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ แผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน และแผ่นธรณีเคลื่อนที่จากกัน

3.4 การประเมินความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลีสตองอาศัยข้อมูลใดบ้าง

แนวคำตอบ ข้อมูลจากความรู้สึกของผู้คน ความเสียหายของสิ่งของ สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

3.5 โดยส่วนมากสึนามิจะมีจุดกำเนิดในบริเวณที่มีความสัมพันธ์กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณีแบบใด

แนวคำตอบ แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน

4. เพราะเหตุใดการเกิดแผ่นดินไหวในทะเลในบางครั้งไม่ก่อให้เกิดสึนามิ

แนวคำตอบ การเกิดแผ่นดินไหวในบางครั้งไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแผ่นธรณีในแนวดิ่ง และในบางครั้งมีจุดศูนย์กลางเกิดในระดับลึกเกินไป จึงไม่ทำให้เกิดสึนามิ

5. ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ของคำต่อไปนี้ (ใช้คำอื่นเพิ่มได้)

ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว สึนามิ แผ่นธรณี แนวรอยต่อของแผ่นธรณี สาเหตุการเกิด คลื่นไหวสะเทือน ลาวา ซิลิกา ความยาวคลื่น ความสูงคลื่น ขนาดของแผ่นดินไหว



บทที่

4

| การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา
(Sequence of Geological Events)



goo.gl/yrysqZ

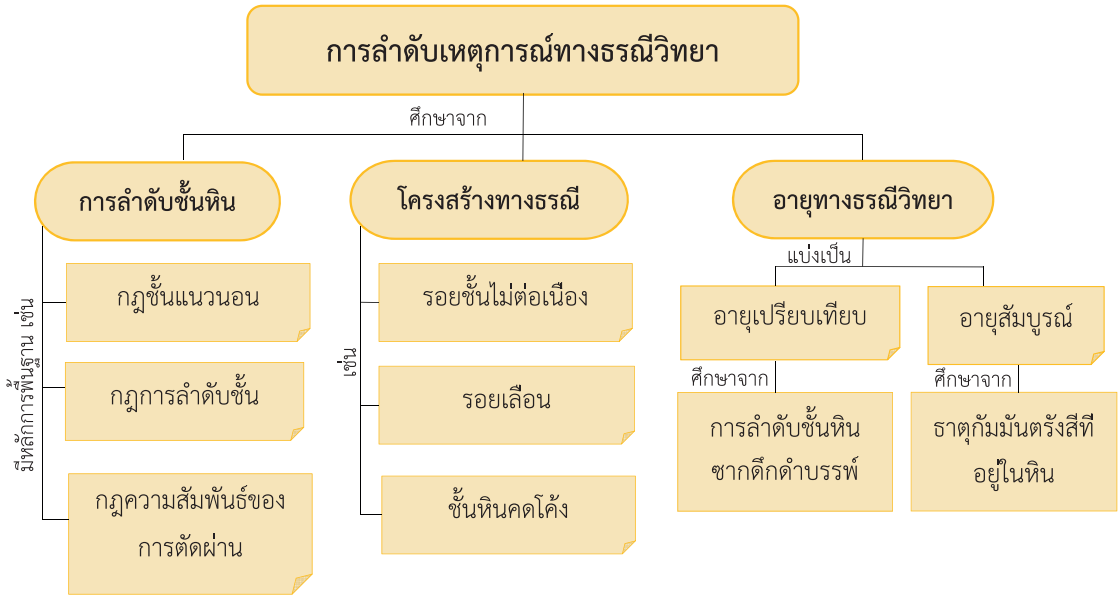
ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต		
จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. อธิบายหลักการของการลำดับชั้นหิน 2. อธิบายโครงสร้างทางธรณีที่มีผลต่อการลำดับชั้นหิน 3. อธิบายวิธีการหาอายุทางธรณีวิทยาทั้งอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์ 4. อธิบายความหมายและการใช้ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีในการหาอายุทางธรณีวิทยา 5. วิเคราะห์และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีโดยใช้กฎการลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี และอายุทางธรณีวิทยาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง

ผังมโนทัศน์ การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

โลกเป็นดาวเคราะห์หินที่มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานที่ถูกบันทึกไว้ในหินในการศึกษาความเป็นมาของโลก



การศึกษาธรณีประวัติของพื้นที่ต่าง ๆ อาศัยข้อมูลทางธรณีวิทยาหลายด้าน เช่น การลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี อายุทางธรณีวิทยา



การลำดับชั้นหินเป็นข้อมูลสำคัญในการบอกลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ โดยใช้หลักการของการลำดับชั้นหิน เช่น กฎการลำดับชั้น กฎชั้นแนวนอน กฎสัมพันธ์ของการตัดผ่าน



โครงสร้างทางธรณีที่ปรากฏในชั้นหินมีหลายแบบ เช่น รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง รอยเลื่อน ชั้นหินคดโค้ง



อายุทางธรณีวิทยาเป็นการระบุช่วงเวลาของเหตุการณ์ หรือซากดึกดำบรรพ์ หรือลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นบนโลก โดยระบุเป็นอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์



อายุเปรียบเทียบเป็นการบอกอายุของหิน เหตุการณ์ทางธรณีวิทยา หรือซากดึกดำบรรพ์ เมื่อเทียบกับหิน เหตุการณ์ทางธรณีวิทยา หรือซากดึกดำบรรพ์อื่น ๆ ซึ่งอายุเปรียบเทียบไม่ระบุเป็นตัวเลข



อายุสัมบูรณ์เป็นการบอกอายุของหินแร่ และซากดึกดำบรรพ์ที่สามารถบอกเป็นจำนวนปีที่ค่อนข้างแน่นอน



ข้อมูลธรณีวิทยาดังกล่าวนำมาใช้อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ และนำมาเป็นข้อมูลประกอบมาตราธรณีกาล

สาระสำคัญ

การศึกษาการลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี และหลักฐานทางธรณีวิทยาต่าง ๆ ทำให้ทราบถึงเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่กำเนิดโลกจนถึงปัจจุบัน จากหลักฐานดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์นำมาหาอายุทางธรณีวิทยาซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ อายุเปรียบเทียบ อายุสัมบูรณ์ รวมทั้งจัดทำมาตราธรณีกาล

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1 การลำดับชั้นหิน | 4 ชั่วโมง |
| 2 อายุทางธรณีวิทยา | 3 ชั่วโมง |
| 3 การเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน | 3 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียนที่นักเรียนต้องมีก่อนเรียน

ประเภทของหิน ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน หินแปร โครงสร้างทางธรณี เช่น รอยเลื่อน ชั้นหิน คดโค้ง ซากดึกดำบรรพ์ ธาตุกัมมันตรังสี ครีตชีวิตร

ความเข้าใจที่คาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
การแทรกดันของหินอัคนีสามารถแทรกเข้ามาในเนื้อหิน	การแทรกดันของหินอัคนีเกิดขึ้นในขณะที่เป็นแมกมา และถูกบีบอัดจนออกมาตามรอยร้าวของผิวโลกแล้วจึงแข็งตัวอยู่ในรอยร้าวนั้น เรียกการแทรกดันของหินอัคนีแบบนี้ว่า พนัง (dike)
ซากดึกดำบรรพ์มีเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น กระดูก เปลือกหอย	ซากดึกดำบรรพ์อาจพบเป็นเนื้อเยื่ออ่อนได้หรือ ร่องรอย เช่น ซากแมมมอธในธารน้ำแข็งหรือ ซากสัตว์ในเกลือหิน รอยตีนไดโนเสาร์ รอยขนไซของสัตว์



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อ	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	หินตะกอนเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนแล้วเกิดกระบวนการแข็งตัวเป็นหิน	✓
2	หินแกรนิตเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนขนาดต่าง ๆ (หินแกรนิตเกิดจากการการเย็นของแมกมาใต้เปลือกโลก)	✗
3	หินอัคนีเกิดจากการแข็งตัวของแมกมาใต้ผิวโลกและบนผิวโลก	✓
4	หินชนวนเป็นหินตะกอนเพราะสามารถกะเทาะเป็นแผ่นบางและเรียบได้ (หินชนวนเป็นหินแปรเกรดต่ำที่สามารถกะเทาะเป็นแผ่นบางและเรียบได้)	✗
5	รอยเลื่อนเป็นรอยแตกของเปลือกโลกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกออกจากตำแหน่งเดิม	✓
6	ชั้นหินคดโค้งเกิดจากแรงดันและความเครียดบนเปลือกโลก	✓
7	รอยตีนไคโนเสาร์ไม่จัดเป็นซากดึกดำบรรพ์เพราะไม่ใช่ซากของสิ่งมีชีวิตในอดีต (รอยตีนไคโนเสาร์จัดเป็นซากดึกดำบรรพ์แบบร่องรอย)	✗
8	ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีแล้วกลายเป็นอะตอมของธาตุใหม่ได้	✓

4.1 การลำดับชั้นหิน

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายกฎของการลำดับชั้นหิน
- อธิบายโครงสร้างทางธรณีที่มีผลต่อการลำดับชั้นหิน

สื่อการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1
- สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

- นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนวิเคราะห์รูปอุทยานแห่งชาติแกรนด์แคนยอน ในหนังสือเรียน หน้า 120 โดยครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 2 - 3 คน และให้นักเรียนอภิปรายตามประเด็นคำถามต่อไปนี้
 - จากภาพหินบริเวณดังกล่าวเป็นหินประเภทใด สังเกตจากอะไร
แนวคำตอบ หินตะกอน สังเกตได้จากชั้นหินวางตัวซ้อนทับต่อเนื่องเป็นหลายชั้น
 - จากรูปบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะไปจากอดีตหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต
 - ปัจจัยใดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินบริเวณนี้
แนวคำตอบ กระแสน้ำ กระแสลม และกระบวนการทางธรณีอื่น ๆ
 - ลักษณะของหินในพื้นที่ปรากฏเห็นในปัจจุบันสามารถอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาได้หรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ ตามแนวความคิดของนักเรียน
- ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 4.1 การวางตัวของชั้นหิน พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 4.1 การวางตัวของชั้นหิน

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการวางตัวและการลำดับชั้นตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น

วัสดุ-อุปกรณ์

- ทรายจำนวน 3 สี สีละ 100 กรัม
- ภาชนะใสทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-7 เซนติเมตร และสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตร จำนวน 1 ใบ
- น้ำเปล่า
- ช้อน จำนวน 1 คัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ก่อนการทำกิจกรรมให้แช่ทรายสีในน้ำให้เปียกก่อนเพื่อไม่ให้เกิดการลอยตัว

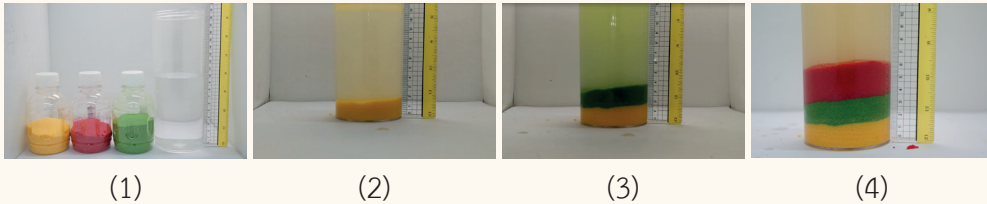
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ควรให้สีของทรายมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน
2. ค่อย ๆ เททรายใส่ลงในน้ำให้กระจายทั่วภาชนะ

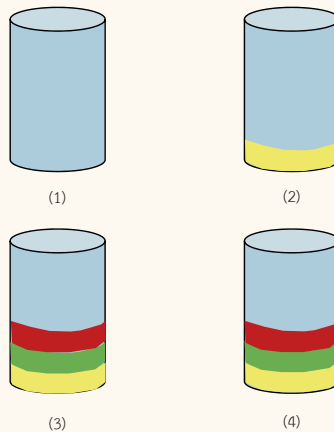
วิธีการทำกิจกรรม

1. ใส่น้ำในภาชนะใสทรงกระบอกให้มีระดับความสูงของน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร
2. ใช้ช้อนตักทรายแล้วค่อย ๆ ใส่ลงในภาชนะในข้อ 1 ทีละสี โดยให้ทรายแต่ละสีมีความหนาของชั้นทรายประมาณ 2 เซนติเมตร และสังเกตการกระจายตัวของทรายแต่ละสี
3. วาดภาพการกระจายตัวของชั้นทรายแต่ละสีลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ตัวอย่างการทำกิจกรรม



อภิปรายและตัวอย่างสรุปผลกิจกรรม



ทรายสีชั้นที่ 1 ที่เทลงอันดับแรกจะอยู่ด้านล่างสุดของภาชนะ ทรายสีชั้นที่ 2 ที่เทถัดมา จะอยู่บนทรายสีชั้นที่ 1 และทรายสีชั้นที่ 3 ที่เทเป็นลำดับสุดท้ายจะอยู่ชั้นบนสุดของภาชนะ โดยทรายแต่ละสีจะมีการกระจายตัวทั่วภาชนะตามแนวราบของพื้นภาชนะ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ทรายที่เทใส่ในภาชนะใสแต่ละสีมีการกระจายตัวอย่างไร

แนวคำตอบ ทรายมีการกระจายตัวทั่วภาชนะเป็นชั้นวางตัวในแนวนอนขนานกับก้นภาชนะ

2. ทรายสีมีการลำดับการวางตัวอย่างไร

แนวคำตอบ เรียงลำดับตามสีที่เทลงไป โดยชั้นทรายสีแรกที่เทลงไปในภาชนะ ใสมีการสะสมตัวก่อนด้านล่างสุดและชั้นทรายสีสุดท้ายมีการสะสมตัวในลำดับสุดท้าย ด้านบนสุด

3. นักเรียนสามารถลำดับเหตุการณ์การเกิดขึ้นทรายได้อย่างไร

แนวคำตอบ ทรายสีชั้นที่ 1 มีการสะสมตะกอนเป็นชั้นด้านล่างสุดก่อนที่จะมีชั้น ทรายสีชั้นที่ 2 วางตัวปิดทับ และทรายสีชั้นที่ 3 ตกสะสมตัวหลังสุดปิดทับ ด้านบนของทรายสีชั้นที่ 2

3. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามด้านบน

4. นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับหลักฐานหรือลักษณะทางธรณีที่ใช้ในการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา เพื่อตอบคำถามดังต่อไปนี้

- หลักฐานใดบ้างที่สามารถนำมาอธิบายการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีในพื้นที่

แนวคำตอบ การลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมที่ 4.1 เชื่อมโยงสู่การลำดับชั้นหินในหนังสือเรียนหน้า 125 โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- การตกสะสมตัวของตะกอนในธรรมชาติมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ในธรรมชาติตะกอนมีการสะสมตัวในแนวนอนขนานหรือเกือบขนานกับพื้นผิวโลก อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก และแพร่ขยายทั่วแอ่งสะสมตะกอน

- นักเรียนคิดว่าสาเหตุใดบ้างที่ทำให้ชั้นหินมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น ชั้นหินคดโค้ง การเอียงเทของชั้นหิน

แนวคำตอบ การเปลี่ยนแปลงของชั้นหินเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การทรุดตัวของพื้นที่ การแทรกดันของหินอัคนีมวลไพศาล

- จากรูป 4.1 ในหนังสือเรียนหน้า 126 หินชั้นใดมีการสะสมตัวก่อนตามลำดับ และทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นหินตะกอนที่อยู่ล่างสุดเกิดจากการตกสะสมตัวก่อนจะมีอายุแก่กว่า ตะกอนที่วางตัวอยู่ด้านบน

6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปกฎชั้นแนวนอนและกฎการลำดับชั้นตามประเด็นดังต่อไปนี้

- นักวิทยาศาสตร์ได้สังเกตการวางตัวของชั้นตะกอนที่กำลังสะสมตัวในหลายบริเวณพบว่า ชั้นตะกอนมีการวางตัวในแนวนอนหรือเกือบขนานกับพื้นโลก และกระจายตัวอยู่ทั่วแอ่งสะสมตะกอนเรียกว่า กฎชั้นแนวนอน

- ตะกอนมีการสะสมตัวในแอ่งสะสมตะกอน โดยตะกอนที่มีการสะสมตัวก่อนจะวางตัวเป็นชั้นอยู่ด้านล่างสุดของแอ่งสะสมตะกอนและตะกอนที่สะสมตัวภายหลังจะวางตัวเป็นชั้นปิดทับด้านบน ดังนั้นชั้นตะกอนที่วางตัวอยู่ล่างสุดของแอ่งสะสมตะกอนจะมีอายุแก่ที่สุด และชั้นตะกอนที่วางตัวอยู่บนสุดจะมีอายุน้อยที่สุด เรียกว่า กฎการลำดับชั้น

7. ครูอภิปรายคำถามในหนังสือเรียนหน้า 127 เพื่อเชื่อมโยงสู่เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาต่าง ๆ เช่น การเกิดรอยเลื่อนตัดผ่าน การแทรกดันของหินอัคนี ที่ส่งผลต่อการลำดับชั้นหิน และให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่ 4.2



กิจกรรม 4.2 การเปลี่ยนแปลงทางธรณีที่ส่งผลต่อลำดับชั้นหิน

จุดประสงค์กิจกรรม

1. ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาตามแบบจำลองที่สร้างขึ้น

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ดินน้ำมันสีต่างกัน จำนวน 4 ก้อน ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร
หนา 2 เซนติเมตร
2. ไม้บรรทัดแข็ง 1 อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ในการสร้างแบบจำลองครูควรให้นักเรียนทำเป็นกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
ร่วมกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ในกรณีดินน้ำมันแข็งเกินไปอาจนำไปแช่ดินน้ำมันในน้ำร้อนประมาณ 1 นาทีเพื่อ
ให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลอง
2. หากดินน้ำมันอ่อนเกินไปจนไม่สามารถตัดแบ่งได้ อาจนำไปแช่ในน้ำเย็นประมาณ
1 นาที เพื่อให้แข็งและคงรูปไว้ได้ในขณะตัดแบ่ง
3. ควรกำหนดให้ดินน้ำมันแต่ละสีแทนชั้นหินตะกอนและหินอัคนี พร้อมตั้งชื่อหินแต่ละชนิด
4. ในการสร้างชั้นหินโดยใช้ดินน้ำมันควรให้ดินน้ำมันแต่ละชั้นหนาประมาณ 2 เซนติเมตร
5. ครูควรให้นักเรียนสร้างรอยแตก รอยแยก หรือรอยเลื่อนโดยใช้อุปกรณ์ในชั้นเรียน
เช่น ไม้บรรทัด
6. ในการสร้างการแทรกดันของหินอัคนี ครูอาจแนะนำให้นักเรียนตัดแบ่งแบบจำลอง
ออกเป็นสองส่วนแยกออกจากกันก่อนเพื่อเป็นตัวแทนของการเกิดรอยแตกหรือ
รอยแยกในชั้นหินตะกอนก่อนที่จะมีการแทรกดันของหินอัคนี คือ ดินน้ำมันสีที่ 4 โดย
นำดินน้ำมันสีที่ 4 ที่ใช้แทนหินอัคนีแทรกตรงกลางระหว่างก้อนดินน้ำมันของ
แบบจำลองทั้งสองส่วนที่ตัดแบ่งไว้ และประกบเข้าด้วยกันอีกครั้ง

7. ในการสร้างรอยเลื่อนตัดผ่านพนักหินอัคนี ครูควรให้นักเรียนตัดแบ่งแบบจำลองก่อนอีกครั้ง โดยครั้งนี้กำหนดให้ตัดแบ่งพนักหินอัคนี (ดินน้ำมันสีที่ 4) ออกเป็นสองส่วน แยกออกจากกันในลักษณะใด ๆ ก็ได้ เพื่อเป็นตัวแทนของการเกิดรอยแตกหรือรอยแยกในลำดับชั้นหินก่อนที่จะมีการเลื่อนตัวตามระนาบรอยแตกหรือรอยแยกนั้น
8. ในการเลื่อนตัวของแบบจำลอง ดินน้ำมันถูกแบ่งออกเป็น 2 ก้อน ควรให้ด้านใด ด้านหนึ่งของดินน้ำมันเลื่อนเพียงด้านเดียว

สถานการณ์

"นักธรณีวิทยาสำรวจพื้นที่หนึ่งพบหินอัคนีตัดแทรกเข้าไปในชั้นหินตะกอน 3 ชนิด ที่วางตัวซ้อนทับกันในแนวราบ และในพื้นที่เดียวกันนี้ยังพบรอยเลื่อนตัดผ่านหินอัคนี"

วิธีการทำกิจกรรม

1. วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ ร่างภาพและออกแบบแบบจำลองตามสถานการณ์ โดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้
2. สร้างแบบจำลองตามที่ออกแบบไว้โดยใช้วัสดุที่กำหนดให้ พร้อมบันทึกลักษณะของแบบจำลองของชั้นหินแต่ละชั้น
3. นำเสนอแบบจำลองและบรรยายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่ละลำดับ

ตัวอย่างการทำกิจกรรม



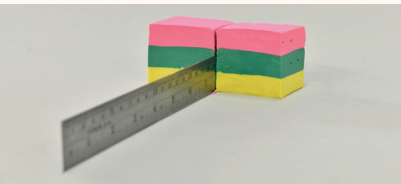
(1)

1. ดินน้ำมันทั้ง 3 สีแทนหินตะกอนวางตัวซ้อนทับกัน



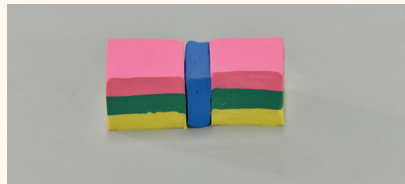
(2)

2. ถ้าดินน้ำมันแข็งเกินไปอาจแช่น้ำร้อนประมาณ 1 นาที



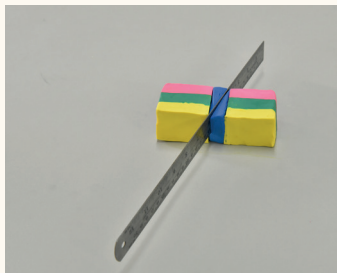
(3)

3. ใช้ไม้บรรทัดหรือคัตเตอร์ตัดดินน้ำมันทั้ง 3 ชั้น



(4)

4. ใช้ดินน้ำมันสีที่ 4 (หินอัคนี) แทรกใส่ตรงกลางระหว่างดินน้ำมัน

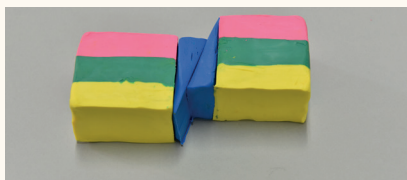


(5)

5. ใช้ไม้บรรทัดตัดผ่านหินอัคนี

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ในการตัดผ่านของรอยเลื่อน ผลการทดลองอาจแบ่งได้เป็น 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 รอยเลื่อนปกติโดยส่วนที่อยู่ข้างบนระนาบรอยเลื่อนเคลื่อนตัวลงระดับลงสัมพันธ์กับส่วนที่อยู่ข้างล่างที่เคลื่อนตัวขึ้น กรณีที่ 2 เป็นรอยเลื่อนย้อนโดยส่วนข้างบนเลื่อนย้อนขึ้น กรณีที่ 3 รอยเลื่อนในแนวระดับไปทางซ้าย และกรณีที่ 4 รอยเลื่อนในแนวระดับไปทางขวา



(1)

รูป 1 รอยเลื่อนปกติ



(2)

รูป 2 รอยเลื่อนย้อน



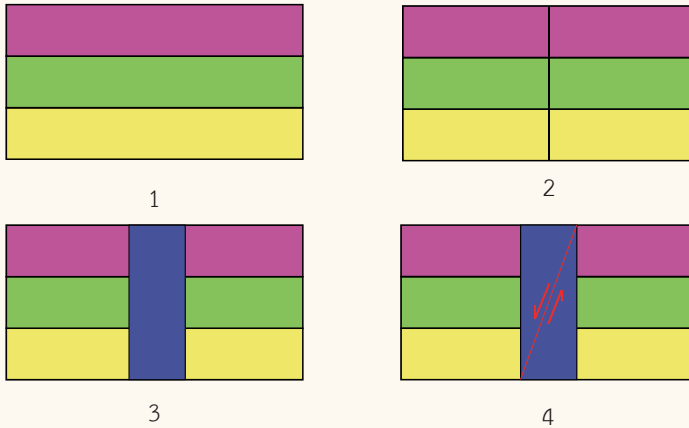
(3)

รูป 3 รอยเลื่อนตามแนวระดับ
(เลื่อนซ้าย)

(4)

รูป 4 รอยเลื่อนตามแนวระดับ
(เลื่อนขวา)

อภิปรายและสรุปผล



ตัวอย่างบันทึกลำดับเหตุการณ์ของสถานการณ์จากกิจกรรม

จากกิจกรรมที่ 4.2 ดินน้ำมันเป็นตัวแทนของหินตะกอนและหินอัคนี โดยหินตะกอนแต่ละชนิดแทนด้วยดินน้ำมันในสีแตกต่างกัน หินตะกอนชนิดที่ 1 มีการสะสมตัวก่อนและอยู่ล่างสุด จากนั้นถูกปิดทับด้วยหินตะกอนชนิดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังนั้นหินตะกอนชนิดที่ 1 จึงมีอายุแก่ที่สุด และหินตะกอนชนิดที่ 2 มีอายุแก่กว่าหินตะกอนชนิดที่ 3

เมื่อมีการแทรกดันของหินอัคนี คือ ดินน้ำมันสีที่ 4 ผ่านหินตะกอนทั้ง 3 ชนิด ทำให้หินอัคนีดังกล่าวมีอายุอ่อนกว่าหินตะกอน ต่อมาเกิดการทรอยเลื่อนผ่านหรือตัดพนักหินอัคนีทรอยเลื่อนดังกล่าวจึงมีอายุอ่อนที่สุด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากแบบจำลองของนักเรียน เหตุการณ์ใดเกิดก่อนระหว่างหินอัคนี หินตะกอน และทรอยเลื่อน เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ หินตะกอนมีการสะสมตัวก่อน เนื่องจากตะกอนนั้นมีการสะสมตัวในแนวนอนและขนานกับผิวโลก ต่อมาเปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงมีการแทรกดันของหินอัคนีเข้ามาในพื้นที่ และมีทรอยเลื่อนตัดผ่านหินอัคนี

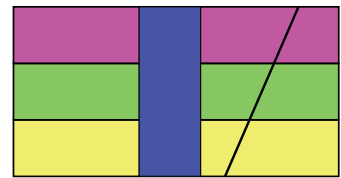
2. แบบจำลองลำดับชั้นหินของนักเรียน มีลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาอย่างไร อธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

แนวคำตอบ หินตะกอนมีการสะสมตัวก่อน ต่อมาเกิดการแทรกดันของหินอัคนีแล้วมีทรอยเลื่อนตัดผ่านหินอัคนี เนื่องจากกฎชั้นแนวนอนที่กล่าวว่า ตะกอนจะทับถมเป็นชั้นในแนวนอนและขนานหรือเกือบขนานกับพื้นผิวโลก ซึ่งในกิจกรรมมีหินตะกอน

วางตัวซ้อนทับกัน โดยกฎการลำดับชั้นที่ว่าชั้นหินที่วางตัวอยู่ด้านล่างจะมีอายุแก่กว่าชั้นหินที่วางตัวปิดทับอยู่ ดังนั้นหินตะกอนสีแรกที่นักเรียนกำหนดจะมีอายุแก่ที่สุดเมื่อมีเหตุการณ์อื่น ๆ แทรกเข้ามาที่หลังย่อมเป็นลำดับเหตุการณ์ถัดไป

8. ให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายผลพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามด้านบน

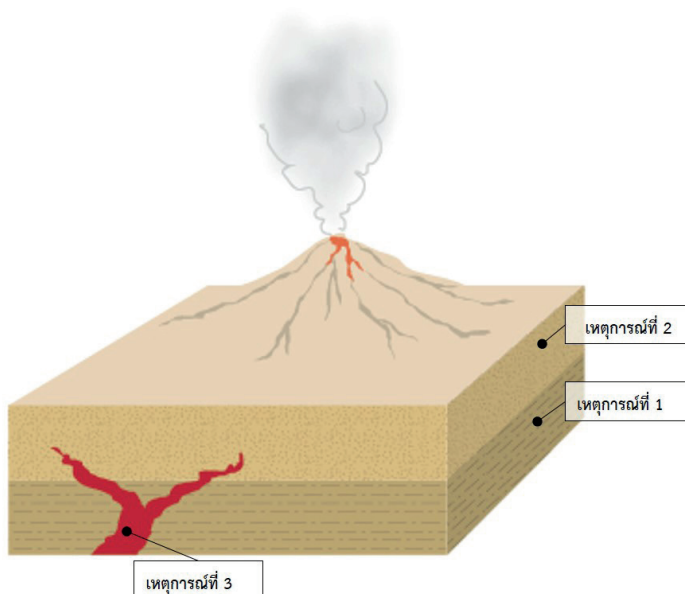
9. ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมว่าในธรรมชาติรอยเลื่อนอาจเกิดได้หลายรูปแบบซึ่งอาจจะไม่ตัดผ่านชั้นหินอัคนี ตัวอย่างดังรูป รอยเลื่อนมีการตัดผ่านในแนวดิ่งโดยมีการตัดผ่านหินตะกอนทั้ง 3 ชั้น แต่ไม่ตัดผ่านหินอัคนี ซึ่งกรณีดังกล่าวอาจจะบอกได้ยากว่าเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นก่อนกันซึ่งอาจต้องใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยาอื่น ๆ ประกอบร่วมด้วย



10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม 4.2 เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์การตัดผ่าน โดยให้นักเรียนวิเคราะห์รูป 4.3 (ก) การแทรกตัวของหินอัคนีในชั้นหินตะกอน ในหนังสือเรียน หน้า 129 โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- จากรูปประกอบด้วยหินประเภทใดบ้าง

แนวคำตอบ หินตะกอนและหินอัคนี



- หินชั้นใดเกิดขึ้นก่อน ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ หินตะกอนชั้นล่างสุด เพราะหินตะกอนที่อยู่ชั้นล่างสุดจะมีอายุแก่ที่สุด

- นักเรียนลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร พร้อมบอกเหตุผล

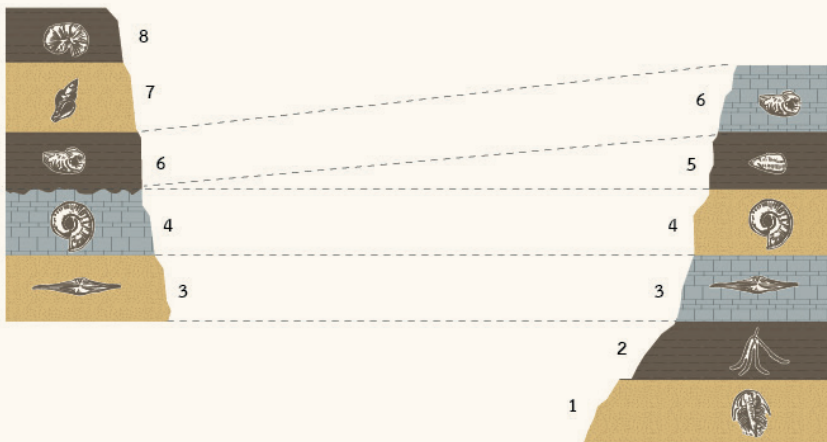
แนวคำตอบ จากรูปเหตุการณ์ที่ 1 เกิดขึ้นก่อนเนื่องจากเป็นหินตะกอนที่ถูกแทรกเข้ามาของหินอัคนี เป็นไปตามกฎการลำดับชั้น เมื่อมีการแทรกดันของหินอัคนีในชั้นหินตะกอนจึงทำให้เราทราบว่าหินอัคนีนั้นมีอายุอ่อนสุดในพื้นที่ ซึ่งเป็นไปตามกฎความสัมพันธ์การตัดผ่าน

11. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า โดยทั่วไปการลำดับชั้นหินนั้นเป็นการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่มีความต่อเนื่องกันของการสะสมตัวของหินในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกัน

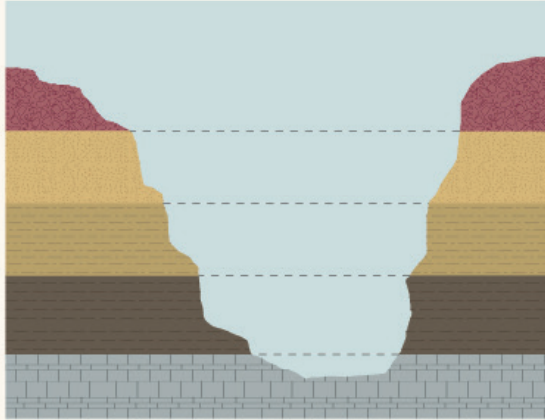


ความรู้เพิ่มเติมของครู

การลำดับชั้นหินในระดับชั้นเรียนนี้จะเรียนกฎ 3 ข้อ คือ กฎชั้นแนวนอน การการลำดับชั้น กฎความสัมพันธ์การตัดผ่าน แต่ยังมีกฎของการลำดับชั้นหินอีก เช่น

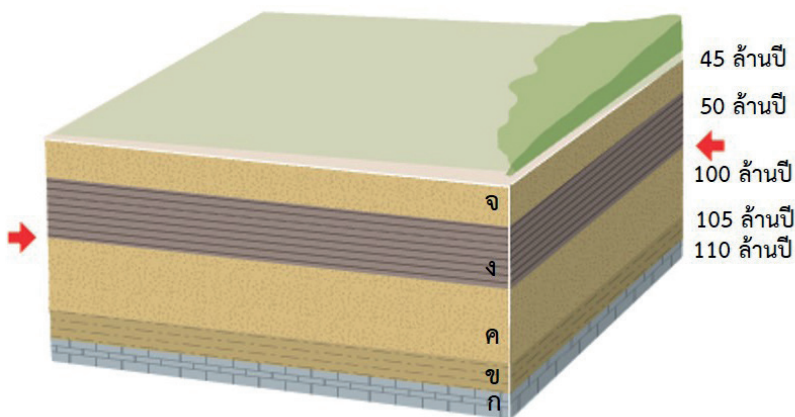


กฎการสืบสัตวชาติ (Law of Faunal Succession) อธิบายว่า ซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ที่ถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นหินมีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งไปยังอีกกลุ่มหนึ่งเป็นลำดับตลอดระยะเวลาทางธรณีวิทยา ทำให้สามารถทราบอายุของชั้นหินได้จากชนิดของซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหินโดยเปรียบเทียบกับลำดับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตบนโลก



กฎชั้นต่อเนื่อง (Law of lateral continuity) เป็นอธิบายการตกสะสมตัวในแนวราบที่มีการกระจายตัวต่อเนื่องตลอดทั้งแนวในแอ่งสะสมตะกอน ตัวอย่างเช่น การสะสมตัวอย่างต่อเนื่องในอุทยาน แกรนด์แคนยอน รัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา สังเกตได้ว่า บางบริเวณที่ชั้นหินขาดหายไปเนื่องจากการผุพังหรือถูกกัดเซาะ แต่ยังคงพบว่าชั้นหินมีความเชื่อมโยงกันทั้งสองด้านของหน้าผาชั้นตลอดทั้งแนวเป็นชั้นหินเดียวกัน

12. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องโครงสร้างทางธรณีที่ส่งผลต่อการลำดับชั้นหิน โดยให้นักเรียนทบทวนความรู้เกี่ยวกับการลำดับชั้นหิน จากรูปตัวอย่างและตอบคำถามดังต่อไปนี้



- จากรูปให้ลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนไปเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังสุด

แนวคำตอบ ก ข ค ง จ

- จากรูปลำดับชั้นหินต่อเนื่องคูใดที่มีช่วงเวลาแตกต่างกันมากที่สุด เพราะเหตุใด (ตอบตามความคิดของนักเรียน)

แนวคำตอบ ชั้นหิน ค และ ง

13. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า นอกจากจะใช้การลำดับชั้นหินมาลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาแล้ว นักธรณีวิทยายังใช้โครงสร้างทางธรณีมาเป็นหลักฐานประกอบด้วย เช่น รอยเลื่อน ชั้นหินคดโค้ง รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาเรื่องรอยชั้นไม่ต่อเนื่องตามกิจกรรมที่ 4.3 ในหนังสือเรียนหน้า 130 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 4.3 เหตุการณ์ที่หายไป

จุดประสงค์กิจกรรม

1. สร้างแบบจำลองเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาและการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แบบจำลองการวางตัวของชั้นหินจากกิจกรรม 4.2
2. ดินน้ำมัน (สีที่แตกต่างจากกิจกรรม 4.2) 1 ก้อน
3. ไม้บรรทัดแข็ง 1 อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูแจ้งนักเรียนล่วงหน้าในการใช้แบบจำลองจากกิจกรรม 4.2 ในกิจกรรม 4.3

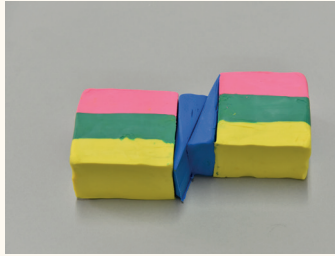
สถานการณ์

"จากแบบจำลองชั้นหินในกิจกรรม 4.2 ถ้าชั้นหินตะกอนดังกล่าวหยุดการสะสมตัวเป็นระยะเวลายาวนาน และในช่วงระยะเวลาที่มีการหยุดสะสมตัวนั้นมีการกระบวนการผุพังกร่อน และปรากฏร่องรอยบนหินชั้นบนสุด จากนั้นในเวลาต่อมาเริ่มมีตะกอนใหม่มาสะสมตัวบนชั้นหินที่ถูกกร่อนไป"

วิธีการทำกิจกรรม

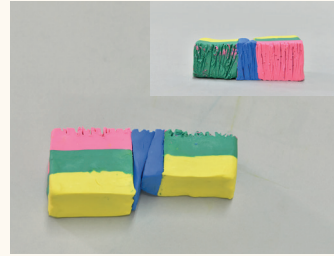
1. ร่างภาพ และออกแบบแบบจำลองตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. สร้างแบบจำลองตามที่ออกแบบไว้ทีละขั้นตอน โดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ พร้อมบันทึกลักษณะของแบบจำลองในแต่ละขั้น
3. นำเสนอแบบจำลองเพื่อบรรยายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาตามลำดับ

ตัวอย่างการทำกิจกรรม



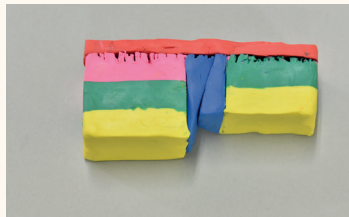
(1)

1. แบบจำลองจากกิจกรรม 4.2 ใช้ไม้บรรทัดสร้างรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง



(2)

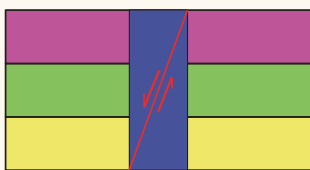
2. ร่องรอยที่สร้างขึ้นแสดงการกร่อนของหิน



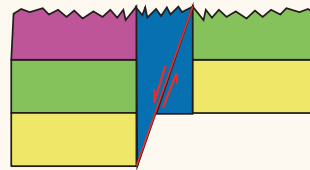
(3)

3. วางดินน้ำมันก้อนใหม่ซ้อนทับร่องรอยการกร่อนของหินแสดงการสะสมตัวใหม่ของตะกอน

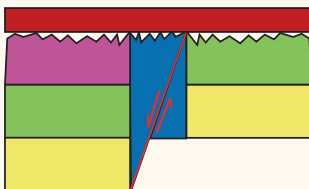
จากกิจกรรม ดินน้ำมันชั้นบนสุดที่ถูกไม้บรรทัดตัดนั้นเป็นตัวแทนของหินตะกอนที่ถูกกร่อนไปทำให้เห็นเป็นร่องรอยการผุพัง และดินน้ำมันก้อนใหม่ที่วางซ้อนลงไปแทนการสะสมตัวของตะกอนใหม่บนร่องรอยที่เกิดการกร่อนนั้น โดยลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นเป็นไปดังรูป



1



2



3

ตัวอย่างบันทึกลำดับเหตุการณ์ของสถานการณ์จากกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การที่ชั้นของดินน้ำมันในแบบจำลองบางลงหรือหายไปนั้นเทียบได้กับเหตุการณ์ใดในทางธรณีวิทยา

แนวคำตอบ การหายไปหรือบางลงของดินน้ำมันเปรียบได้กับการผุพังและกร่อนไปของชั้นหินอาจจะเนื่องมาจากกระแสน้ำ ลม หรือธารน้ำแข็ง

2. จากแบบจำลองบริเวณใดที่ชั้นหินมีการหยุดสะสมตัวของตะกอน

แนวคำตอบ ชั้นหินบนสุด (คำตอบขึ้นอยู่กับแบบจำลองของนักเรียน)

3. ก่อนที่จะมีตะกอนใหม่มาปิดทับ มีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นที่บริเวณใด สังเกตได้จากอะไร

แนวคำตอบ มีการกร่อนบนผิวหน้าของชั้นหินเดิม สังเกตได้จากร่องรอยขรุขระบนชั้นหิน

4. การเติมดินน้ำมันไปเป็นชั้นบนสุดของแบบจำลองเทียบได้กับเหตุการณ์ใดในทางธรณีวิทยา

แนวคำตอบ การสะสมตัวของตะกอนชนิดใหม่ที่สะสมตัวทับถมบนชั้นหินตะกอนที่ถูกกร่อนไป

14. ให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและร่วมกันอภิปรายผลพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรมโดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามด้านบน
15. ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องรอยชั้นไม่ต่อเนื่องดังนี้ บริเวณที่ชั้นหินมีการหยุดสะสมตัว และมีร่องรอยการผุกร่อนของหินนั้นทำให้เกิดร่องรอยที่หายไป เรียกว่า รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง
16. ครูให้นักเรียนศึกษาเรื่องลักษณะโครงสร้างทางธรณีที่มีผลต่อการลำดับชั้นหินจากหนังสือเรียนหน้า 130-133 และร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาใดบ้างที่ทำให้เกิดการหยุดสะสมตัวของตะกอน

แนวคำตอบ กระบวนการที่หยุดการสะสมตัวของตะกอนอาจมีได้หลายสาเหตุ เช่น การแทรกดันของหินอัคนี การยกตัวของเปลือกโลกการเปลี่ยนแปลง การขึ้นลงของน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำให้พื้นที่นั้นไม่เหมาะสมกับการสะสมตะกอน

- รอยชั้นไม่ต่อเนื่องที่เกิดขึ้นสามารถสังเกตได้จากหลักฐานใด

แนวคำตอบ สังเกตได้จากร่องรอยการกร่อนของชั้นหินหรือหาอายุของชั้นหิน

- จากรูปบริเวณใดเป็นรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง

แนวคำตอบ รอยชั้นไม่ต่อเนื่องในรูปเป็นบริเวณเส้นสีขาวที่หินชุดเดิมเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไป

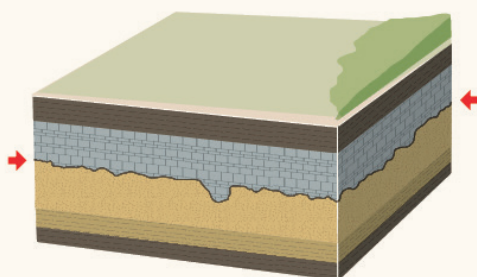


รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง บริเวณ Catskill รัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มา: the U.S. Geological Survey



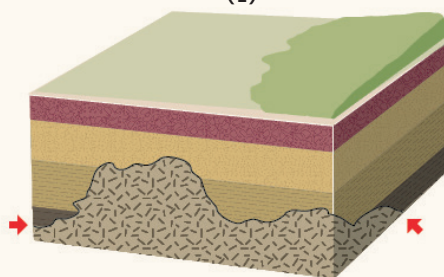
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง แบ่งออกได้ 4 ประเภทดังนี้



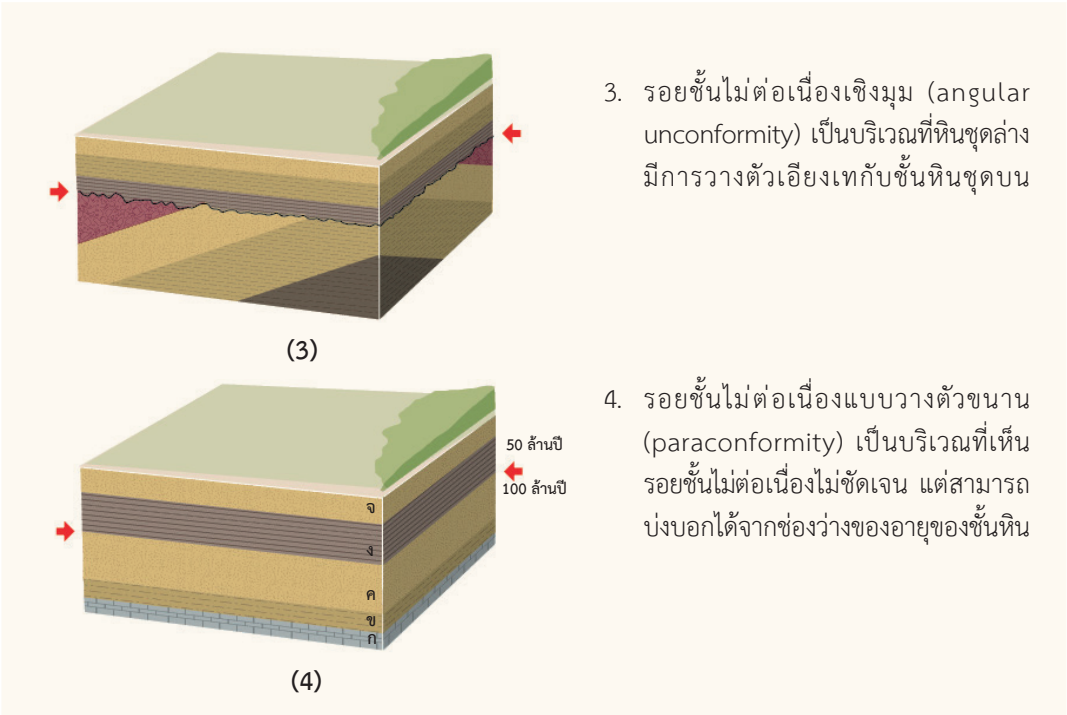
(1)

1. รอยชั้นไม่ต่อเนื่องระดับ (disconformity) เป็นบริเวณที่ชั้นหินมีรอยขรุขระมีลักษณะสูง-ต่ำ ไม่มีการเอียงเทของชั้นหิน เกิดจากการผุกร่อนหรือไม่มีการทับถมของตะกอน แสดงให้เห็นถึงการขาดช่วงในการสะสมตัวของตะกอน



(2)

2. รอยชั้นไม่ต่อเนื่องบนหินอัคนี (nonconformity) เป็นบริเวณรอยต่อของหินต่างประเภทกันซึ่งเกิดจากการแทรกดันตัวของแมกมาเข้ามาในพื้นที่



แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: การลำดับชั้นหิน	ประเมินจาก 1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 4.1 4.2 และ 4.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	ประเมินจาก 1. การอธิบายความสัมพันธ์ของลำดับชั้นหินกับลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรม 4.1 4.2 และ 4.3 และการตอบคำถาม

KPA	การวัดและประเมินผล
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 3. การยอมรับความเห็นต่าง	1. การใช้วิจารณญาณ จากการวิเคราะห์และอธิบายการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีตจากหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ 2. ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่างจากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถามโดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน

หมายเหตุ K คือ ด้านความรู้ P คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์/ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
A คือ จิตวิทยาศาสตร์ /เจตคติทางวิทยาศาสตร์

4.2 อายุทางธรณีวิทยา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวิธีการหาอายุทางธรณีวิทยาทั้งอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์
2. อธิบายความหมายและการใช้ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีในการหาอายุทางธรณีวิทยา

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เดิมเรื่องการลำดับชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ และรอยชั้นไม่ต่อเนื่องเพื่อที่จะเชื่อมโยงไปสู่เรื่องอายุทางธรณีวิทยา โดยร่วมกันอภิปรายในประเด็นคำถามต่อไปนี้
 - โลกของเรามีอายุเท่าไร นักวิทยาศาสตร์สามารถหาอายุของโลกได้อย่างไร
แนวคำตอบ โลกของเรากำเนิดมาเมื่อ 4.5 พันล้านปีก่อน นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาหลักฐานทางธรณีวิทยา เช่น หิน ซากดึกดำบรรพ์ โครงสร้างทางธรณีต่าง ๆ รวมถึงอุกกาบาตเหล็กในระบบสุริยะ ในการหาอายุของโลก
 - การลำดับชั้นหินสามารถนำมาหาอายุทางธรณีวิทยาได้หรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ การลำดับชั้นหินถูกนำมาใช้ในการหาอายุทางธรณีวิทยาได้ โดยการบอกลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา เช่น กฎการลำดับชั้น ชั้นที่มีการสะสมตัวก่อนอยู่ล่างสุดจะมีอายุแก่กว่าชั้นหินที่ซ้อนทับอยู่ด้านบน

2. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการหาอายุทางธรณีวิทยา ในหนังสือเรียนหน้า 134 และร่วมกันอภิปรายร่วมกันโดยใช้ประเด็นคำถามต่อไปนี้
 - นักวิทยาศาสตร์สามารถหาอายุทางธรณีวิทยาได้กี่แบบ อะไรบ้าง

แนวคำตอบ อายุทางธรณีวิทยามี 2 แบบ คือ อายุเปรียบเทียบ อายุสัมบูรณ์
3. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ศึกษาการหาอายุเปรียบเทียบเพื่อเรียงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ โดยนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่ 4.4



กิจกรรม 4.4 อายุเปรียบเทียบ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์แผนภาพเพื่อหาอายุเปรียบเทียบของพื้นที่ตัวอย่าง
2. อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ตัวอย่าง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แบบบันทึกกิจกรรม

วิธีการทำกิจกรรม

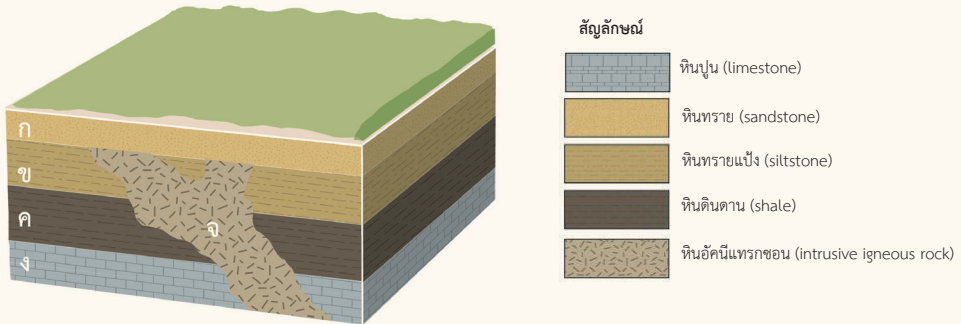
1. วิเคราะห์แผนภาพเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่ 1 และ 2
2. เรียงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาจากแผนภาพที่กำหนดโดยเรียงจากอายุแก่สุดถึงอายุน้อยที่สุด พร้อมอธิบายเหตุผล
3. วิเคราะห์รูปลำดับชั้นหิน และวาดภาพแสดงลำดับชั้นหินจากรูปตามลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา พร้อมอธิบายเหตุผล

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. เตรียมแผนภาพจากภาพตัวอย่างโดยขยายขนาดเท่ากับขนาด A4 และจำนวนกลุ่มของนักเรียน

ตัวอย่างบันทึกผลในกิจกรรม

1. แผนภาพเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่ 1



อายุอ่อนสุด

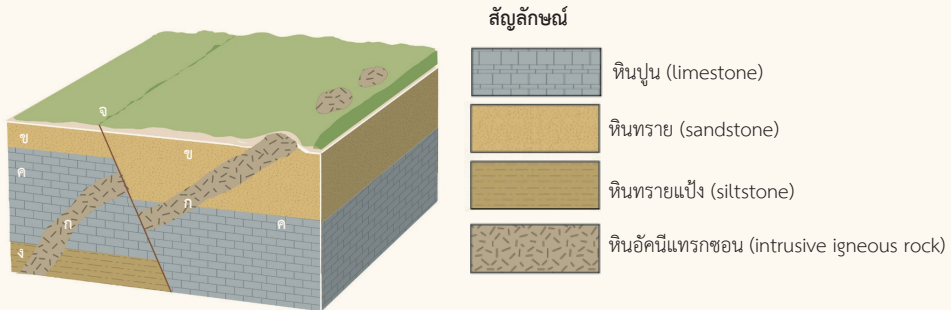
ก
จ
ข
ค
ง

อายุแก่สุด

เหตุผล

ชั้น ง เป็นหินตะกอนที่มีการตกสะสมตัวก่อนจึงมีอายุแก่ที่สุดและถูกปิดทับด้วยชั้นหินตะกอน ค และ ข จากนั้นมีการแทรกตัวของหิน จ ซึ่งเป็นพนักหินอัคนี ต่อมาเกิดการกร่อนจนได้พื้นที่ราบอีกครั้ง ก่อนจะมีการสะสมตัวของชั้นหิน ก ชั้นหิน ก จึงมีอายุอ่อนที่สุด

2. แผนภาพเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาที่ 2



อายุอ่อนสุด

จ
ก
ข
ค
ง

อายุแก่สุด

เหตุผล

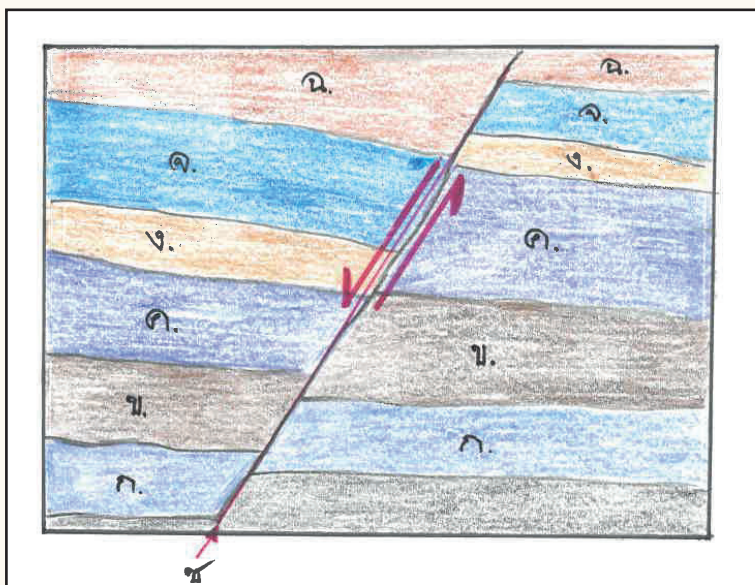
ชั้นหินตะกอน ง มีการสะสมตัวก่อนจึงมีอายุแก่ที่สุดและถูกชั้นหินตะกอน ค และ ข สะสมตัวปิดทับตามลำดับ จากนั้นมีการแทรกขึ้นมาของพนักหินอัคนี ก ผ่านหินตะกอนทั้ง 3 ชั้นิต จากนั้นมีรอยเลื่อนปกติ จ ตัดผ่านชั้นหินตะกอนและหินอัคนี ก่อนจะมีการกร่อนของพื้นที่จนเป็นที่ราบ

3. รูปลำดับชั้นหินที่ 3



ชั้นหินบริเวณเกาะบอร์เนียว ประเทศมาเลเซีย ที่มา: สุคนธ์เมธ จิตรมหันตกุล

วาดภาพลำดับเหตุการณ์ที่ 3



อายุน้อยสุด

ข

ฉ

จ

ง

ค

ข

ก

อายุแก่สุด

เหตุผล

ชั้นหิน ก เป็นหินตะกอนที่มีการสะสมตัวก่อนและมีการสะสมตัวของหินตะกอนชั้น ข ค ง จ ฉ ปิดทับซ้อนขึ้นมา ชั้นหินตะกอน ก จึงมีอายุแก่สุด จากนั้นมีรอยเลื่อนปกติ ซ ตัดผ่านชั้นหินทุกชั้นทำให้รอยเลื่อนเป็นเหตุการณ์ที่มีอายุน้อยสุด

อภิปรายและสรุปผลกิจกรรม

การหาอายุเปรียบเทียบสามารถหาได้โดยใช้การลำดับชั้นหินซึ่งพิจารณาจากหลักฐานทางธรณีวิทยา เช่น ลักษณะหิน โครงสร้างทางธรณี ชากดึกดำบรรพ์ โดยอายุเปรียบเทียบจะบอกได้เพียงว่าชั้นหินหรือเหตุการณ์ธรณีวิทยาใดเกิดก่อนหรือเกิดภายหลัง ซึ่งไม่สามารถบอกอายุได้เป็นตัวเลขหรืออาจจะระบุเป็นช่วงเวลาตามมาตรารังสี

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความเข้าใจเกี่ยวกับอายุเปรียบเทียบ โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- หลักฐานทางธรณีวิทยาใดบ้างที่นำมาใช้ในการหาอายุเปรียบเทียบ

แนวคำตอบ ชากดึกดำบรรพ์ ลักษณะของหิน โครงสร้างทางธรณี

- กฎการลำดับชั้นสามารถนำมาบอกอายุเปรียบเทียบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นหินตะกอนที่อยู่ด้านล่างมีอายุแก่กว่าชั้นหินตะกอนที่ปิดทับอยู่ด้านบน

- การแทรกดันของหินอัคนีหรือรอยเลื่อนสามารถนำมาอธิบายการหาอายุเปรียบเทียบได้อย่างไร

แนวคำตอบ การแทรกตัวของหินอัคนีหรือรอยเลื่อนตัดผ่านชั้นหิน เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลัง ทำให้ทราบว่าหินอัคนีหรือรอยเลื่อนนั้นมีอายุน้อยกว่าชั้นหินเดิม

- อายุเปรียบเทียบสามารถบอกลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาได้หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ อายุเปรียบเทียบสามารถบอกลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาได้ว่าชั้นหินหรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาใดมีอายุแก่หรืออ่อนกว่ากัน แต่ไม่สามารถบอกอายุเป็นตัวเลขได้

5. ครูให้นักเรียนสืบค้นการหาอายุสัมบูรณ์ของชั้นหินซึ่งสามารถบอกเป็นตัวเลขได้ ตามหนังสือเรียน หน้า 134 โดยใช้ประเด็นต่อไปนี้

- อายุสัมบูรณ์แตกต่างจากอายุเปรียบเทียบอย่างไร

แนวคำตอบ อายุเปรียบเทียบไม่สามารถบอกอายุเป็นตัวเลขได้ แต่อายุสัมบูรณ์สามารถบอกอายุของหินได้โดยการหาได้จากธาตุกัมมันตรังสีของแร่ที่อยู่ในหิน

- นักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการใดในการหาอายุสัมบูรณ์ของหิน

แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ใช้ธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในแร่ประกอบหินโดยการคำนวณหาระยะเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีในแร่สลายจากครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในแร่ประกอบหิน

- หินทุกชนิดสามารถนำมาหาอายุสมบูรณ์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่ได้ทุกชนิดเพราะการหาอายุสมบูรณ์นั้นสามารถหาได้จากธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในแร่ประกอบหินบางชนิดเท่านั้น

- ยกตัวอย่างแร่ประกอบหินที่สามารถหาอายุสมบูรณ์ได้

แนวคำตอบ เซอร์คอน ไมกา ฮอร์นเบลนด์

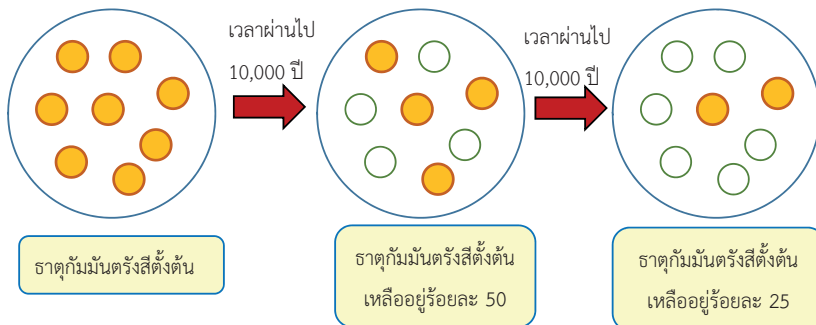
- ถ้านักวิทยาศาสตร์ต้องการหาอายุสมบูรณ์ของหินแกรนิต ซึ่งมีแร่ประกอบหินเป็น ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์จะใช้แร่ชนิดใดในการหาอายุหินแกรนิต เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไมกา เพราะองค์ประกอบทางแร่ที่มีส่วนประกอบธาตุกัมมันตรังสีอยู่

- ครูพบทวนเรื่องการคำนวณหาอายุของตัวอย่างหินจากครึ่งชีวิต โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- แร่ชนิดหนึ่งมีส่วนประกอบของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งมีครึ่งชีวิต 10,000 ปี ปัจจุบันเหลือธาตุกัมมันตรังสีตั้งต้นอยู่ร้อยละ 25 แร่ตัวอย่างมีอายุเท่าไร

แนวคำตอบ



จากตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีหนึ่งมีปริมาณของไอโซโทปอยู่ร้อยละ 100 เมื่อเวลาผ่านไป 10,000 ปี ธาตุกัมมันตรังสีจะสลายไปครึ่งหนึ่งจะเหลือปริมาณไอโซโทปอยู่ร้อยละ 50 ของปริมาณเดิม และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 10,000 ปี ธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจะเหลือปริมาณไอโซโทปอยู่ร้อยละ 25 ของปริมาณเดิมแสดงว่าธาตุกัมมันตรังสีผ่านครึ่งชีวิตไปจำนวน 2 ช่วง ดังนั้นจึงคำนวณหาอายุของแร่ได้โดยนำจำนวนครึ่งชีวิตมาคูณกับจำนวนช่วงชีวิต $10,000 \times 2$ ปี = 20,000 ปี ดังนั้นแร่มีอายุ 20,000 ปี

- ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการหาอายุทางธรณีวิทยาโดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

- การหาอายุทางธรณีวิทยามี 2 แบบ คือ อายุเปรียบเทียบและอายุสมบูรณ์ โดยอายุเปรียบเทียบเป็นการบอกเชิงเปรียบเทียบหาอายุแก่กว่าหรืออ่อนกว่ากัน แต่อายุสมบูรณ์สามารถหาอายุได้จากธาตุกัมมันตรังสีในแร่ประกอบหิน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

กรณีศึกษา การหาอายุสัมบูรณ์

นักธรณีวิทยาได้หาอายุหินภูเขาไฟและหินอัคนี บริเวณจังหวัดตาก ลำปาง และแพร่ ในแนวโครงสร้างสุโขทัยเนื่องจากแนวโครงสร้างดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีการระเบิดของภูเขาไฟและการแทรกดันตัวของหินอัคนี ซึ่งทำให้เกิดแหล่งแร่ชนิดต่าง ๆ ทั้งแร่โลหะและแร่โอลิเวส โดยการศึกษาพื้นที่ดังกล่าวใช้วิธีการเก็บตัวอย่างหิน เช่น หินแกรนิต หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ และนำไปหาอายุหินโดยใช้วิธีการหาคัมมันตรังสีของแร่ประกอบหิน โดยการวิเคราะห์ไอโซโทปของธาตุยูเรเนียมและธาตุตะกั่ว U^{238} / Pb^{206} และการหาอัตราการสลายตัวของธาตุยูเรเนียมเป็นธาตุตะกั่วที่อยู่ในเซอร์คอน (zircon) ซึ่งเป็นแร่ประกอบหินดังกล่าว

ตัวอย่างหินจากพื้นที่ศึกษา	ชนิดหิน	อายุของเซอร์คอน (ล้านปี) โดยใช้ U^{238} / Pb^{206}
ST-2	หินไรโอไลต์	231±3
ST-3	หินแกรนิต	228±3
ST-4	หินไรโอไลต์	224±4
ST-5	หินแอนดีไซต์	247±5
ST-6	หินแกรนิต	224±4

หินอัคนีชนิดต่าง ๆ ในแนวโครงสร้างสุโขทัย จึงทำให้ทราบว่าอายุแนวโครงสร้างสุโขทัยอยู่ในช่วงประมาณ 250-220 ล้านปี
ข้อมูลจาก: กรมทรัพยากรธรณี (2548)

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการหาอายุทางธรณีวิทยาจากซากดึกดำบรรพ์ โดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการเกิดและรูปแบบของซากดึกดำบรรพ์เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ความรู้เกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ดัชนี โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- ซากดึกดำบรรพ์ที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ตามความคิดของนักเรียน เช่น ไดโนเสาร์ แอมโมไนต์

- ซากดึกดำบรรพ์คืออะไร และมีกระบวนการเกิดได้อย่างไร

แนวคำตอบ ซากดึกดำบรรพ์เป็นซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่ถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นหิน เมื่อสิ่งมีชีวิตตายไปและถูกปิดทับถมจากตะกอนอย่างรวดเร็วทำให้ถูกเก็บรักษาไว้ในหินซึ่งจะคงสภาพให้เห็นทั้งหมด หรือบางส่วน หรือเพียงร่องรอย ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์ (fossilization)

- ซากดึกดำบรรพ์ถูกเก็บรักษาไว้ในรูปแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ ซากดึกดำบรรพ์ถูกเก็บรักษาไว้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ร่องรอย รอยพิมพ์ โครงร่างของสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่พบในรูปแบบโครงร่างแข็ง เช่น ฟัน กระดูก เปลือกหอย และลำต้นของต้นไม้ และบางส่วนยังพบในรูปแบบโครงร่างอ่อนนุ่ม เช่น ช้างแมมมอธที่ถูกแช่แข็งในน้ำแข็ง หรือซากสัตว์ที่อยู่เกลื้อหิน

9. ให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการใช้ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีเพื่อหาอายุทางธรณีวิทยาในหน้า 139-141 โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีคืออะไร
- ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีแตกต่างจากซากดึกดำบรรพ์อย่างไร
- ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีนำมาหาอายุทางธรณีวิทยาได้อย่างไร

10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการหาอายุทางธรณีวิทยาโดยใช้ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีตามแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการอภิปราย

- ซากดึกดำบรรพ์เป็นร่องรอย โครงร่างของสิ่งมีชีวิต ซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีหลายชนิดตั้งแต่สัตว์บก สัตว์น้ำ พืช เช่น ไดโนเสาร์ นก หอย แอมโมไนต์ ฟิวซูลินิด ไทรโลไบต์ เฟิร์น รอยดินไดโนเสาร์
- ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี มีลักษณะเฉพาะ กระจายอยู่ทั่วไป วิวัฒนาการจนกระทั่งสูญพันธุ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งมีความสำคัญในการช่วยหาอายุทางธรณีวิทยาได้ เช่น ฟิวซูลินิด (parafusulina bosei) มีช่วงอายุในยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน ซึ่งจะไม่พบซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวในหินช่วงอายุอื่น
- ชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์ดัชนีจะมีอายุของการสะสมตัวใกล้เคียงกับอายุที่ได้จากซากดึกดำบรรพ์ดัชนีนั้น

11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงซากดึกดำบรรพ์ดัชนีกับการหาอายุทางธรณีวิทยาทั้งอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์ โดยให้นักเรียนวิเคราะห์รูป 4.8 ในหนังสือเรียนหน้า 141 โดยใช้ประเด็นคำถามต่อไปนี้
- นักเรียนทราบอายุของชั้นหิน ก หรือไม่ และทราบได้อย่างไร
- แนวคำตอบ ทราบจากซากดึกดำบรรพ์ฟอสซิลที่มีอายุในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: อายุทางธรณีวิทยา	ประเมินจาก 1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 4.4 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	ประเมินจาก 1 การแปลความจากหลักฐานทางธรณีวิทยาได้ 2. ผลงานจากกิจกรรม 4.4 และการตอบคำถามระหว่างนำเสนอผลงาน 3. การวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 3. ความใจกว้าง	การร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม

หมายเหตุ K คือ ด้านความรู้ P คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์/ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
A คือ จิตวิทยาศาสตร์ /เจตคติทางวิทยาศาสตร์



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ซากดึกดำบรรพ์ เป็นซากและร่องรอยของสิ่งมีชีวิตของพืชหรือสัตว์ที่ถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นหินซึ่งมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น ร่องรอย โครงร่างของสิ่งมีชีวิต ฟัน เปลือกหอย ลำต้นของต้นไม้ (ก) กระดุก (ข) ร่องรอยขนไช (ค) รอยตีนไดโนเสาร์ (ง) รอยเปลือกหอย ซากช้างแมมมอธ ที่พบในธารน้ำแข็งและซากแมลงที่พบในยางไม้หรืออำพันก็จัดเป็นซากดึกดำบรรพ์อีกด้วย ซากดึกดำบรรพ์นั้นจะถูกเก็บรักษาด้วยกระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์ (fossilization)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปแสดงซากดึกดำบรรพ์โครงร่างแข็ง (ก) ไม้กลายเป็นหินมีความยาว 72.22 เมตร ที่ปัจจุบันอยู่ในเขตรวนอุทยานไม้กลายเป็นหิน อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก (ข) ซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ภูเวียงโกซอร์ส สิริธรเน เป็นไดโนเสาร์กลุ่มกินพืช บริเวณพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติสิรินธร อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ (ค) ร่องรอยการขนไช (ง) รอยตีนไดโนเสาร์ วนอุทยานภูแฝก จังหวัดขอนแก่น

4.3 การเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายข้อมูลทางธรณีวิทยา เพื่อเชื่อมโยงและลำดับเหตุการณ์ในอดีต
2. อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาด้วยมาตราธรณีกาล

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1
2. สสวท. Learning space <https://www.scimath.org>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับการลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณีอายุทางธรณีวิทยา ซากดึกดำบรรพ์ และลำดับเหตุการณ์ทางธรณีของพื้นที่ โดยใช้ประเด็นคำถามต่อไปนี้
 - ข้อมูลทางธรณีวิทยาใดบ้างที่ใช้เพื่อศึกษาและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละพื้นที่
แนวคำตอบ การลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี อายุทางธรณีวิทยา ซากดึกดำบรรพ์
 - จากรูปนักเรียนคิดว่าชั้นหินแต่ละชั้นของแต่ละพื้นที่มีความเชื่อมโยงกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ ตามความคิดของนักเรียน
2. ให้นักเรียนศึกษาการเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน ตามกิจกรรม 4.5 ในหนังสือเรียนหน้า 142-145 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม



รูปอุทยานแห่งชาติแกรนด์แคนยอน ที่มาของรูป : นพวัชร เจริญสินพร



กิจกรรม 4.5 การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา

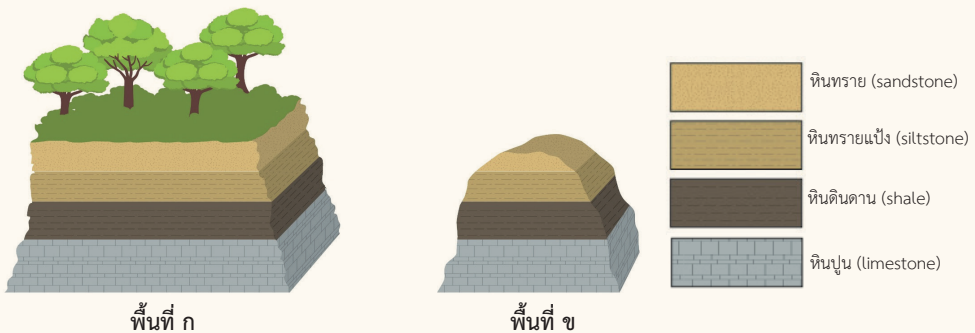
จุดประสงค์กิจกรรม

1. ระบุลำดับชั้นหินของแต่ละพื้นที่ที่กำหนด
2. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่กำหนดจากชนิดหิน อายุหิน ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี และลำดับชั้นหิน

ตอนที่ 1

สถานการณ์

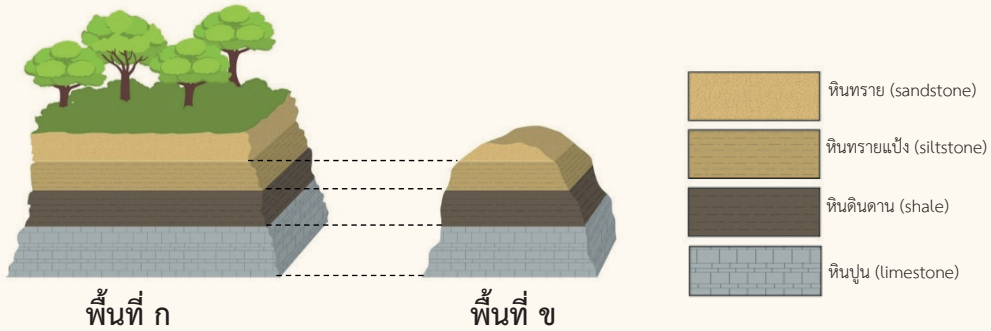
"นักธรณีวิทยาได้สำรวจพื้นที่ 2 แห่ง คือ พื้นที่ ก และ ข ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 15 กิโลเมตร ตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชนิดหินและลำดับชั้นหิน ดังรูป และพบว่าพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง มีชั้นหินปูนอายุประมาณ 250 ล้านปี ชั้นหินทรายแป้ง (siltstone) อายุประมาณ 150 ล้านปี"



จากข้อมูลในสถานการณ์ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

1. วิเคราะห์แผนภาพและบรรยายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ทั้งสองจากสถานการณ์และรูปที่กำหนด
 - พื้นที่ ก มีหินปูนอยู่ล่างสุด มีอายุ 250 ล้านปี มีหินดินดานปิดทับหินปูน มีหินทรายแป้งอายุ 150 ล้านปี ปิดทับหินดินดาน และหินทรายวางตัวอยู่บนสุดของพื้นที่ ก
 - พื้นที่ ข มีหินปูนอยู่ล่างสุด มีอายุ 250 ล้านปี มีหินดินดานปิดทับหินปูน มีหินทรายแป้งอายุ 150 ล้านปี ปิดทับหินดินดาน และหินทรายวางตัวอยู่บนสุดของพื้นที่ ข

2. ลากเส้นเชื่อมโยงชนิดหินที่มีอายุเดียวกัน โดยเชื่อมขอบบน ขอบล่างของชั้นหินทั้งสองพื้นที่ ที่มีข้อมูลสัมพันธ์กัน



3. ตั้งสมมติฐานแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 2 พื้นที่ พร้อมระบุเหตุผลประกอบ
- พื้นที่ทั้งสองแห่งอาจเกิดในช่วงเวลาเดียวกันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง มีลำดับชั้นหินเหมือนกันและมีอายุเดียวกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

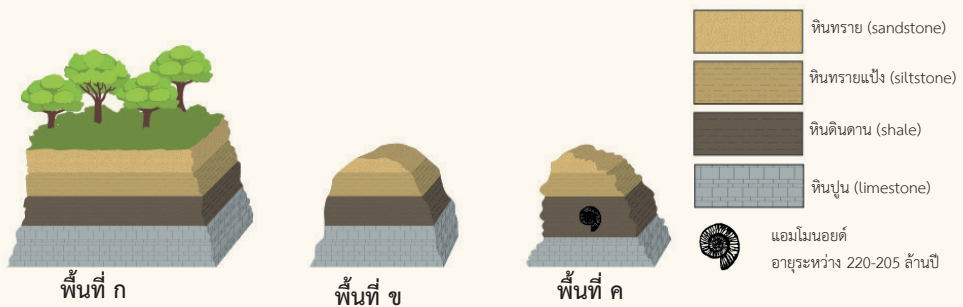
- พื้นที่ทั้ง 2 แห่ง มีลำดับชั้นหินเหมือนกันหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ เหมือนกัน เพราะ มีลำดับชั้นหินปูน หินดินดาน หินทรายแป้ง และ หินทราย เรียงลำดับจากด้านล่างไปด้านบนเหมือนกัน
- จากข้อมูลทั้ง 2 พื้นที่ หินดินดานและหินทรายมีช่วงอายุประมาณเท่าใด ทราบได้อย่างไร
แนวคำตอบ หินดินดานมีช่วงอายุระหว่าง 250 – 150 ล้านปี เพราะวางตัวอยู่เหนือชั้นหินปูนซึ่งมีอายุ 250 ล้านปี และมีชั้นหินทรายแป้งอายุ 150 ล้านปี ปิดทับอยู่ หินทรายอายุน้อยกว่า 150 ล้านปี เพราะหินทรายวางตัวปิดทับอยู่บนชั้นหินทรายแป้งซึ่งมีอายุ 150 ล้านปี
- พื้นที่ทั้ง 2 แห่ง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ มีความสัมพันธ์กัน เพราะมีชนิดหิน อายุของหิน และมีลำดับชั้นหินเหมือนกัน

- ครูและนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหินของทั้ง 2 พื้นที่ตามกิจกรรม 4.5 ตอนที่ 1 และตอบคำถามท้ายกิจกรรมข้างต้น
- ครูให้นักเรียนศึกษาการเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน ของหลายพื้นที่ตามกิจกรรม 4.5 ตอนที่ 2

ตอนที่ 2

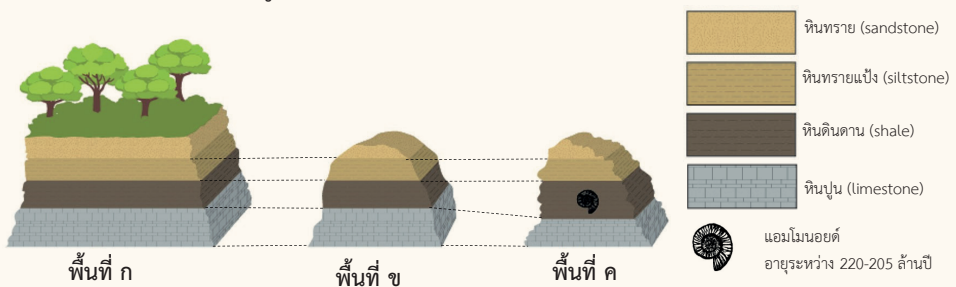
สถานการณ์

"ต่อมานักธรณีวิทยาได้สำรวจพื้นที่ ค เพิ่มเติม ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ ข ออกไปทางทิศตะวันออกอีก 10 กิโลเมตร พบว่ามีลำดับชั้นหินคล้ายคลึงกัน และในชั้นหินดินดาน (shale) มีซากดึกดำบรรพ์ดัชนีของแอมโมนอยต์ อายุระหว่าง 220-205 ล้านปี" ดังรูป



จากข้อมูลในสถานการณ์ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

- วิเคราะห์และบรรยายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ค จากสถานการณ์และรูปที่กำหนด
 - พื้นที่ ค มีหินปูนอยู่ด้านล่างสุด มีหินดินดานอายุระหว่าง 220 – 205 ล้านปี ปิดทับด้วยหินทราย มีหินทรายแป้งและหินทรายปิดทับอยู่บนสุด
- ลากเส้นเชื่อมโยงชนิดหินที่มีอายุเดียวกัน โดยเชื่อมขอบบน ขอบล่างของชั้นหินทั้งสามพื้นที่ ที่มีข้อมูลสัมพันธ์กัน



- ตั้งสมมติฐานแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 พื้นที่ พร้อมระบุเหตุผลประกอบ
แนวคำตอบ พื้นที่ทั้ง 3 แห่งอาจเกิดในช่วงเวลาและภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง มีลำดับชั้นหินเหมือนกันและมีอายุเดียวกัน

4. นำข้อมูลลำดับชั้นหินของทั้ง 3 พื้นที่มารวมกัน จัดเรียงลำดับการเกิด และแสดงในแบบจำลองชั้นหินที่กำหนด โดยวาดภาพสัญลักษณ์หินและระบุชื่อหิน

หินทราย
หินทรายแป้ง
หินดินดานพบซากดึกดำบรรพ์แอมโมไนด์
หินปูน

รูปแบบจำลองแสดงภาพรวมลำดับชั้นหินของพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง

5. อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีของพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง

แนวคำตอบ หินปูนมีการเกิดสะสมตัวมีอายุประมาณ 250 ล้านปี ในเวลาต่อมา มีการสะสมตัวของหินดินดานที่อายุ 220-205 ล้านปี ที่มีซากดึกดำบรรพ์แอมโมไนด์ จากนั้นมีการสะสมตัวของหินทรายแป้งที่มีอายุ 150 ล้านปี และมีหินทรายตกตะกอนในลำดับสุดท้ายของชุดหินนี้ โดยหินทรายที่พบในพื้นที่ ก และ ข มีการกร่อนหายไป อาจเนื่องจากการกัดเซาะของกระแสลม หรือกระแสน้ำในช่วงเวลานั้น ๆ และปัจจุบันพื้นที่ทั้ง 3 แห่งอยู่ต่างบริเวณกัน อาจเป็นผลจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีต่าง ๆ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. พื้นที่ทั้ง 3 แห่ง มีลำดับชั้นหินเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ พื้นที่ทั้ง 3 แห่ง มีลำดับชั้นหินเหมือนกัน คือ ชั้นล่างเป็นหินปูนปิดทับด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทรายอยู่บนสุด
2. จากข้อมูลพื้นที่ ค ชั้นหินดินดานมีอายุประมาณเท่าไร ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นหินดินดานมีอายุประมาณ 220-205 ล้านปี เนื่องจากพบซากดึกดำบรรพ์แอมโมไนด์มีอายุระหว่าง 220-205 ล้านปี
3. ชั้นหินดินดานในพื้นที่ ก ข และ ค มีอายุเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ อายุหินดินดานทั้ง 3 พื้นที่ที่มีการลำดับชั้นหินที่คล้ายคลึงกันจึงน่าจะมีอายุใกล้เคียงกันโดยมีอายุประมาณ 220-205 ล้านปี
4. จากตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนความสัมพันธ์ของพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง

แนวคำตอบ ชนิดหิน อายุหิน ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี และลำดับชั้นหิน

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับหลักฐานทางธรณีวิทยาที่นำมาจัดเรียงเป็นมาตราธรณีกาล ในหนังสือเรียนหน้า 145-147 และร่วมกันอภิปรายจากประเด็นคำถามต่อไปนี้

- มาตราธรณีกาลคืออะไรและมีความสำคัญอย่างไร

แนวคำตอบ มาตราธรณีกาลเป็นการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาตั้งแต่กำเนิดโลกถึงปัจจุบันที่ถูกแบ่งออกเป็นช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อนำมาอธิบายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตบนโลก ซึ่งทำให้ทราบความเป็นมาของโลก

- นักวิทยาศาสตร์ศึกษาประวัติของโลกอันยาวนานได้อย่างไร

แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาประวัติของโลกอันยาวนานได้จากหินและซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งหลักฐานดังกล่าวได้ถูกเก็บรักษาไว้มาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ในการศึกษาหินที่มีอายุเก่าแก่มากทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคาดการณ์สภาพแวดล้อมของพื้นที่ได้

- นักวิทยาศาสตร์แบ่งช่วงเวลาทางธรณีวิทยาได้อย่างไร พร้อมยกตัวอย่าง

แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ใช้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตมาในการแบ่งช่วงอายุทางธรณีวิทยา เช่น การสูญพันธุ์ครั้งยิ่งใหญ่ของไดโนเสาร์ในยุคครีเทเชียส

- ในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกสัณฐานวิทยาของสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ ในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างอย่างง่าย อาศัยอยู่ในทะเล เมื่อใกล้จะสิ้นมหายุคพาลีโอโซอิกมีวิวัฒนาการของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยบนบก นักวิทยาศาสตร์สมมติฐานการสิ้นสุดของมหายุคพาลีโอโซอิกว่า อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของมหาสมุทร เมื่อเข้าสู่ยุคมีโซโซอิกเป็นยุคของสัตว์เลื้อยคลาน เช่น ไดโนเสาร์ และยังพบนก การสิ้นสุดของมหายุคมีโซโซอิกนั้น นักวิทยาศาสตร์สมมติฐานว่าอาจเกิดจากการชนของอุกกาบาตทำให้เกิดการปกคลุมของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกเปลี่ยนไป

4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับมาตราธรณีกาลโดยมีแนวทางให้มีข้อสรุปดังต่อไปนี้

แนวทางการสรุป นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาลำดับเหตุการณ์ ประวัติความเป็นมาของโลก จากหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ เช่น หิน ซากดึกดำบรรพ์ โครงสร้างทางธรณี อายุทางธรณีวิทยา ดังคำกล่าวที่ว่า การศึกษาธรณีวิทยาเป็นการศึกษาหลักฐานที่พบในปัจจุบันเพื่อไขอดีตที่เกิดขึ้น เนื่องจากการศึกษาประวัติความเป็นมาของโลกต้องอาศัยหลักฐานทางธรณีที่พบอยู่ทั่วโลก การเทียบสัมพันธ์จึงเป็นหลักการหนึ่งที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงหลักฐานที่พบในแต่ละพื้นที่ของโลกเพื่อที่จะสามารถอธิบายลำดับเหตุการณ์ต่าง ๆ ตามเวลาแต่ละช่วงที่เกิดขึ้นตั้งแต่กำเนิดโลกจนถึงปัจจุบันแล้วนำมาจัดทำเป็นมาตราธรณีกาล

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: การเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน	ประเมินจาก 1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 4.5 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	ประเมินจาก 1. การอธิบายความสัมพันธ์ทางธรณีวิทยาระหว่างพื้นที่จากกิจกรรม 4.5 2. การแปลความจากหลักฐานทางธรณีวิทยาได้ 3. ผลงาน และการตอบคำถาม
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง	ประเมินจาก 1. การสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม 2. การร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

กรณีศึกษาลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา: สุสานหอยแหลมโพธิ์

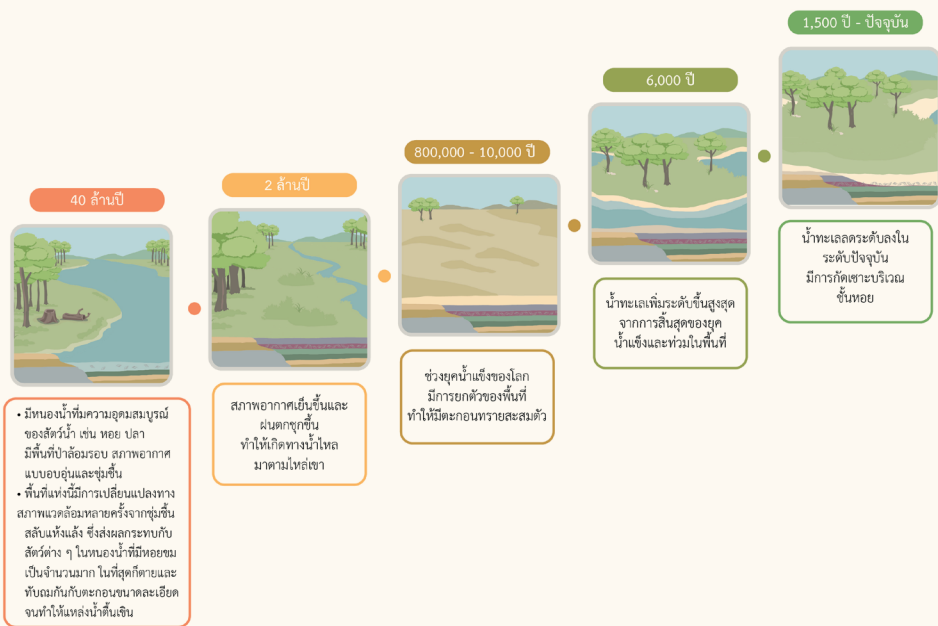
สุสานหอยแหลมโพธิ์ ตั้งอยู่บ้านแหลมโพธิ์ อำเภอมะนัง จังหวัดกระบี่ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติหาดนพรัตน์ หมู่เกาะพีพี เป็นสถานที่ท่องเที่ยวแห่งหนึ่งที่มีความสนใจจากนักท่องเที่ยว

พื้นที่ดังกล่าวพบซากดึกดำบรรพ์หอยขมน้ำจืด เป็นจำพวกหอยน้ำจืดวงศ์ viviparidae โดยพบในชั้นเปลือกหอยสีขาวอมเทา สลับกับชั้นหินเคลย์ (claystone) ที่พบเปลือกหอยชนิดเดียวกันอยู่ และยังมีชั้นถ่านหินลิกไนต์สีดำแทรกสลับอยู่ด้วย มีการเอียงเทของชั้นหินประมาณ 5 องศาไปทางทิศตะวันออก

สุสานหอยแหลมโพธิ์เดิมชื่อ สุสานหอย 75 ล้านปี แต่จากหลักฐานที่ค้นพบเพิ่มเรื่อย ๆ ทำให้อายุของสุสานหอยเปลี่ยนไปจึงได้เปลี่ยนชื่อเป็นสุสานหอยแหลมโพธิ์ดังปัจจุบัน ลานหอยน้ำจืดนี้เคยระบุอายุในช่วงเทอร์เชียรีหรือปัจจุบันอยู่ในช่วงพาลีโอจีน โดยใช้ซากดึกดำบรรพ์ของหอยเป็นตัวกำหนดอายุ แต่ต่อมาได้มีการพบซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลื้อยคลานด้วยนมหลายชนิดในแอ่งสะสมตะกอน มีอายุประมาณ 40 ล้านปี แต่ยังมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง นักธรณีวิทยายังพบซากดึกดำบรรพ์เรณูและสปอร์ของพืชโบราณที่สะสมตัวอยู่ในชั้นเดียวกับชั้นหอยโบราณกว่า 29 ชนิด ที่มีทั้งพืชน้ำ พืชป่าชายเลน พืชป่าดิบชื้นและป่าสนเขา ดังนั้นจากข้อมูลซากเรณูและสปอร์จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงช่วงอายุของชั้นหินที่แคลงเป็น 40-20 ล้านปี



รูปสุสานหอยแหลมโพธิ์ ที่มา: นพคุณ ศรีพลัง



รูปลำดับเหตุการณ์สำคัญของสุสานหอยแหลมโพธิ์ ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2537)

- ในอดีตขณะที่มีการสะสมตัวของสุสานหอยแหลมโพธิ์ ภูมิลักษณะหรือสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้เป็นแบบใด
แนวคำตอบ ในอดีตขณะที่มีการสะสมตัวของสุสานหอยแหลมโพธิ์ ภูมิลักษณะหรือสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้เป็นทะเลสาบน้ำจืด
- ปัจจุบันสุสานหอยแหลมโพธิ์มีภูมิลักษณะหรือสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้เป็นแบบใด
แนวคำตอบ ปัจจุบันสุสานหอยแหลมโพธิ์มีภูมิลักษณะหรือสภาพแวดล้อมแบบการสะสมตะกอนแบบแนวชายฝั่ง



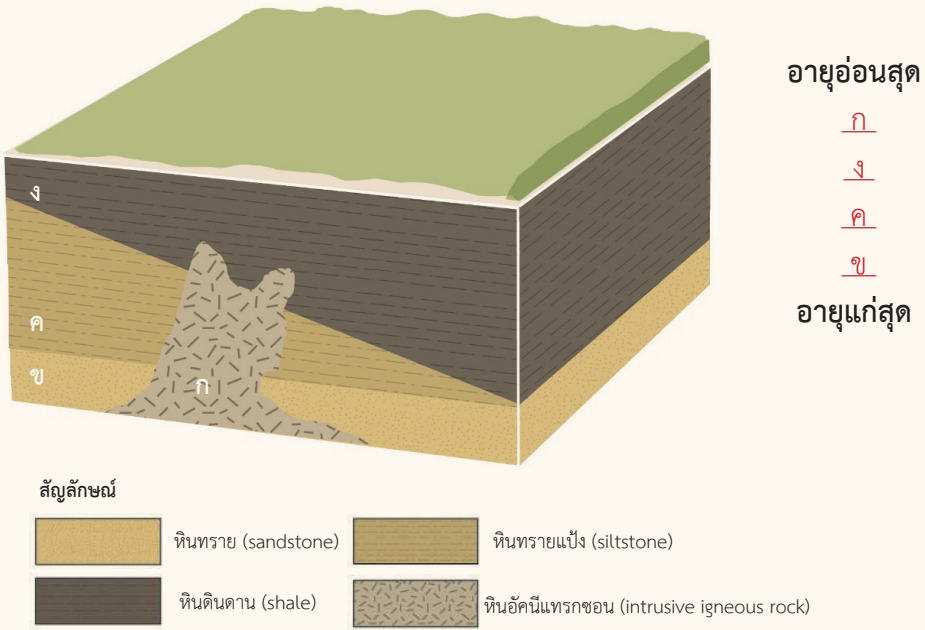
แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จับคู่คำและความหมายของคำให้ถูกต้อง

คำตอบ	คำศัพท์	ความหมาย
<u>ง</u>	1. การลำดับชั้นหิน	ก. บุคคลที่ศึกษาเกี่ยวกับซากหรือร่องรอยสิ่งมีชีวิตในอดีต
<u>ช</u>	2. ซากดึกดำบรรพ์	ข. อายุของซากดึกดำบรรพ์ ลักษณะทางธรณี และเหตุการณ์ทางธรณีต่าง ๆ ในชั้นหินเปรียบเทียบกับ
<u>จ</u>	3. ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี	ข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ ลักษณะทางธรณี และเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาอื่น ๆ
<u>ฉ</u>	4. มาตราธรณีกาล	ค. ร่องรอยของกระบวนการทางธรณีวิทยามารบกวน ทำให้ความต่อเนื่องของชั้นหินขาดหายไป
<u>ค</u>	5. รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง	ง. การเรียงลำดับชั้นหินตามอายุและลักษณะทางธรณีวิทยาที่พบในชั้นหิน
<u>ก</u>	6. นักบรรพชีวินวิทยา	จ. ซากและร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏในหินมีลักษณะเฉพาะ มีช่วงอายุสั้น ๆ และแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก
<u>ช</u>	7. อายุสัมบูรณ์	ฉ. ลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาตั้งแต่กำเนิดโลกถึงปัจจุบันที่ถูกแบ่งออกเป็นช่วงเวลาต่าง ๆ
<u>ข</u>	8. อายุเปรียบเทียบ	ช. ซากและร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในหิน
<u>ญ</u>	9. ครีตชีวิต	ซ. อายุทางธรณีวิทยาที่บอกเป็นตัวเลข
<u>ฉ</u>	10. การสลายตัวของกัมมันตรังสี	ฉ. ธาตุกัมมันตรังสีมีการปลดปล่อยพลังงานในรูปของอนุภาคหรือรังสีต่าง ๆ จนได้ไอโซโทปของธาตุใหม่ที่เสถียรมากกว่า
		ญ. เวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม

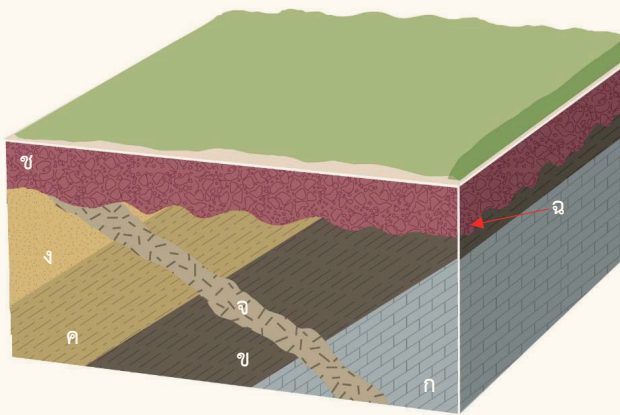
2. จากรูปให้นักเรียนเรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่สุดไปอายุน้อยสุด และบอกเหตุผลประกอบ

2.1



แนวคำตอบ ชั้นหินทรายมีการตกสะสมตัวอยู่ล่างสุด ปิดทับด้วยชั้นชั้นหินทรายแป้ง และหินดินดาน โดยชั้นหินทรายมีอายุแก่สุด จากกฎการลำดับชั้นที่ว่าชั้นหินที่วางตัวอยู่ล่างจะมีอายุแก่กว่าชั้นหินที่วางตัวอยู่ด้านบน จากนั้นมีหินอัคนีแทรกซอนมาในพื้นที่ทำให้หินอัคนีมีอายุน้อยสุดตามกฎความสัมพันธ์ของการตัดผ่าน

2.2



อายุอ่อนสุด

ขฉจงคขก

อายุแก่สุด

สัญลักษณ์



หินปูน (limestone)



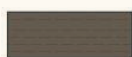
หินกรวดมน (conglomerate)



หินทราย (sandstone)



หินทรายแป้ง (siltstone)



หินดินดาน (shale)

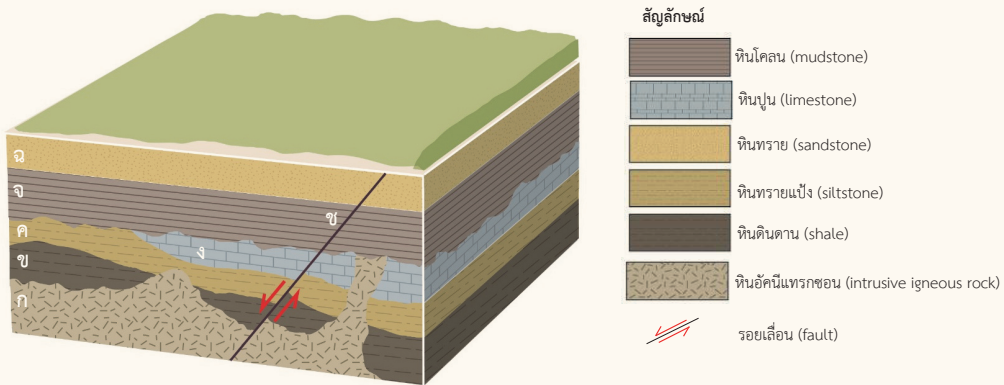


หินอัคนีแทรกซอน (intrusive igneous rock)

แนวคำตอบ ชั้นหินปูนโดยมีอายุแก่ที่สุดมีการสะสมตัวอยู่ล่างสุดถูกปิดทับด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทราย ซึ่งชั้นหินดังกล่าวเคยมีการวางตัวในแนวนอนมาก่อน ก่อนที่จะเกิดการเอียงเทของชั้นหินซึ่งอาจเกิดขึ้นมาจากการแทรกดันของหินอัคนี การกระทำของแรงจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การเกิดรอยเลื่อนตัดผ่าน ต่อมาเกิดการแทรกผ่านของหินอัคนีในชั้นหินปูน หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทราย ในเวลาต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีที่เกิดการผุกร่อนของพื้นที่ทำให้มีการหยุดการสะสมตัวของตะกอนไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งทำให้เกิดเป็น รอยชั้นไม่ต่อเนื่องในบริเวณ ฉ เมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งจนทำให้เหมาะสมต่อการสะสมตะกอนอีกทำให้มีการสะสมตัวของหินกรวดมนเป็นชั้นหินที่มีอายุอ่อนที่สุด

3. นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ดังภาพ และตอบคำถามดังต่อไปนี้

ก. มีโครงสร้างทางธรณีอะไรบ้าง



แนวคำตอบ ชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง

ข. ลำดับเหตุการณ์ทางธรณีที่เกิดขึ้นจากอายุแก่สุดไปยังอายุน้อยสุด พร้อมบรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

แนวคำตอบ ข ค ง ก จ ฉ ฎ

เหตุการณ์ทางธรณีของพื้นที่บริเวณนี้มีการตกสะสมตัวของหินดินดานที่มีอายุแก่ที่สุด ซึ่งปิดทับด้วยชั้นหินทรายแป้งและหินปูน ในระยะเวลาต่อมาเกิดการแทรกดันของแมกมาเข้ามาทำให้ชั้นหินจากเดิมที่เคยวางตัวในแนวนอนขนานกับพื้นโลกมีการเปลี่ยนรูปทำให้ชั้นหินเกิดการคดโค้งและอาจยกตัวสูงขึ้น ในระยะเวลาหนึ่งเปลือกโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งมีรอยเลื่อนตัดผ่านหินอัคนี หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินปูนยังทำให้ชั้นหินทิศตะวันออกเคลื่อนที่สูง ในเวลาต่อมาพื้นที่นี้มีการหยุดสะสมตัวของตะกอนเป็นระยะเวลานาน ในขณะที่เดียวกันผิวหน้าของหินมีการผุพัง และกร่อนไปทำให้พบเป็นรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ในระยะเวลาหนึ่งพื้นที่เหมาะแก่การสะสมตัวของตะกอนอีกครั้งจึงมีหินโคลนและหินทรายวางตัวปิดทับอยู่บนสุด

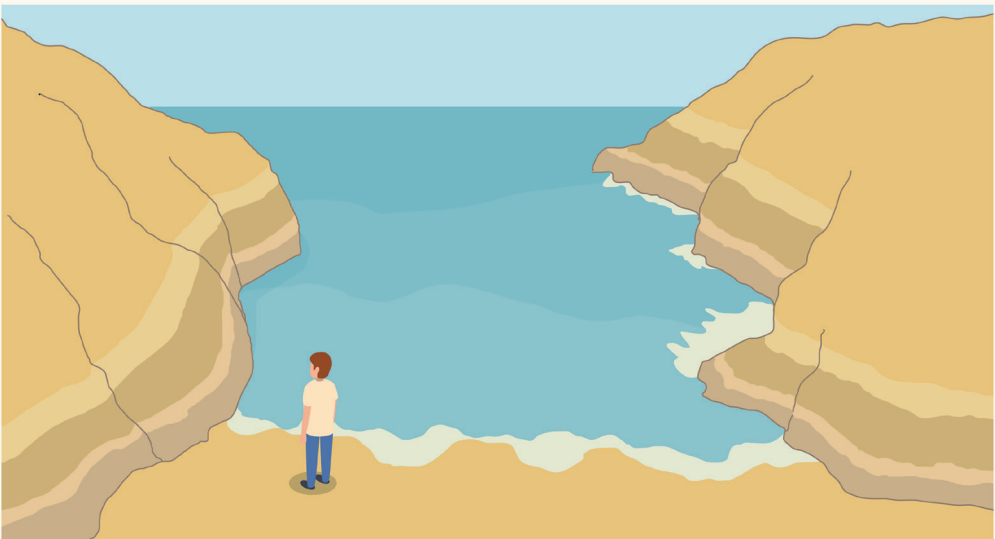
4. บริเวณภูเขาหินแห่งหนึ่งพบซากดึกดำบรรพ์ฟอสซิลในชั้นหินปูน และที่บริเวณภูเขาอีกลูกหนึ่งที่อยู่ใกล้กันพบซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในชั้นหินทราย หินบริเวณภูเขาลูกใดมีอายุแก่กว่า ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ใช้ซากดึกดำบรรพ์ในการช่วยหาอายุของชั้นหินทั้ง 2 แห่ง โดยภูเขาหินปูนที่พบซากดึกดำบรรพ์ฟอสซิลที่มีอายุคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียนมีอายุแก่กว่าภูเขาหินทรายที่พบซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในมหายุคมีโซโซอิก

5. จากการสำรวจจำเขาลูกโกลน จังหวัดนครสวรรค์ พบหินปูนและหินดินดานเกิดสลับชั้นกัน ในชั้นหินปูนพบซากดึกดำบรรพ์ฟิวซูลินิต ไบรโอซัว (bryozoa) หอยฝาเดียว หอยสองฝา และพบผนังหินแอนดีไซต์ (andesite dike) ซึ่งเป็นหินอัคนีที่ประกอบด้วยฮอว์นเบลนด์และแฟลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ แทรกตัดผ่านหินปูนและหินดินดานขึ้นมา นักเรียนจะนำหินประเภทใดไปหาอายุสมบูรณ์ด้วยวิธีการใด

แนวคำตอบ หินแอนดีไซต์ โดยใช้ธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในฮอว์นเบลนด์และแฟลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ภายในหินในการคำนวณหาไอโซโทปของธาตุ

6. ถ้านักเรียนมีความสูง 160 เซนติเมตร ยืนอยู่บนหาดของอ่าวแห่งหนึ่งในบริเวณใกล้กับหน้าผาฝั่งทิศตะวันตกดังรูป สังเกตชั้นหินของหน้าผา
- พบชั้นหินโคลนสีดำในระดับสายตาหนาประมาณ 60 เซนติเมตร และพบซากดึกดำบรรพ์ดัชนีหอยน้ำจืดชนิดหนึ่ง ซึ่งมีอายุประมาณ 13 ล้านปี มีอยู่จำนวนมากในชั้นหิน
 - พบหินทรายอยู่เหนือหินโคลนสีดำ หนาประมาณ 40 เซนติเมตร
 - ใต้ชั้นหินโคลนสีดำพบชั้นหินดินดานหนาประมาณ 20 เซนติเมตร
 - จากชั้นหินดินดานจนถึงพื้นที่ยืนอยู่พบชั้นหินแปรหนาประมาณ 40 เซนติเมตร
- จากข้อ ก-ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้



- 6.1. จากซากดึกดำบรรพ์หอยน้ำจืดที่พบในชั้นหินโคลนสีดำ นักเรียนคิดว่าสภาพแวดล้อมขณะที่มีการสะสมตัวของตะกอนเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ชั้นหินโคลนสีดำเคยมีสภาพแวดล้อมเป็นหนอง บึงน้ำจืด

- 6.2 ให้ลำดับชั้นหินจากสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมวาดภาพประกอบ

แนวคำตอบ ลำดับชั้นหินเรียงจากบนลงล่าง



หินทราย หนา 40 เซนติเมตร
หินโคลนสีดำ หนา 60 เซนติเมตร
หินดินดาน หนา 20 เซนติเมตร
หินแปร หนา 40 เซนติเมตร

- 6.3 ให้เรียงลำดับอายุของชั้นหินจากอายุแก่สุดไปอ่อนสุด และอธิบายเหตุผลประกอบ

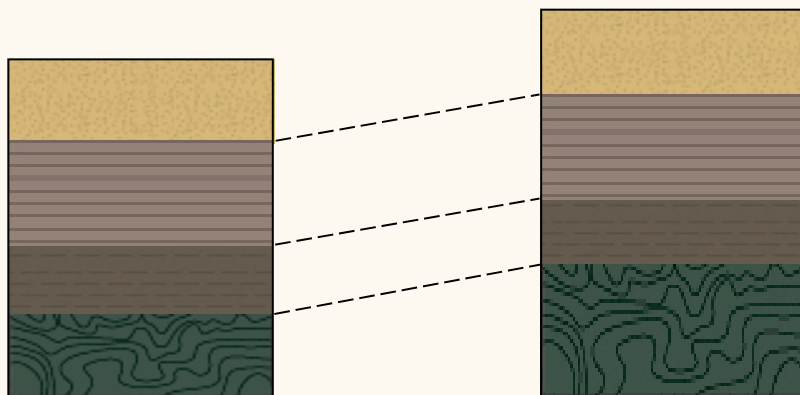
แนวคำตอบ หินแปร หินดินดาน หินโคลนสีดำ หินทราย โดยหินแปรวางตัวอยู่ด้านล่างหินดินดาน หินโคลนสีดำ และหินทราย หินแปรจึงมีอายุแก่ที่สุดดังกฎการลำดับชั้น

- 6.4 ถ้านักเรียนต้องการทราบอายุของชั้นหินโคลนสีดำ จะใช้วิธีการหาอายุแบบใดเพื่อให้ทราบอายุของชั้นหินโคลน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

แนวคำตอบ หินโคลนสีดำมีอายุประมาณ 13 ล้านปี เนื่องจากในชั้นหินโคลนพบซากดึกดำบรรพ์หอยน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีการตกสะสมตัวของซากดึกดำบรรพ์และถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นหินนั้น ดังนั้นชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์นั้นอยู่จะมีอายุเท่ากับอายุของซากดึกดำบรรพ์นั้น

- 6.5 ถ้าพบว่าหน้าผาฝั่งทิศตะวันออกมีลำดับชั้นหินเดียวกันกับหน้าผาที่ยืนอยู่ แต่มีหินแปรหนากว่าประมาณ 1 เมตร นักเรียนคิดว่าลำดับชั้นหินของหน้าผาทั้งสองฝั่งเคยเป็นผืนเดียวกันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ หน้าผาทั้งสองฝั่งอาจเคยเชื่อมติดกันมาก่อน เนื่องจากลำดับชั้นหินของหน้าผาฝั่งทิศตะวันตกมีลำดับชั้นหินเดียวกันกับลำดับชั้นหินของหน้าผาฝั่งทิศตะวันออก ทราบได้จากการใช้หลักการการเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน ดังรูป



ลำดับชั้นหินหน้าผาทางทิศตะวันตก

ลำดับชั้นหินหน้าผาทางทิศตะวันออก

จากรูปลำดับชั้นหินของทั้งสองด้านของหน้าผามีลำดับชั้นหินเดียวกันแต่อาจจะมี การยกตัวของชั้นหินทางหน้าผาทิศตะวันออกทำให้เกิดการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ดังนั้น จึงใช้หลักการการเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหินได้ลำดับชั้นหินดังนี้ หินแปรวางตัวอยู่ล่างสุด และปิดทับด้วยหินดินดาน หินโคลนสีดำ และหินทราย ตามลำดับ ซึ่งหน้าผาทั้งสองฝั่งอาจ เคยเชื่อมติดกันแต่เกิดการผุพัง กร่อน และพัดพาไป

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 นอกจากนี้ นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

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 และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จโดยสมบูรณ์ในบางเนื้อหาทำได้ยาก

1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 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

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า

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

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนก
ระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รายการพฤติกรรมแสดงออก	ระดับพฤติกรรมแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน				
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อนส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงาน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ				

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				

การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

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 ขาดการเชื่อมโยง เนื้อหาบางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสมและสะกดคำ ไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหา ไม่ต่อเนื่อง 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 ในการประเมินเพื่อทำให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น 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 เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ 5 ธันวาคม 2542. กรุงเทพฯ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา A-M. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา N-Z. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ดวงดาวและโลกของเรา (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ดวงดาวและโลกของเรา (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- Allison, M., DeGaetano, A., Pasachoff, J., (2006), Earth Science: Teacher Edition, Holt, Rinehart and Winston A Harcourt Education company.
- Dolgoft, A., (1996), Physical Geology, New York, D.C. Health and Company
- McConnell, D., Steer, D., (2015), The Good Earth: Introduction to Earth Science (3rd ed.) New York, McGraw-Hill Company.
- Turk, J., (1991), Modern Physical Geology, Saunder College Publishing
- Williams, L., (2012), Earth Sciences Demystified, The United State of America: The McGraw-Hill Company.
- www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/20110927-Travis-Novitsky.html
สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2559
- <http://pubs.usgs.gov/gip/interior/> สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2559
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009254194001404>
สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2559

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

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

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

นายสุพจน์ วุฒิโสภณ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางฤทัย เพลงวัฒนา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิชุดาตรี กลับแสง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันดิพัฒน์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวกัญญจิต จันเสนา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน	ข้าราชการบำนาญ
นางดาริกา วีรวินนทกุล	ข้าราชการบำนาญ
นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์	โรงเรียนบางกะปิ

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย จูทะโกสิทธิ์กานนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐานบ ธิติมากร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ วันอินทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ	ข้าราชการบำนาญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภัทราชัย

ดร.ตฤณ อินทรประสงค์

นายทินกร สุณีย์

นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน

นางดาริกา วีรวินนทกุล

นางสาวนิยม นิลผึ้ง

นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ

นายณรงค์ ธาราसानิต

นางพรทิพย์ จูฑะธรรมมานนท์

นางกุลนาถ โชติสุดแสนห์

นายสุพจน์ วุฒิโสภณ

นางเป็ญจวรรณ ศรีเจริญ

นางฤทัย เพลงวัฒนา

นางสาววิษุราตรี กลับแสง

ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันติพัฒน์

นางสาวกัญญจิต จันเสนา

นางสาวไศภิตา จันทร์ศรี

นางสาวรัมภา ศรีบางพลี

นายดนุภัทร บัวแก้ว

โรงเรียนสาธิต

มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ

ประสานมิตร (ฝ่ายประถมศึกษา)

กรมเชื้อเพลิงพลังงาน

กระทรวงพลังงาน

กรมเชื้อเพลิงพลังงาน

กระทรวงพลังงาน

ข้าราชการบำนาญ

ข้าราชการบำนาญ

ข้าราชการบำนาญ

โรงเรียนบางกะปิ

โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม

โรงเรียนเสาไห้ "วิมลวิทยานุกูล"

นวมินทราชินูทิศ สตริวิทยา ๒

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย

รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย จูทะโกสิทธิ์กานนท์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ วันอินทร์

นายสุพจน์ วุฒิโสภณ

นางสาววิชุดาตรี กลับแสง

ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันดิพัฒน์

นางสาวกัญญจิต จันเสนา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ