



คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๓

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

๕





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

วิชา

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พ.ศ. ๒๕๖๑

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวง ศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และยังมี บทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบ การใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีตารางวิเคราะห์ ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำถามและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

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



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

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

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ สมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผน การจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
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

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามทีระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบเป็นดังนี้

● จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ได้ไว้ 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 ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

● เฉลยคำถาม

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- เฉลยคำถามระหว่างเรียน

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- เฉลยคำถามท้ายบทเรียน

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

7

สมดุลพลังงาน ของโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	1
ผังมโนทัศน์	1
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	2
สาระสำคัญ	2
เวลาที่ใช้	2
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	3
7.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก	4
เฉลยกิจกรรม 7.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก	6
แนวทางการวัดและประเมินผล	11
7.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก	11
เฉลยกิจกรรม 7.2 มุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวกับขนาดของพื้นที่รับแสง	12
เฉลยกิจกรรม 7.3 แสงกับคว้น	18
เฉลยกิจกรรมลองทำดู แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิอากาศ	22
เฉลยกิจกรรม 7.4 พื้นผิวกับการสะท้อนรังสี	23
แนวทางการวัดและประเมินผล	28
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	29

8

การหมุนเวียนของ อากาศบนโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	32
ผังมโนทัศน์	33
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	34
สาระสำคัญ	35
เวลาที่ใช้	35
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	36
8.1 การเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของอากาศ	37
เฉลยกิจกรรม 8.1 การเคลื่อนที่ของอากาศ	38
เฉลยกิจกรรม 8.2 การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นที่กำลังหมุน	45
แนวทางการวัดและประเมินผล	53
8.2 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก	54
เฉลยกิจกรรม 8.3 การหมุนเวียนอากาศของโลก	56
แนวทางการวัดและประเมินผล	65

8.3 ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ	65
แนวทางการวัดและประเมินผล	68
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	69

9

การหมุนเวียนของน้ำ ในมหาสมุทร

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	73
ผังมโนทัศน์	74
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	75
สาระสำคัญ	76
เวลาที่ใช้	76
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	77
9.1 อุณหภูมิและความเค็มของมหาสมุทร	79
เฉลยกิจกรรม 9.1 การแบ่งชั้นของน้ำ	83
แนวทางการวัดและประเมินผล	90
9.2 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร	91
เฉลยกิจกรรม 9.2 การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร	92
เฉลยกิจกรรม 9.3 แบบจำลองการหมุนเวียนของน้ำลึก	99
เฉลยกิจกรรม 9.4 น้ำเกิดการยกตัวหรือจมตัวได้อย่างไร	103
แนวทางการวัดและประเมินผล	109
9.3 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรกับลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ	110
เฉลยกิจกรรม 9.5 กระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นกับลมฟ้าอากาศ	111
เฉลยกิจกรรม 9.6 เอลนีโญและลานีญาส่งผลกระทบต่ออย่างไรบ้าง	129
แนวทางการวัดและประเมินผล	140
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	141

บรรณานุกรม	147
คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	149

บทที่ 7 | สมดุลพลังงานของโลก (Earth's Energy Balance)



ipst.me/8845

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

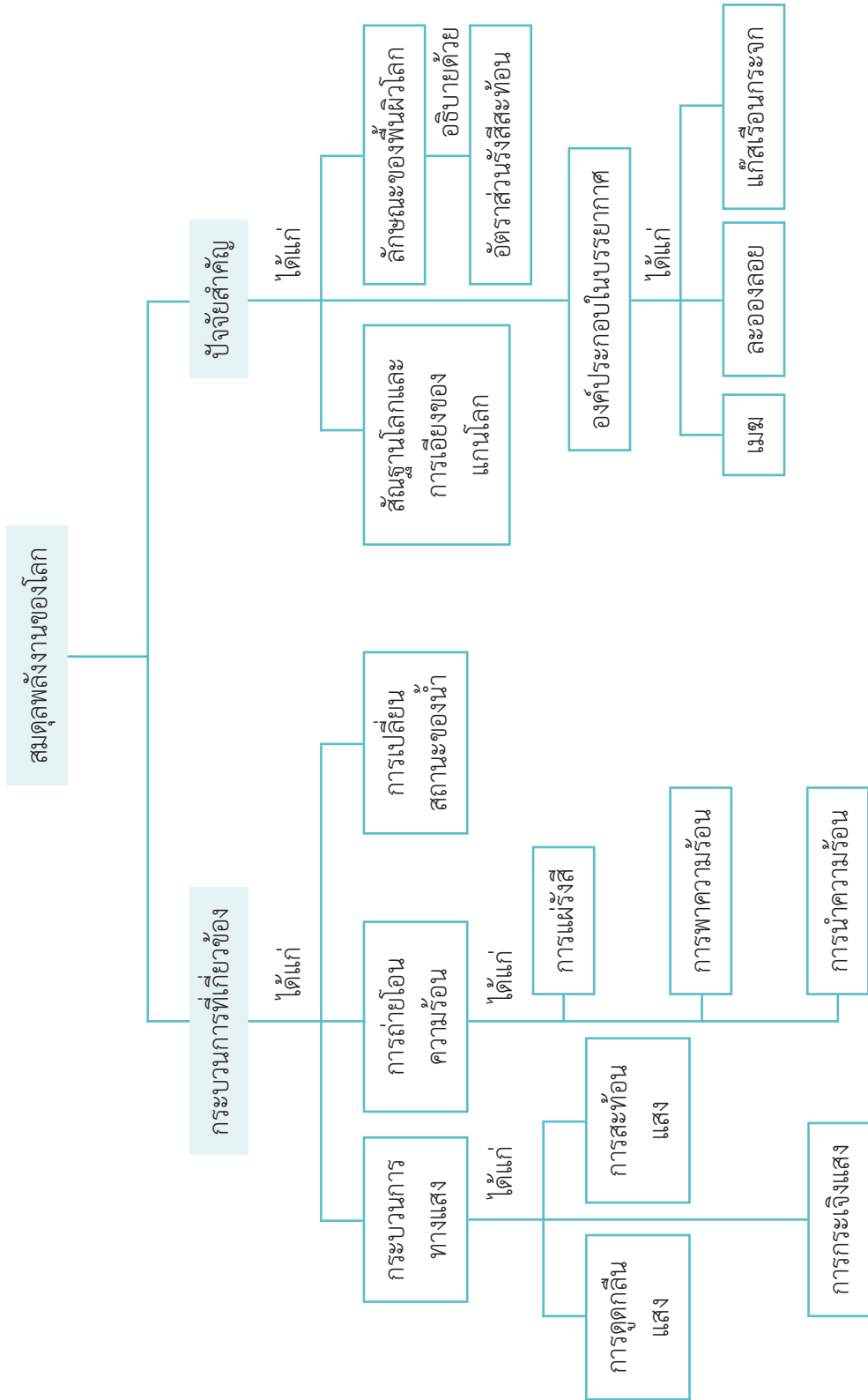
1. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันและผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก
2. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเมฆ ละอองลอย และแก๊สเรือนกระจกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีคลื่นยาว
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นผิวโลกกับการรับและดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับสเปกและสเปกกับเวลา 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ยอมรับความเห็นต่าง

ผังมโนทัศน์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

เมื่อโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์
โลกมีการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากันซึ่งทำให้เกิดสมดุลพลังงาน
ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศของโลกค่อนข้างคงที่



การรักษาสมดุลพลังงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางแสง
และกระบวนการถ่ายโอนความร้อน



กระบวนการเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่
สัณฐานโลกและการเอียงของแกนหมุนโลก เมฆและละอองลอย แก๊สเรือนกระจก
ลักษณะของพื้นผิวโลก



กระบวนการและปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แต่ละบริเวณของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์
และมีอุณหภูมิแตกต่างกัน

สาระสำคัญ

เมื่อโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ โลกมีการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากันซึ่งทำให้เกิดสมดุลพลังงาน ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศของโลกค่อนข้างคงที่ การรักษาสมดุลพลังงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางแสง กระบวนการถ่ายโอนความร้อน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ สัณฐานและการเอียงของแกนโลก เมฆและละอองลอย แก๊สเรือนกระจก ลักษณะของพื้นผิวโลก กระบวนการและปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้แต่ละบริเวณของโลกได้รับพลังงานและมีอุณหภูมิแตกต่างกัน

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 12 ชั่วโมง

- | | |
|---|-----------|
| 1. กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก | 4 ชั่วโมง |
| 2. ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก | 8 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

- 1. กระบวนการทางแสง ได้แก่ การสะท้อนแสง การกระเจิงแสง การดูดกลืนแสง
- 2. การถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การพาความร้อน การนำความร้อน การแผ่รังสี
- 3. องค์ประกอบของบรรยากาศ

 ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ดวงอาทิตย์ห่างจากโลกเป็นระยะทางไกลมาก ดังนั้นรังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกจึงเป็นรังสีขนาน	✓
2	ดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	✓
3	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเรียงลำดับตามความยาวคลื่นจากมากไปน้อย ดังนี้ คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ คลื่นอินฟราเรด แสงที่มองเห็น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา	✓
4	โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงประมาณ 23.5 องศากับเส้นตั้งฉากของระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	✓
5	วัตถุชนิดเดียวกันมีลักษณะพื้นผิวเหมือนกัน วัตถุที่มีสีขาวจะสะท้อนแสงได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีดำ	✓
6	ถ้าพื้นดินและพื้นน้ำได้รับรังสีดวงอาทิตย์เท่ากัน พื้นน้ำจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าพื้นดินเนื่องจากดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีกว่า พื้นดินมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าพื้นน้ำเนื่องจากพื้นดินมีความจุความร้อนต่ำกว่า	✗
7	การแผ่รังสีเป็นการถ่ายโอนพลังงานที่เกิดขึ้นในอวกาศเท่านั้น การแผ่รังสีเกิดขึ้นได้ทุกบริเวณ	✗
8	บรรยากาศประกอบด้วยแก๊สชนิดต่าง ๆ และละอองลอยในปริมาณคงที่ แก๊สบางชนิดมีปริมาณคงที่เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน แก๊สบางชนิดปริมาณเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ไอน้ำ รวมทั้งละอองลอย	✗

9	ไอน้ำในบรรยากาศ มีสมบัติเป็นแก๊สเรือนกระจก	✓
10	ถ้าโลกไม่มีแก๊สเรือนกระจกจะทำให้อุณหภูมิของโลกในเวลากลางวันและกลางคืนต่างกันมาก	✓

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
ไอน้ำไม่ใช่แก๊สเรือนกระจก	ไอน้ำเป็นแก๊สเรือนกระจก

7.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3
- วีดิทัศน์ใน QR ประจำบท
- เว็บไซต์องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือองค์การนาซา <http://www.nasa.gov>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของชั้นบรรยากาศกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกกับดวงจันทร์จากข้อมูลที่กำหนดให้และใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างโลกและดวงจันทร์

	โลก	ดวงจันทร์
เส้นผ่านศูนย์กลาง	12,742 กม.	3,474 กม.
ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ (ล้านกิโลเมตร)	ประมาณ 150	ประมาณ 150
ความหนาแน่นของบรรยากาศ โดยประมาณ (อนุภาคต่อ ซม. ³)	2.5×10^{25} (ที่ระดับน้ำทะเล)	2×10^5
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ (องศาเซลเซียส)	15	-23

ที่มา: <http://spacemath.gsfc.nasa.gov> , <https://en.wikipedia.org> , หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 2

- จากข้อมูล ให้นักเรียนเปรียบเทียบข้อมูลขนาด ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ ความหนาแน่นของบรรยากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศระหว่างโลกและดวงจันทร์

แนวคำตอบ

	เปรียบเทียบระหว่างโลกกับดวงจันทร์
1. ขนาด	โลกมีขนาดใหญ่กว่าดวงจันทร์มาก
2. ระยะห่างจากดวงอาทิตย์	ใกล้เคียงกัน
4. ความหนาแน่นของบรรยากาศ	แตกต่างกันโดยดวงจันทร์มีบรรยากาศหนาแน่นน้อยกว่าโลกมาก
5. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ	ดวงจันทร์มีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศต่ำกว่าโลกมาก

- อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกและดวงจันทร์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ แตกต่างกัน ปัจจุบันพบว่าโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียส แตกต่างจากดวงจันทร์ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศประมาณ -23 องศาเซลเซียส
- นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกและดวงจันทร์แตกต่างกัน
แนวคำตอบ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกและดวงจันทร์แตกต่างกันเนื่องจากโลกและดวงจันทร์มีความหนาแน่นของบรรยากาศ แตกต่างกันไปมาก โดยพบว่าดวงจันทร์มีบรรยากาศที่เบาบางมาก มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนดวงจันทร์ต่ำกว่าโลก
- นักเรียนคิดว่าเหตุใดความหนาแน่นของบรรยากาศที่แตกต่างกันจึงมีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ย
มีกระบวนการใดที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในบรรยากาศบ้าง
แนวคำตอบ ตอบตามความคิดเห็นของตนเอง

2. ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 7.1



กิจกรรม 7.1 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานของโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่โลกได้รับและปลดปล่อยกลับสู่อวกาศจากแผนภาพที่กำหนด
2. วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการรับและปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

แผนภาพแสดงกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูนำอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้พื้นฐานที่ใช้ประกอบการเรียนรู้เรื่องสมดุลพลังงานของโลก ดังหัวข้อต่อไปนี้

- การสะท้อนแสง การกระเจิงแสง การดูดกลืนพลังงาน
- การถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การพาความร้อน การนำความร้อน การแผ่รังสี
- การเปลี่ยนสถานะของน้ำ
- องค์ประกอบของบรรยากาศ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายที่ละแผนภาพ

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาแผนภาพแสดงกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการรับและปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศของโลกในภาพรวม
2. ศึกษากระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก บรรยากาศ และเมฆ จากแผนภาพที่กำหนด วิเคราะห์และระบุข้อมูลตามประเด็นต่อไปนี้
 - ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่โลกได้รับ และแหล่งพลังงาน
 - ปริมาณพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ แหล่งพลังงาน และกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษากระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นยาวของพื้นผิวโลก บรรยากาศ และเมฆ

จากแผนภาพที่กำหนด วิเคราะห์และระบุข้อมูลในประเด็นต่อไปนี้

- ปริมาณพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ช่วงคลื่น แหล่งพลังงานและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
- 4. จากการศึกษาในข้อ 3 วิเคราะห์และสรุปกระบวนการรับและปลดปล่อยพลังงานระหว่างพื้นผิวโลกและบรรยากาศ
- 5. สรุปและอธิบายกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการรับและปลดปล่อยพลังงานของโลกกลับสู่อวกาศ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์			พลังงานที่โลกปล่อยกลับสู่อวกาศ			
ปริมาณพลังงาน	ช่วงคลื่น	แหล่งพลังงาน	ปริมาณพลังงาน	ช่วงคลื่น	แหล่งพลังงาน	กระบวนการ
100	คลื่นสั้น	ดวงอาทิตย์	29	คลื่นสั้น	บรรยากาศเมฆ และพื้นผิวโลก	การสะท้อนแสง
			12	คลื่นยาว	พื้นผิวโลก	การแผ่รังสี
			59	คลื่นยาว	บรรยากาศเมฆ และพื้นผิวโลก	1. การแผ่รังสี 2. การพาความร้อน 3. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ
รวมปริมาณพลังงาน 100			รวมปริมาณพลังงาน 100			

สรุปกิจกรรม

โลกมีกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

คำถามท้ายกิจกรรม

- เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มาสู่ชั้นบรรยากาศโลก รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกทั้งหมดหรือไม่ เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** รังสีดวงอาทิตย์ไม่ได้ผ่านมาพื้นผิวโลกทั้งหมด แต่รังสีบางส่วนสะท้อนกลับสู่อวกาศ และบางส่วนถูกกลืนไว้โดยบรรยากาศ และเมฆ

2. ถ้าพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100 ปริมาณพลังงานสะท้อนกลับสู่อวกาศทันทีที่มีค่าประมาณเท่าใด และปริมาณพลังงานที่โลกดูดกลืนไว้มีค่าประมาณเท่าใด และดูดกลืนไว้ที่ใดบ้าง

แนวคำตอบ พลังงานสะท้อนกลับสู่อวกาศทันทีที่มีค่าประมาณร้อยละ 29 ปริมาณพลังงานที่โลกดูดกลืนไว้มีค่าประมาณร้อยละ 71 หน่วย โดยดูดกลืนไว้ในบรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลก

3. ปริมาณพลังงานที่พื้นผิวโลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศโดยตรงมีค่าเท่าไร และปลดปล่อยกลับสู่อวกาศโดยกระบวนการใด

แนวคำตอบ พลังงานที่พื้นผิวโลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศโดยตรงมีค่าประมาณร้อยละ 12 โดยปลดปล่อยกลับด้วยกระบวนการแผ่รังสี

4. พื้นผิวโลกปล่อยพลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาวเข้าสู่บรรยากาศด้วยกระบวนการอะไรบ้าง

แนวคำตอบ การเปลี่ยนสถานะของน้ำ การพาความร้อน การแผ่รังสี

5. พื้นผิวโลกได้รับพลังงานจากแหล่งใดบ้าง มีช่วงคลื่นเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ พื้นผิวโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยตรงในรูปรังสีคลื่นสั้น นอกจากนั้น พื้นผิวโลกยังได้รับพลังงานที่บรรยากาศแผ่กลับมาซึ่งพลังงานนี้อยู่ในรูปของรังสีคลื่นยาว

6. ปริมาณพลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกปล่อยกลับสู่อวกาศมีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ พลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกปล่อยกลับสู่อวกาศมีค่าประมาณร้อยละ 71

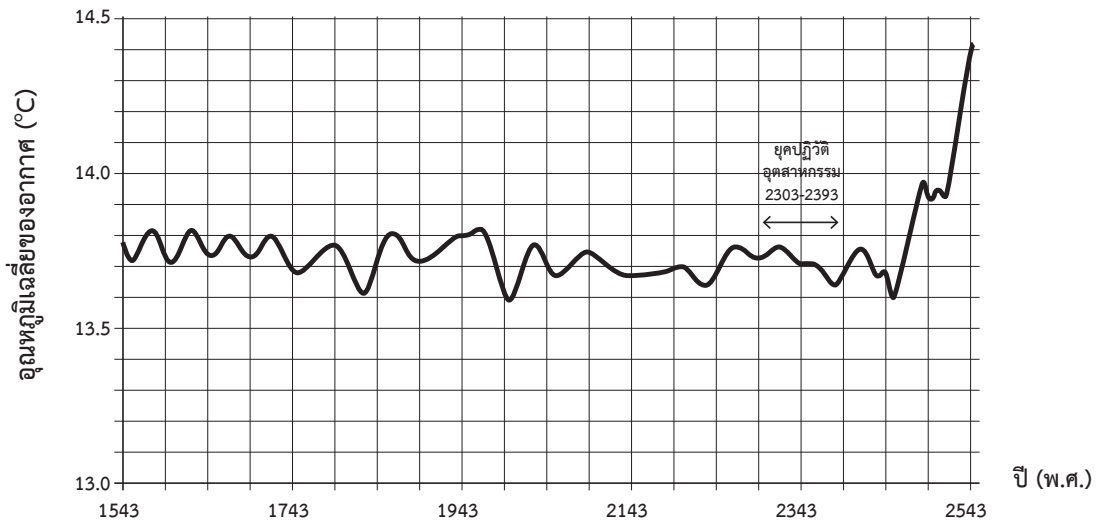
7. ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่โลกได้รับและที่โลกปลดปล่อยสู่อวกาศเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เท่ากัน พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่โลกบางส่วนจะสะท้อนกลับออกสู่อวกาศทันที ในขณะที่พลังงานบางส่วนหมุนเวียนอยู่ภายในโลกด้วยกระบวนการทางแสงและการถ่ายโอนความร้อน ก่อนที่พลังงานเหล่านั้นจะค่อย ๆ กลับสู่อวกาศ ซึ่งพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์จะเท่ากับพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุลพลังงาน (energy balance)

3. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปความรู้โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

- เมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์เข้ามาสู่บรรยากาศของโลก ทั้งเมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ รวมทั้งพื้นผิวโลกจะสะท้อนรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงที่มองเห็นบางส่วนกลับสู่อวกาศในทันทีร้อยละ 29 ส่วนพลังงานที่เหลือประมาณร้อยละ 71 จะถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลก ก่อนที่พลังงานจะถูกปล่อยกลับสู่อวกาศอีกครั้งโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว
- พลังงานที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้นั้นร้อยละ 71 จะถูกปลดปล่อยกลับออกมาในรูปรังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่มีช่วงคลื่นยาว พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งประมาณร้อยละ 12 จะถูกปลดปล่อยออกสู่อวกาศโดยตรงจากการแผ่รังสี ส่วนพลังงานความร้อนส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืนไว้โดยแก๊สเรือนกระจกและเมฆในบรรยากาศ รวมทั้งอยู่ในกระบวนการพาความร้อนที่ทำให้อากาศเกิดการยกตัวขึ้น และกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ทำให้เกิดเมฆ ส่วนบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนไว้ส่วนหนึ่งมายังพื้นผิวโลก จากนั้นพื้นผิวโลกจะดูดกลืนพลังงานดังกล่าวไว้ ในขณะเดียวกันพื้นผิวโลกยังคงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาใหม่ทุกวัน ซึ่งพื้นผิวโลกจะปลดปล่อยพลังงานนี้โดยการแผ่รังสีเข้าสู่บรรยากาศและกลับสู่อวกาศด้วยกระบวนการเดิมดังที่กล่าวมาข้างต้น ท้ายที่สุดบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศประมาณร้อยละ 59
- จากกระบวนการทั้งหมดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โลกไม่ได้ดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามายังบรรยากาศไว้ทั้งหมด จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในช่วงเวลากลางวันไม่สูงมากจนเกินไป และพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างบรรยากาศและพื้นผิวโลกนี้เองที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำจนเกินไป
- พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่บรรยากาศโลกคิดเป็นร้อยละ 100 โลกจะค่อย ๆ ปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากัน โดยกระบวนการต่าง ๆ และทำให้เกิดสมดุลพลังงาน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน

4. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 7.4 ในหนังสือเรียนหน้า 8 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้



- อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในปี พ.ศ. 2443 แตกต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในปี พ.ศ. 1543 ประมาณกี่องศาเซลเซียส
แนวคำตอบ ประมาณ 0.2 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิอากาศระหว่างปี พ.ศ. 1543 ถึงปี 2443 มีแนวโน้มเป็นเช่นไร สังเกตจากสิ่งใด
แนวคำตอบ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศระหว่างปี พ.ศ. 1543 ถึง ปี พ.ศ. 2443 มีแนวโน้มคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยสังเกตได้จากเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 0.2 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในปี พ.ศ. 2543 แตกต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในปี พ.ศ. 2443 ประมาณกี่องศาเซลเซียส
แนวคำตอบ ประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส
- เส้นแสดงอุณหภูมิอากาศระหว่างปี พ.ศ. 2443 ถึงปี 2543 มีแนวโน้ม เป็นเช่นไร
แนวคำตอบ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศระหว่างปี พ.ศ. 2443 ถึง ปี พ.ศ. 2543 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นสังเกตได้จากเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส
- จากรูป 7.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อนข้างคงที่เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับจะถูกปลดปล่อยกลับออกสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากันทำให้เกิดสมดุลพลังงานอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจึงค่อนข้างคงที่

5. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับสมดุลพลังงานของโลก โดยใช้คำถามในหนังสือเรียน หน้า 8

- ถ้าโลกไม่มีกระบวนการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ จะส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ หากโลกไม่มีกระบวนการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศแต่ยังคงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ โลกจะมีพลังงานสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ และอุณหภูมิอากาศจะสูงมากจนสิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงอยู่ได้

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: 1. กระบวนการรับและปลดปล่อยพลังงานของโลก 2. สมดุลพลังงานของโลก	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถามและนำเสนอผลการทำกิจกรรม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับสเปซ และสเปซกับเวลา 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. อธิบายแผนภาพสมดุลพลังงานของโลก
A: 1. การยอมรับความเห็นต่าง	1. การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นในการอภิปราย 2. การให้ความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์

7.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

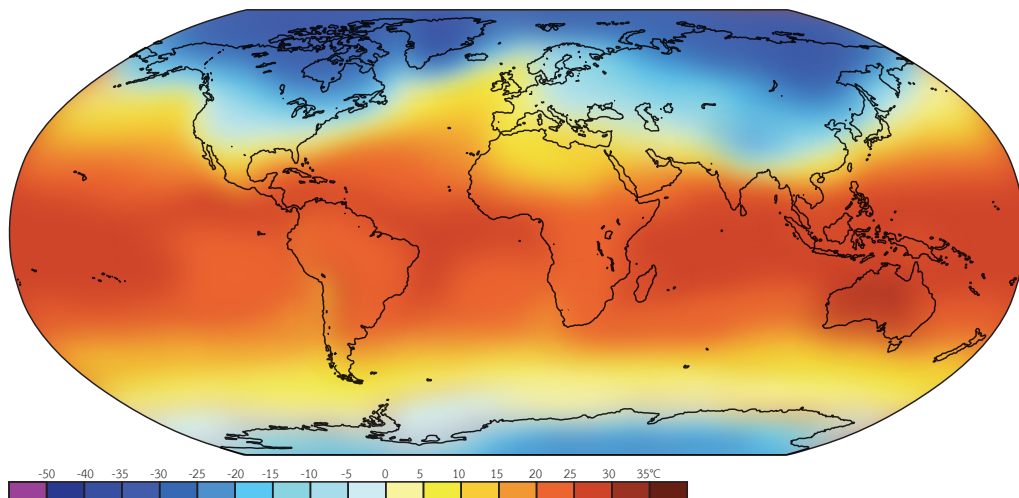
1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเมฆ ละอองลอย และแก๊สเรือนกระจกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีคลื่นยาว
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นผิวโลกกับการรับและดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3
2. วิดีทัศน์ใน QR ประจำบท

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูให้นักเรียนสังเกตภาพแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในเดือนมกราคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2482 – 2540 ในหนังสือเรียนหน้า 9



จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายตามความคิดเห็นของตนเองโดยใช้คำถามดังนี้

- จากภาพอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละบริเวณของโลกเป็นอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- ให้นักเรียนทำกิจกรรม 7.2



กิจกรรม 7.2 มุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวกับขนาดของพื้นที่รับแสง

จุดประสงค์กิจกรรม

- เปรียบเทียบขนาดของมุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด
- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวกับขนาดพื้นที่ที่แสงตกกระทบ

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. แผ่นพลาสติกใส ขนาด A4 | 1 แผ่น |
| 2. แผ่นพลาสติกใสอย่างบาง ขนาด กว้าง 9 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว | 1 แผ่น |
| 3. ปากกาเขียนแผ่นใส | 1 ด้าม |
| 4. เทปกาบสองหน้าแบบบาง | 1 ม้วน |
| 5. ไมโครเมตรคอร์ชนิดครึ่งวงกลม | 2 อัน |

- | | |
|-------------------------|----------|
| 6. เลเซอร์ชี้ดาว | 2 อัน |
| 7. ไฟฉายขนาดเล็ก | 1 กระบอก |
| 8. ขาตั้ง | 1 อัน |
| 9. ที่จับ | 2 อัน |
| 10. ลูกโลกจำลองขนาดใหญ่ | 1 ลูก |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

เอียงลูกโลกให้เส้นศูนย์สูตรขนานกับพื้นผิวโลกเพื่อตัดตัวแปรเรื่อง การเอียงของแกนหมุนโลก

วิธีการทำกิจกรรม

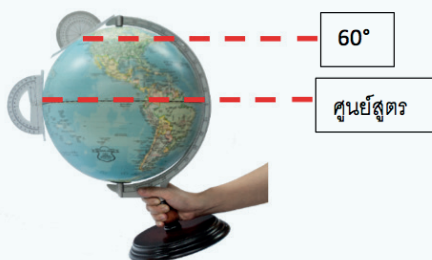
ตอนที่ 1

1. จัดทำชุดอุปกรณ์ดังนี้
 - 1.1 ตัดแผ่นพลาสติกใสตามขวางเป็น 4 ส่วนเท่ากัน แล้วนำมาประกบกันเป็น 2 ชุด
 - 1.2 นำไม้โปรแทรกเตอร์ชนิดครึ่งวงกลมติดกับแผ่นพลาสติกใสจากข้อ 1.1 ดังรูป 1 ทั้ง 2 ชุด



รูป 1

- 1.3 นำอุปกรณ์ในข้อ 1.2 ติดตั้งในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัสของลูกโลกโดย ชุดที่ 1 ติดตั้งบริเวณศูนย์สูตรและให้จุดกึ่งกลางของไม้โปรแทรกเตอร์อยู่ตรงกับเส้นศูนย์สูตร และชุดที่ 2 วางที่ตำแหน่งละติจูด 60 องศา ตรงกับตำแหน่งจุดกึ่งกลางของไม้โปรแทรกเตอร์ และวางชุดอุปกรณ์ทั้ง 2 ชุด ในแนวลองจิจูดเดียวกัน ดังรูป 2



รูป 2

- 1.4 นำเลเซอร์ชี้ดาวมายึดติดกับขาตั้ง โดยจัดให้เลเซอร์ด้ามที่ 1 อยู่ในแนวเดียวกับเส้นศูนย์สูตร และด้ามที่สองอยู่ในแนวเดียวกับละติจูด 60 องศา
2. จัดอุปกรณ์ในข้อ 1.3 และ 1.4 ให้มีระยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ดังรูป 3



รูป 3

3. เปิดเลเซอร์ทั้ง 2 ด้ามพร้อมกัน สังเกตตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับระนาบพื้นผิว วัดมุมระหว่างแสงเลเซอร์กับพื้นผิว ณ ตำแหน่งละติจูดที่กำหนดและบันทึกผล

หมายเหตุ ระวังอย่าให้แสงเลเซอร์เข้าตา

ตอนที่ 2

1. จัดชุดอุปกรณ์ดังนี้
 - 1.1 นำแผ่นพลาสติกใสอย่างบางมาหุ้มลูกโลกตั้งแต่บริเวณศูนย์สูตรถึงบริเวณขั้วโลก
 - 1.2 นำกระบอกไฟฉายมายึดติดกับขาตั้ง จัดให้จุดกึ่งกลางของปากกระบอกไฟฉายอยู่ในระดับเส้นศูนย์สูตร
 - 1.3 จัดอุปกรณ์ในข้อ 1.1 และ 1.2 ดังรูป 4

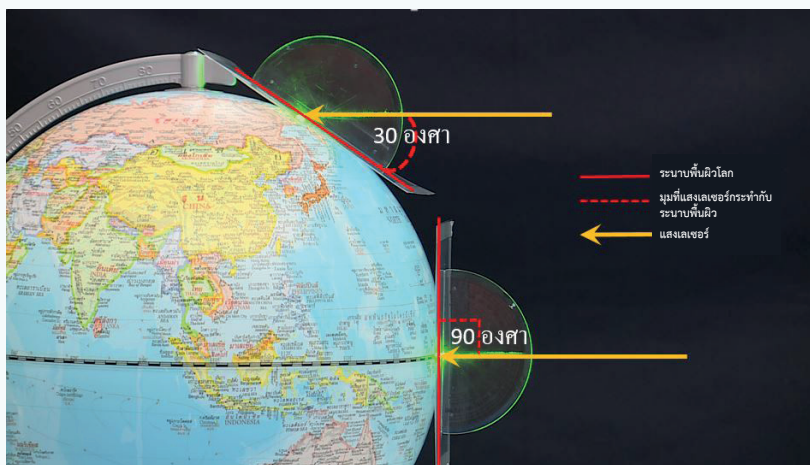


รูป 4

2. เปิดไฟฉายและปรับระยะห่างระหว่างปากกระบอกไฟฉายและลูกโลก เพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ใช้ปากกาเขียนแผ่นใสวาดเส้นแสดงขอบเขตพื้นที่ที่รับแสง
3. ปรับระดับของกระบอกไฟฉาย ให้จุดกึ่งกลางของปากกระบอกไฟฉายตรงกับจุดสังเกตบริเวณละติจูด 60 องศา ทั้งนี้ให้ระยะห่างเท่ากับข้อ 2 เปิดไฟฉาย สังเกตพื้นที่ที่รับแสง และใช้ปากกาเขียนแผ่นใสวาดเส้นแสดงขอบเขตพื้นที่ที่รับแสง

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1



ตอนที่ 2



พื้นที่แสงตกกระทบบริเวณศูนย์สูตร

พื้นที่แสงตกกระทบบริเวณละติจูดที่ 60 องศา

สรุปผลการทำกิจกรรม

ขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับพื้นผิวเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด และขนาดของมุมมีความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ที่แสงตกกระทบ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. มุมระหว่างแสงเลเซอร์ตกกระทบกับพื้นผิวลูกโลกบริเวณศูนย์สูตร และละติจูด 60 องศา แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ แตกต่างกันโดยแสงเลเซอร์ตกกระทบทำมุมตั้งฉากกับระนาบของพื้นผิวลูกโลกบริเวณศูนย์สูตร ขณะที่แสงเลเซอร์ตกกระทบทำมุม 30 องศา กับระนาบของพื้นผิวลูกโลกบริเวณละติจูด 60 องศา

2. ขนาดของพื้นที่ที่แสงไฟฉายตกกระทบบริเวณศูนย์สูตร และละติจูด 60 องศา แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ แตกต่างกัน โดยขนาดของพื้นที่ที่แสงไฟฉายตกกระทบบริเวณศูนย์สูตรมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ที่แสงไฟฉายตกกระทบบริเวณละติจูด 60 องศา

3. ขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับพื้นผิว และขนาดของพื้นที่ที่แสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ มุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวกับขนาดพื้นที่ที่แสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กัน โดยพื้นที่รับแสงจะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อแสงตกทำมุม 90 องศา กับระนาบพื้นผิว และพื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมุมมีขนาดเล็กลง

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน

4. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปความรู้โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

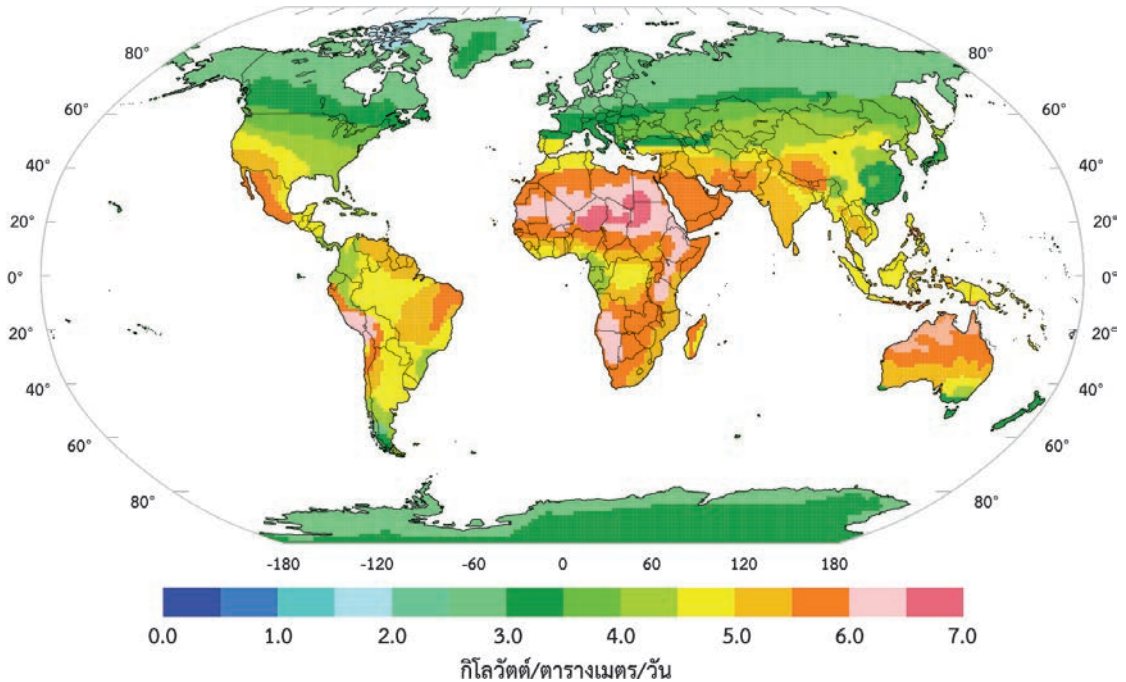
โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลม จึงส่งผลให้มุมที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวโลกและขนาดของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์บริเวณละติจูดต่าง ๆ แตกต่างกัน โดยบริเวณพื้นผิวโลกที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับระนาบของพื้นผิว ขนาดของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์จะน้อยที่สุด และขนาดพื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นหากมุมรังสีตกกระทบมีค่าลดลง

5. จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ คือ พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในหนึ่งหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (จุลต่อวินาทีต่อตารางเมตร หรือ วัตต์ต่อตารางเมตร)

6. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียน โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจว่า “หากมุมในการรับรังสีมีผลต่อปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ นักเรียนคาดว่าระหว่างบริเวณแถบศูนย์สูตรกับบริเวณขั้วโลก บริเวณใดมีพลังงานต่อพื้นที่มากกว่ากัน”

แนวคำตอบ บริเวณศูนย์สูตรมีพลังงานต่อพื้นที่มากกว่าบริเวณขั้วโลก

****หมายเหตุ**** ครูอาจให้นักเรียนศึกษาภาพด้านล่างซึ่งแสดงความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณได้รับในรอบวัน ค่าเฉลี่ยในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2526 – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 (ดัดแปลงจาก CSIRO, พ.ศ. 2554)



7. ครูนำอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการที่แกนหมุนโลกเอียง 23.5 องศา กับแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ทำให้ตำแหน่งที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากกับพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปในรอบ 1 ปีโดยใช้รูปที่ 7.7 ในหนังสือเรียนหน้า 13 เพื่อให้ได้องค์ความรู้ดังนี้
 - จะสังเกตเห็นว่าในรอบ 1 ปี ตำแหน่งที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากกับพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของโลกในวงโคจร ดังนี้
 - ตำแหน่งที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาเหนือ
 - ตำแหน่งที่ 2 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากที่เส้นศูนย์สูตร
 - ตำแหน่งที่ 3 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาใต้
 - ตำแหน่งที่ 4 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากที่เส้นศูนย์สูตรและเมื่อโลกโคจรครบรอบกลับมาที่ตำแหน่งที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์จะตกตั้งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาเหนือ เป็นต้นในรอบ 1 ปี
 - จากความรู้ข้างต้นทำให้ทราบว่ารังสีดวงอาทิตย์จะไม่ตกตั้งฉากพื้นผิวโลกในละติจูดสูงกว่า 23.5 องศาเหนือและใต้ บริเวณศูนย์สูตรถึงละติจูดดังกล่าวจึงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยมากกว่าบริเวณอื่นที่อยู่ละติจูดสูงขึ้นไป
8. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียน โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจว่า “ในรอบ 1 ปี รังสีดวงอาทิตย์จะตกกระทบพื้นผิวโลกในแนวตั้งฉาก ณ บริเวณเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด”

แนวคำตอบ ไม่ โดยบริเวณที่รังสีดวงอาทิตย์ตกทำมุมกับระนาบพื้นผิวโลกในแนวตั้งฉากจะเปลี่ยนแปลงไปในรอบ 1 ปี เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียงทำมุม 23.5 องศา กับแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

9. ครูนำอภิปรายตามความคิดเห็นของนักเรียนโดยใช้คำถามดังนี้ “บรรยากาศมีทั้งไอน้ำ ฝุ่น เหม่า ละอองเกลือ และเมฆ นักเรียนคิดว่าสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกอย่างไร” เพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาปัจจัยเรื่องเมฆและละอองลอยที่มีผลต่อการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์
10. ให้นักเรียนทำกิจกรรม 7.3



กิจกรรม 7.3 แสงกับควีน

จุดประสงค์กิจกรรม

ทดลองและอธิบายผลของละอองลอยที่มีต่อความเข้มของแสง

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|----------|
| 1. ตูปลา ขนาด 8 นิ้ว | 1 ตู้ |
| 2. แผ่นพลาสติกลูกฟูก (ขนาดใหญ่กว่าตูปลาเล็กน้อย) | 1 แผ่น |
| 3. ไฟฉาย | 1 กระบอก |
| 4. รูป | 1 ดอก |
| 5. ไม้ขีดไฟ | 1 กลั๊ก |
| 6. ลักซ์มิเตอร์ | 1 อัน |
| 7. ขาดังพร้อมที่จับ | 2 ชุด |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

อาจใช้โปรแกรมวัดแสงผ่านมือถือแทนการใช้เครื่องลักซ์มิเตอร์ โดยค้นหาโปรแกรมวัดแสงด้วยคำค้นว่า “Lux meter” “Light meter”

วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ดังนี้
 - 1.1 ยึดกระบอกไฟฉายกับขาตั้งชุดที่ 1 และยึดลักซ์มิเตอร์กับขาตั้งชุดที่ 2
 - 1.2 วางขาตั้งที่ยึดกระบอกไฟฉายและขาตั้งที่ยึดลักซ์มิเตอร์ไว้ด้านตรงข้ามกันของตูปลา โดยจัดอุปกรณ์ทั้งสองให้ห่างจากผนังตูปลา ด้านละ 10 เซนติเมตร วางแผ่นพลาสติกลูกฟูกปิดด้านบนของตูปลาให้สนิท ดังรูป



2. เปิดไฟฉายแล้วเปิดลักซ์มิเตอร์เพื่อวัดความเข้มแสงที่ผ่านตู้ปลา และบันทึกผล
3. นำรูปที่จุดแล้วไปใส่ในตู้ปลา ทิ้งไว้ 3 นาที ให้มีควั่นกระจายเต็มตู้ปลา จากนั้นวัดความเข้มแสง และบันทึกผล
4. นำเสนอผลการทำกิจกรรมและอภิปรายผลร่วมกัน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

	ไม่มีควั่นรูป (x10ลักซ์)	มีควั่นรูป (x10ลักซ์)
ครั้งที่ 1	322	193
ครั้งที่ 2	315	211
ครั้งที่ 3	341	202

สรุปผลการทำกิจกรรม

ความเข้มของแสงที่ผ่านตู้ปลาขณะที่ไม่มีควั่นรูปและมีควั่นรูปมีค่าแตกต่างกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ความเข้มแสงก่อนปล่อยและหลังปล่อยควั่นรูป แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ แตกต่างกัน โดยหลังจากปล่อยควั่นรูปในตู้ปลาความเข้มแสงที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลงเปรียบเทียบกับความเข้มแสงก่อนมีการปล่อยควั่นรูป
2. ความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงไปเพราะเหตุใด
แนวคำตอบ ความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากควั่นรูปมาบดบังแสงจากไฟฉาย ทำให้ปริมาณแสงที่มาถึงลักซ์มิเตอร์ลดลง

11. อภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรม 7.3 ให้เข้ากับเหตุการณ์จริงในธรรมชาติ ประเด็นเรื่องเมฆและละอองลอยสามารถบ่งชี้ได้จากดวงอาทิตย์ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์มาสู่พื้นผิวโลกลดลง โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - นักเรียนคิดว่าในบรรยากาศของเรจะมีสิ่งใดที่อาจทำให้บริเวณต่าง ๆ มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลงได้ในการทำงานเดียวกับควันธูปในกิจกรรม
 - แนวคำตอบ** เมฆ ฝุ่น และละอองลอยชนิดอื่นๆ
 - หมายเหตุ นักเรียนอาจจะยังไม่ตอบละอองลอย (สเปรย์ ควัน หมอก ฝุ่น เกลือ เขม่าจากการเผาไหม้ ละอองของกรดซัลฟิวริก แก๊สขนาดเล็กจากการระเบิดของภูเขาไฟ)
 - สิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงได้อย่างไร
 - แนวคำตอบ** เมฆและละอองลอยเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีคลื่นสั้นกลับสู่อวกาศและดูดกลืนรังสีบางส่วนไว้ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้น้อยลง ดังนั้นพื้นผิวโลกบริเวณใดที่มีเมฆและละอองลอยมาก บริเวณนั้นจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดน้อยกว่าบริเวณที่มีเมฆและละอองลอยปริมาณน้อย
12. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่านอกจากเมฆจะบดบังรังสีดวงอาทิตย์แล้ว เมฆยังดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ไว้ด้วย ซึ่งรังสีดังกล่าวสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและค่อย ๆ ปลดปล่อยออกสู่อากาศได้ ทำให้อุณหภูมิอากาศตอนกลางคืนในวันที่มีเมฆมีแนวโน้มสูงกว่าคืนที่ไม่มีเมฆ ดังนั้นในตอนกลางวันเมฆจะทำให้พื้นผิวโลกมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง ในขณะที่ตอนกลางคืนเมฆจะทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น
13. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้
 - เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศซึ่งมีไอน้ำ ฝุ่น เขม่า ละอองเกสร สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จัดเป็นละอองลอยซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในอากาศมีทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็งหรือของเหลว ละอองลอยเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีคลื่นสั้นกลับสู่อวกาศและดูดกลืนรังสีบางส่วนไว้ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้น้อยลง ดังนั้นพื้นผิวโลกบริเวณใดที่มีละอองลอยมากบริเวณนั้นจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดน้อยกว่าบริเวณที่มีละอองลอยน้อย ดังรูป 7.8 (ก) และ (ข) ในหนังสือเรียนหน้า 16
 - ในบรรยากาศนอกจากมีละอองลอยแล้วยังมีเมฆ ซึ่งเมฆและละอองลอยมีความเกี่ยวข้องกันคือ ละอองลอยทำหน้าที่เป็นอนุภาคแกนกลางการควบแน่นที่ทำให้เกิดเมฆ เมฆนี้มีหน้าที่ช่วยสะท้อนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ออกสู่อวกาศ ดังรูป 7.8 (ค) ในหนังสือเรียนหน้า 16 เมฆจึงมีผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกเช่นเดียวกับละอองลอย โดยในตอนกลางวันของวันที่มีเมฆมาก พื้นผิวโลกมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อยและมีอุณหภูมิต่ำกว่าในวันที่ปราศจากเมฆ

14. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกในแต่ละบริเวณแตกต่างกันเนื่องจากเมฆและละอองลอย โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 17 ดังนี้ “เมื่อเกิดไฟฟ้า พื้นที่ใกล้เคียงจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์เหมือนหรือแตกต่างจากก่อนเกิดไฟฟ้าอย่างไร เพราะเหตุใด”

แนวคำตอบ แตกต่าง โดยควันและเถ้าจากการเกิดไฟไหม้ป่าทำให้พื้นที่ใกล้เคียงจุดที่เกิดไฟฟ้าได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณลดลงเนื่องจากละอองลอยเหล่านั้นจะสะท้อน ดูดกลืน และกระเจิงรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนออกไป

15. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในหนังสือเรียนหน้า 17 จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

- เมื่อพิจารณาวิวัฒนาการของบรรยากาศของโลก ปริมาณแก๊สต่าง ๆ ในบรรยากาศโดยเฉพาะแก๊สเรือนกระจกเป็นดั่งเช่นในปัจจุบันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เป็นดั่งเช่นปัจจุบัน โดยยุคเริ่มแรกตามช่วงเวลาธรณีกาลนั้นบรรยากาศมีแก๊สเพียงไม่กี่ชนิด และยังไม่มียแก๊สเรือนกระจก ต่อมาเมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจึงทำให้มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเข้าสู่บรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน ไอน้ำ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศ และมีวิวัฒนาการจนมีสัดส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ ดั่งเช่นปัจจุบัน

- นักเรียนคิดว่าอุณหภูมิอากาศสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สเรือนกระจกหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สเรือนกระจก แก๊สเรือนกระจกมีสมบัติในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดบางส่วนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวโลกและปลดปล่อยพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีกลับคืนสู่พื้นผิวโลกอีกครั้ง พลังงานความร้อนส่วนนี้จะหมุนเวียนอยู่ภายในโลก ทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต แต่ถ้าบรรยากาศมีปริมาณแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้น จะทำให้แก๊สเรือนกระจกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและแผ่รังสีกลับสู่ผิวโลกได้มากขึ้น ส่งผลให้มีพลังงานความร้อนหมุนเวียนอยู่ภายในโลกเพิ่มขึ้นเช่นกัน

16. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมลองทำดูเรื่อง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิอากาศ เพื่อให้ นักเรียนเห็นผลของแก๊สเรือนกระจกต่ออุณหภูมิอากาศด้วยตนเอง

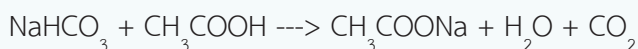


กิจกรรมลองทำดู แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิอากาศ

จัดชุดทดลอง โดยติดตั้งชุดทดลองและชุดควบคุมดังรูป ในชุดทดลอง เทน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) 100 มิลลิลิตร ลงในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ผงฟู (NaHCO_3) 1 ช้อนโต๊ะ ส่องไฟไปที่ขวดเก็บแก๊สและชุดควบคุมดังรูป จดบันทึกอุณหภูมิ ณ เวลาต่าง ๆ ดังตัวอย่าง วัตถุประสงค์การทดลองได้จาก QR CODE

ข้อเสนอแนะ

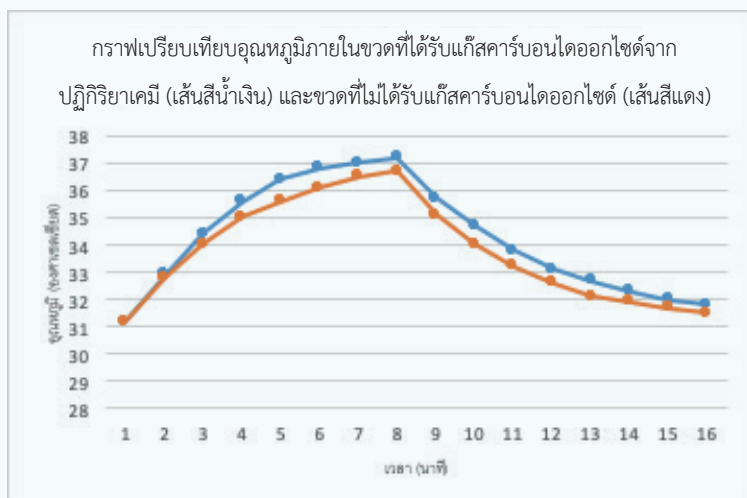
1. ควรทำการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูลที่ได้
2. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้อาจมีความคลาดเคลื่อน โดยอาจจะมียุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่ควรเป็นจริงอยู่เล็กน้อย



ข้อควรระวัง

1. พยายามทำให้ชุดทดลองเป็นระบบปิดมากที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์รั่วไหลออกจากระบบ
2. น้ำส้มสายชูอาจก่อความระคายเคืองต่อผิวหนังส่วนที่บอบบาง

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

ภายในขวดที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำในปริมาณมากกว่าจะมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าขวดที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำน้อยกว่า เมื่อให้ขวดทั้งสองได้รับแสงจากโคมไฟความเข้มเท่ากัน

17. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิอากาศโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 18 ดังนี้ “ถ้าในบรรยากาศไม่มีแก๊สเรือนกระจกจะส่งผลต่อพลังงานความร้อนที่หมุนเวียนอยู่ภายในโลกอย่างไร เพราะเหตุใด”

แนวคำตอบ ถ้าในบรรยากาศไม่มีแก๊สเรือนกระจก รังสีคลื่นยาวที่พื้นผิวโลกและบรรยากาศจะออกสู่อวกาศโดยตรง พลังงานความร้อนที่หมุนเวียนภายในโลกจะลดต่ำลง เนื่องจากแก๊สเรือนกระจกทำ

หน้าที่เสมือนผ้าห่มที่ดูดซับรังสีเหล่านี้ไว้ แล้วค่อยๆ คายกลับสู่พื้นผิวโลกและบรรยากาศอีกครั้ง

18. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “บริเวณสนามหญ้าและพื้นคอนกรีตบริเวณใดที่มองแล้วรู้สึกสบายตาเพราะเหตุใด และให้นักเรียนทำกิจกรรม 7.4



กิจกรรม 7.4 พื้นผิวกับการสะท้อนรังสี

วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบและอธิบายความแตกต่างของค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวที่กำหนด

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|-----------|
| 1. ลักซ์มิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 2. ดิน และน้ำแข็งใส | 1 ถาด |
| 3. ใบไม้แห้ง และใบไม้สด อย่างละ | 1 ถาด |
| 4. กระดาษสีขาว และกระดาษสีดำ อย่างละ | 1 แผ่น |
| 5. กระดาษผิวเรียบ และกระดาษผิวขรุขระ อย่างละ | 1 แผ่น |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. กระดาษสีขาวและกระดาษสีดำควรจะเป็นกระดาษชนิดเดียวกัน
2. ใบไม้แห้งและใบไม้สดควรจะเป็นใบไม้ชนิดเดียวกัน
3. กระดาษผิวเรียบ และกระดาษผิวขรุขระควรจะเป็นกระดาษชนิดเดียวกัน

ขั้นตอนการทำการกิจกรรม

1. เตรียมวัตถุที่ต้องการศึกษาให้มีปริมาณหรือขนาดเท่ากัน
2. นำอุปกรณ์ที่เตรียมจากข้อที่ 1 มาจัดวางบนโต๊ะที่สะอาด
3. วัดความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุ โดยถือหัววัดของลักซ์มิเตอร์ในแนวนอน และหันตัววัดเข้าหาพื้นผิวของวัตถุ ให้มีระยะห่าง 10 เซนติเมตร ดังรูป 1 บันทึกค่า ทำการวัด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย
4. วัดความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุแต่ละชนิด โดยพลิกหัววัดของลักซ์มิเตอร์ขึ้นด้านบน และให้มีระยะห่างจากพื้นผิวของวัตถุเท่าเดิม ดังรูป 2 บันทึกค่า ทำการวัด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย



รูป ก



รูป ข

5. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 แต่เปลี่ยนชนิดวัตถุที่เตรียมไว้จนครบ โดยคงระยะห่างจากวัตถุและหัววัดเท่าเดิมทุกครั้ง
6. คำนวณอัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุต่อความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุแต่ละชนิด และบันทึกผล
7. นำเสนอผลการทำการกิจกรรม และอภิปรายร่วมกัน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3			
	แสงสะท้อนจากวัตถุ	แสงที่ตกกระทบบนผิวของวัตถุ	อัตราส่วนรังสีสะท้อน	แสงสะท้อนจากวัตถุ	แสงที่ตกกระทบบนผิวของวัตถุ	อัตราส่วนรังสีสะท้อน	แสงสะท้อนจากวัตถุ	แสงที่ตกกระทบบนผิวของวัตถุ	แสงสะท้อนจากวัตถุ	แสงที่ตกกระทบบนผิวของวัตถุ	อัตราส่วนรังสีสะท้อน	Albedo เฉลี่ย
ดิน	142	889	0.16	130	848	0.15	127	813	127	813	0.16	0.16
น้ำแข็งใส	345	749	0.46	345	736	0.47	351	739	351	739	0.47	0.47
ใบไม้แห้ง	115	899	0.13	111	857	0.13	112	815	112	815	0.14	0.13
ใบไม้สด	144	817	0.18	130	866	0.15	139	821	139	821	0.17	0.17
กระดาษสีขาว	507	911	0.56	449	826	0.54	463	828	463	828	0.56	0.55
กระดาษสีดำ	93	867	0.11	94	804	0.12	110	828	110	828	0.13	0.12
กระดาษผิวขรุขระ	487	867	0.57	458	806	0.57	440	827	440	827	0.53	0.56

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่า อัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุ มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นผิววัตถุที่ต่างกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุชนิดเดียวกันมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน โดยความสว่างของแสงสะท้อนจากพื้นผิวหนึ่ง ๆ จะน้อยกว่าแสงที่มาตกกระทบพื้นผิวนั้นเสมอ

2. สีของวัตถุมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ มีผล พื้นผิวสีเข้มมีอัตราส่วนรังสีสะท้อนต่ำกว่าพื้นผิวสีอ่อนกว่า

3. ความเรียบของพื้นผิววัตถุมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ความเรียบของพื้นผิวมีผลต่ออัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยพื้นผิวเรียบมีอัตราส่วนรังสีสะท้อนมากกว่าพื้นผิวชนิดเดียวกันที่มีความขรุขระมากกว่า

4. ชนิดของพื้นผิววัตถุ มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ชนิดของพื้นผิววัตถุมีผลต่ออัตราส่วนรังสีสะท้อนพบว่าพื้นผิวต่างชนิดกันจะมีอัตราส่วนรังสีสะท้อนแตกต่างกัน

5. เรียงลำดับอัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุที่ศึกษา

แนวคำตอบ เรียงลำดับจากอัตราส่วนรังสีสะท้อนมากไปยังอัตราส่วนรังสีสะท้อนน้อย ดังนี้ กระจกขาวเรียบ > กระจกขาวขรุขระ > น้ำแข็งใส > ใบบัวสด > ดิน > ใบบัวแห้ง > กระจกสีดำ

19. กรุณานิยามเพื่อสรุปความรู้ มีแนวทางการสรุปดังนี้

- อัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุ มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นผิววัตถุที่ต่างกันในการทำงานเดียวกัน พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณก็มีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งชนิด สี และความเรียบของพื้นผิว ทำให้พื้นผิวโลกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้แตกต่างกัน ซึ่งแสดงด้วยอัตราส่วนของความเข้มรังสีที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัตถุต่อความเข้มรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นผิววัตถุ อัตราส่วนดังกล่าวเรียกว่า อัตราส่วนรังสีสะท้อน (albedo)

$$\text{อัตราส่วนรังสีสะท้อน} = \frac{\text{ความเข้มรังสีที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุ}}{\text{ความเข้มรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นผิววัตถุ}}$$

- พื้นผิวโลกบริเวณที่มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนมาก พื้นผิวนั้นจะสะท้อนรังสีในปริมาณที่มากกว่า แต่ดูดกลืนรังสีไว้ได้น้อยกว่าพื้นผิวโลกบริเวณที่มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนน้อย ดังรูป 7.11 ในหนังสือเรียนหน้า 21 และพบว่าลักษณะของพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันมีผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์

20. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับอัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 22 ดังนี้ “ถ้าหิมะปกคลุมบริเวณขั้วโลกหลอมเหลวไปจนเหลือแต่พื้นดิน อัตราส่วนรังสีสะท้อนจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร”

แนวคำตอบ อัตราส่วนรังสีสะท้อนจะเปลี่ยนแปลงไป ถ้าหิมะปกคลุมบริเวณขั้วโลกหลอมเหลวไปจนเหลือแต่พื้นดิน อัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยรวมของโลกจะลดต่ำลง

21. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกโดยมีแนวการสรุปดังต่อไปนี้

แนวทางการสรุป

- โลกมีกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงาน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน
- เมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ และพื้นผิวโลกเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
- บริเวณต่าง ๆ ของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลก ส่งผลให้พื้นผิวโลกบริเวณศูนย์สูตรมีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณขั้วโลก
- เมฆและละอองลอยมีผลต่อการสะท้อน การดูดกลืน และการกระเจิงรังสีกลับสู่อวกาศ บริเวณที่มีเมฆหรือละอองลอยมากทำให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้น้อยส่งผลให้มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง
- แก๊สเรือนกระจกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดบางส่วนที่แผ่มาจากพื้นผิวโลกและบรรยากาศแล้วแผ่รังสีนั้นกลับสู่พื้นผิวโลกอีกครั้ง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำมากจนเกินไป

- พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนแตกต่างกัน พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณจึงมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ส่งผลให้มีอุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก - สัณฐานและแกนเอียงของแกนหมุนโลก - เมฆ และละอองลอย - แก๊สเรือนกระจก - ลักษณะของพื้นผิวโลก	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถามและนำเสนอผลการทำกิจกรรม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานและการเอียงของแกนโลกต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์และผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ 2. การตอบคำถามและนำเสนอผลการทำกิจกรรม
A: 1. ความใจกว้าง 2. การยอมรับความเห็นต่าง	1. การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นในการอภิปราย 2. การให้ความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูก และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด

คำตอบ	ข้อความ
✗	1.1 เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมาสู่โลก จะมีเพียงชั้นบรรยากาศเท่านั้นที่สะท้อนรังสีกลับสู่อวกาศ (นอกจากชั้นบรรยากาศแล้วยังมีพื้นผิวโลกที่สะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์กลับสู่อวกาศ)
✓	1.2 ในเวลากลางวัน บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกจะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนกลับสู่อวกาศ
✗	1.3 ปริมาณพลังงานความร้อนที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้จะถูกปลดปล่อยเข้าสู่บรรยากาศทั้งหมด (พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลกบางส่วนจะถูกปลดปล่อยสู่อวกาศ)
✓	1.4 พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอไปอยู่ในบรรยากาศและทำให้อากาศเกิดการยกตัว
✓	1.5 การที่บรรยากาศแผ่รังสีส่วนหนึ่งที่ดูดกลืนไว้กลับมายังพื้นผิวโลก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำมากจนเกินไป
✓	1.6 พลังงานที่บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ ท้ายที่สุดจะถูกปลดปล่อยออกสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากัน
✗	1.7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก ได้แก่ เมฆ และพื้นผิวโลก (นอกจากเมฆและพื้นผิวโลกแล้วยังมีบรรยากาศที่เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการรักษาสมดุลพลังงานของโลก)
✓	1.8 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยพลังงานของโลก ได้แก่ การสะท้อน การแผ่รังสี การพาความร้อน การเปลี่ยนสถานะของน้ำ
✓	1.9 โลกปลดปล่อยพลังงานความร้อนกลับสู่อวกาศโดยเฉลี่ยเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่ได้รับจากดวงอาทิตย์
✓	1.10 การที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์เท่ากับพลังงานที่โลกปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน

2. ถ้าพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศน้อยกว่าปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มาสู่โลก แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเป็นเช่นไร

แนวคำตอบ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น

3. ปัจจัยหลักที่ทำให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศสูงกว่าบริเวณขั้วโลกมีอะไรบ้าง พร้อมทั้งอธิบาย

แนวคำตอบ ตำแหน่งละติจูด เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณใกล้ศูนย์สูตรจึงได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เกือบจะตั้งฉากทำให้มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มาก ในขณะที่บริเวณขั้วโลกอยู่ในตำแหน่งละติจูดที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นมุมเฉียงทำให้ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าบริเวณใกล้ศูนย์สูตร นอกจากนี้ประเทศไทยยังได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี

4. เมื่อเทียบบริเวณแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยฝุ่นควันเป็นจำนวนมากกับบริเวณป่าไม้ บริเวณใดมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากกว่ากัน เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ บริเวณป่าไม้มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากแหล่งอุตสาหกรรมมักจะมีละอองลอยซึ่งบดบังรังสีจากดวงอาทิตย์

5. เมื่อประมาณ 225 ล้านปีก่อน โลกมีแผ่นทวีปขนาดใหญ่เพียงแผ่นเดียวเรียกว่า พันเจีย ต่อมาทวีปเหล่านี้เคลื่อนตัวออกจากกันจนมีลักษณะเช่นในปัจจุบัน การที่ทวีปเคลื่อนตัวออกจากกันเป็นดังเช่นปัจจุบัน นักเรียนคิดว่าตำแหน่งและรูปร่างของแผ่นทวีปที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่ออัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยรวมของโลกเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร



225 ล้านปีก่อน



ปัจจุบัน

แนวคำตอบ เมื่อ 225 ล้านปีก่อน โลกมีแผ่นทวีปขนาดใหญ่เพียงแผ่นเดียวเป็นมหาทวีปปกคลุมพื้นที่จากซีกโลกเหนือถึงซีกโลกใต้ ต่อมาแผ่นทวีปได้เคลื่อนตัวออกจากกันจนมีลักษณะดังเช่นในปัจจุบัน ทำให้ตำแหน่งของทวีปในแต่ละละติจูดเปลี่ยนแปลงไป หากพิจารณาสัดส่วนระหว่างพื้นที่ทวีปต่อพื้นมหาสมุทรในแต่ละบริเวณ จะเห็นว่าในปัจจุบันมีสัดส่วนที่แตกต่างจาก 225 ล้านปีก่อน จากความรู้ที่ว่าแต่ละบริเวณของโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่ต่างกัน เมื่อตำแหน่งของทวีปเปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้โลกมี

การสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป ยกตัวอย่างเช่น บริเวณขั้วโลกใต้ถึงบริเวณละติจูดที่ 60 องศาใต้ ซึ่งเดิมประกอบด้วยพื้นที่ทวีปขนาดใหญ่ที่ปกคลุมด้วยน้ำแข็ง ปัจจุบันได้ถูกแทนที่ด้วยมหาสมุทรซึ่งมีอัตราส่วนการสะท้อนรังสีต่ำกว่าน้ำแข็ง ส่งผลให้การสะท้อนรังสีเปลี่ยนแปลงไป จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทวีปและพื้นผิวปกคลุมเกิดได้ทุกบริเวณบนโลก ส่งผลให้อัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยรวมของโลกเปลี่ยนแปลงไป

หมายเหตุ

ภาพแผ่นทวีปด้านบนเป็นภาพที่ได้จากการโปรเจกต์โลกสามมิติมาเป็นสองมิติซึ่งอาจทำให้สัดส่วนบางอย่างไม่เป็นจริงร้อยเปอร์เซ็นต์



ipst.me/8846

บทที่

8

| การหมุนเวียนของอากาศบนโลก
(Atmospheric Circulation)

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

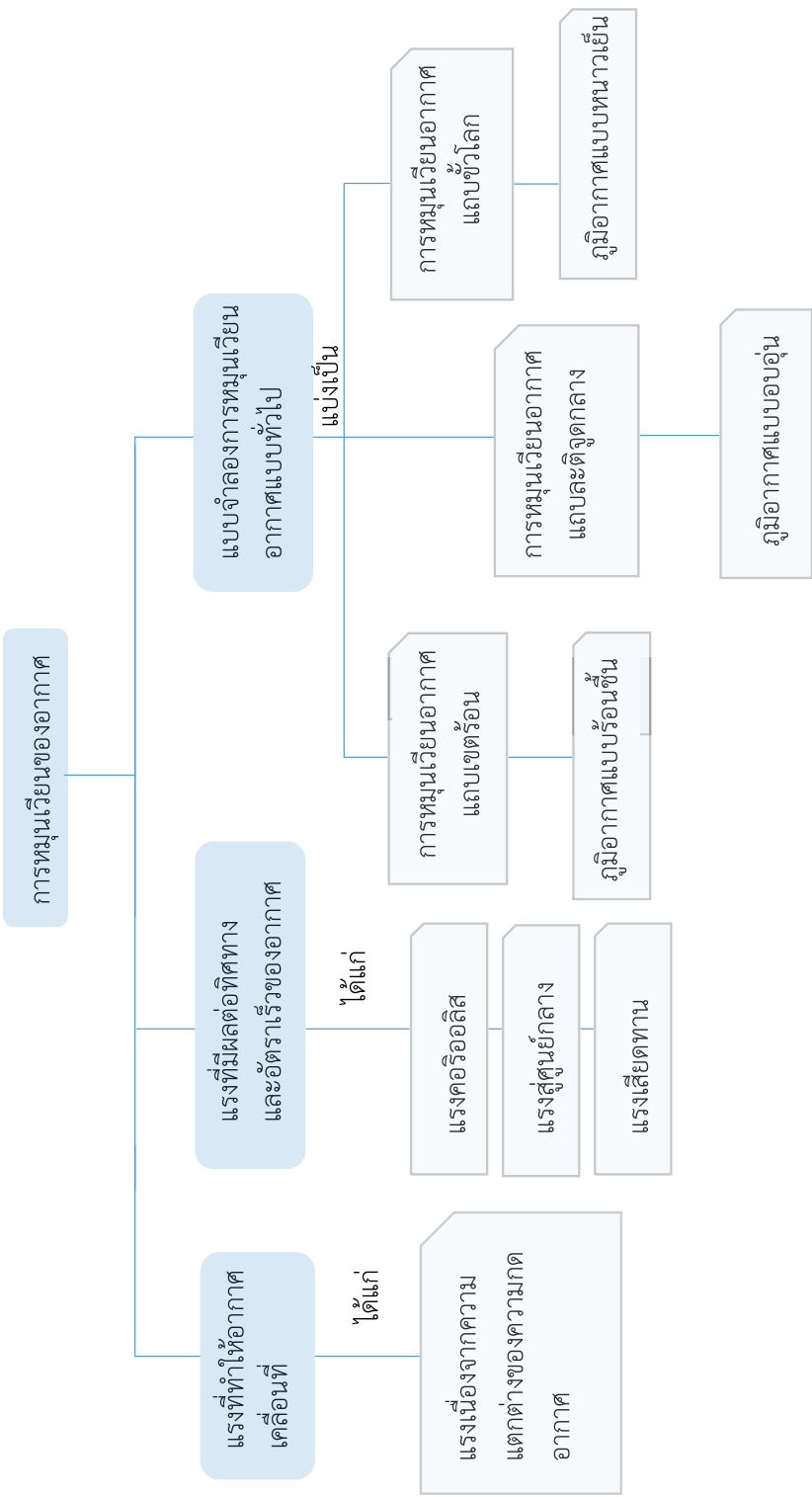
1. อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ
2. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นผลมาจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ
2. อธิบายผลของแรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกกับการเคลื่อนที่ของอากาศ
3. อธิบายผลของแรงสู่ศูนย์กลางกับการเคลื่อนที่ของอากาศ
4. อธิบายผลของแรงเสียดทานกับการเคลื่อนที่ของอากาศ
5. วิเคราะห์ และอธิบายการหมุนเวียนอากาศตามแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป
6. อธิบายความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับสเปกและสเปกกับเวลา 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การยอมรับความเห็นต่าง

ผังมโนทัศน์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละบริเวณทำให้เกิดแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ



การเคลื่อนที่ของอากาศต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวตั้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศ



ทิศทางการเคลื่อนที่และอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศขึ้นอยู่กับแรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทาน



การหมุนเวียนของอากาศบนโลกอธิบายได้ด้วยแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป



แบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศแบบทั่วไป แบ่งการหมุนเวียนอากาศเป็น 3 รูปแบบตามแถบละติจูด ได้แก่ การหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อน หรือแอตลีย์เซลล์ การหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลาง หรือเฟอร์เรลเซลล์ และการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลก หรือ โพลาร์เซลล์



การหมุนเวียนอากาศในแต่ละแถบละติจูดทำให้เกิดภูมิอากาศที่แตกต่างกัน คือ ภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แบบอบอุ่น และแบบหนาวเย็น

สาระสำคัญ

การหมุนเวียนของอากาศเกิดขึ้นจากความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างสองบริเวณ โดยอากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบ และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวดิ่งจะพบว่าอากาศเหนือบริเวณความกดอากาศต่ำจะมีการยกตัวขึ้น ขณะที่อากาศเหนือบริเวณความกดอากาศสูงจะจมตัวลงโดยการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวราบและแนวดิ่งนี้ทำให้เกิดเป็นการหมุนเวียนของอากาศ

การหมุนรอบตัวเองของโลกจะทำให้เกิดแรงคอริโอลิสซึ่งมีผลให้ทิศทางของการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไป โดยอากาศที่เคลื่อนที่ในบริเวณซีกโลกเหนือจะเบนไปทางขวาจากทิศทางเดิม ส่วนบริเวณซีกโลกใต้จะเบนไปทางซ้ายจากทิศทางเดิม เช่น ลมค้า มรสุม แต่ละบริเวณของโลกมีความกดอากาศแตกต่างกัน ประกอบกับอิทธิพลจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้อากาศในแต่ละซีกโลกเกิดการหมุนเวียนของอากาศตามเข็มนาฬิกา แบ่งออกเป็น ๓ แถบ โดยแต่ละแถบมีภูมิอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ การหมุนเวียนแถบขั้วโลกมีภูมิอากาศแบบหนาวเย็น การหมุนเวียนแถบละติจูดกลางมีภูมิอากาศแบบอบอุ่น และการหมุนเวียนแถบเขตร้อนมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

บริเวณรอยต่อของการหมุนเวียนอากาศแต่ละแถบละติจูดจะมีลักษณะลมฟ้าอากาศที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณใกล้ศูนย์สูตรมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณละติจูด ๓๐ องศา มีอากาศแห้งแล้ง ส่วนบริเวณละติจูด ๖๐ องศา อากาศมีความแปรปรวน

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 14 ชั่วโมง

- 1 การเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของอากาศ 6 ชั่วโมง
- 2 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก 4 ชั่วโมง
- 3 ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ 4 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

- 1. ความดันอากาศ ความกดอากาศ
- 2. การเกิดหยาดน้ำฟ้า
- 3. ลักษณะภูมิอากาศของโลก

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
อากาศชั้นมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศแห้ง	อากาศชั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศแห้ง
อากาศชั้นหนากว่าอากาศแห้ง	อากาศชั้นเบากว่าอากาศแห้ง



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อ	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง	✓
2	บริเวณที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบจะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบจะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูง)	✗
3	อากาศมีการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า	✓
4	อัตราเร็วลมขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความกดอากาศของสองบริเวณ และระยะห่างของสองบริเวณนั้น	✓
5	ลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน	✓
6	วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้เมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำ	✓
7	แรงกระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง	✓
8	ลมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปตะวันออกเฉียงเหนือ (ลมตะวันออกเฉียงเหนือคือ ลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้)	✗
9	เมื่อมองจากขั้วโลกเหนือจะเห็นโลกหมุนรอบตัวเองในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา	✓
10	ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น	✓
11	เมื่ออากาศยกตัวจนถึงจุดควบแน่น ละอองน้ำจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ และตกลงมาเป็นฝน	✓
12	อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะกักเก็บความชื้นได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ	✓
13	ความกดอากาศมีค่าลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น	✓

8.1 การเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3
2. วิดีทัศน์ใน QR ประจำบท

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาภาพนำบทในหน้า 25 แล้วร่วมกันอภิปรายตามความคิดเห็นของตนเอง โดยใช้คำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - ภูมิอากาศของพื้นที่ในรูปทั้ง 3 แตกต่างกันอย่างไร
 - ภูมิอากาศในบริเวณต่าง ๆ ของโลกแตกต่างกันเพราะเหตุใด
2. ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยใช้คำถามดังนี้
 - การที่แต่ละบริเวณบนโลกมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ส่งผลอย่างไรต่ออุณหภูมิอากาศ

แนวคำตอบ บริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อย
- อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของอากาศหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

3. ครูใช้คำถามนำ “การเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะมีลักษณะอย่างไร” ให้นักเรียนศึกษาได้จากกิจกรรม 8.1



กิจกรรม 8.1 การเคลื่อนที่ของอากาศ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันโดยใช้แบบจำลอง

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|------------------------------|---------------|
| 1. ขวดพลาสติกใสขนาด 1.5 ลิตร | 2. ใบ |
| 2. แผ่นปกพลาสติกใสขนาด A4 | 2. แผ่น |
| 3. น้ำอุ่น | 500 มิลลิลิตร |
| 4. น้ำเย็น | 500 มิลลิลิตร |
| 5. รูป | 1 ดอก |
| 6. ไม้ขีดไฟ | 1 กลั๊ก |

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูเตรียมขวดเจาะรูบนขวดไว้ให้นักเรียนหรือมอบหมายให้นักเรียนเตรียมขวดเจาะรูมาล่วงหน้า

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- 1) หากครูต้องการให้ผลการเคลื่อนที่ของควันรูปออกมาชัดเจน ครูอาจเลือกน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก โดยอุณหภูมิอาจแตกต่างกันตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส ขึ้นไป
- 2) ในขั้นตอนการสังเกตการเคลื่อนที่ของควันรูปในแบบจำลอง ครูอาจให้นักเรียนใช้ไฟฉายส่องด้านตรงกันข้ามกับผู้สังเกตเพื่อช่วยในการสังเกตได้ชัดเจนขึ้น

วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดทำชุดอุปกรณ์ดังนี้
 - 1.1 เจาะรูที่ข้างขวดพลาสติกทั้งสองใบ ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ขวดละ 2 ตำแหน่ง ให้อยู่ในแนวเดียวกัน โดยให้ตำแหน่งแรกอยู่สูงจากก้นขวด 8 เซนติเมตร และตำแหน่งที่สองอยู่สูงจากตำแหน่งแรก 8 เซนติเมตร ดังรูป
 - 1.2 ม้วนแผ่นปกพลาสติกใสตามแนวยาวให้มีลักษณะเป็นท่อ ให้มีขนาดพอดีกับรูที่เจาะจำนวน 2 ท่อ ดังรูป



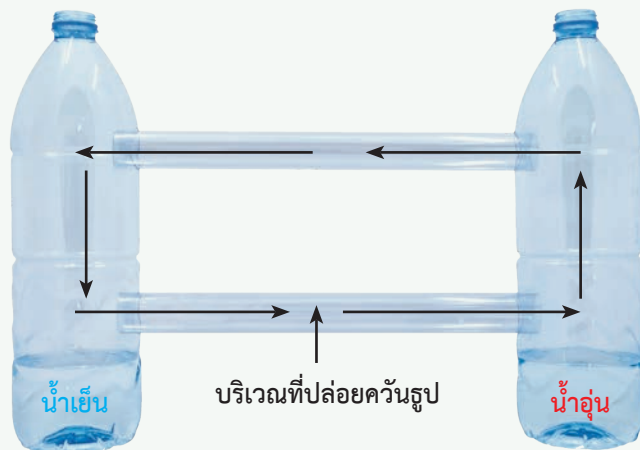
2. ใส่ น้ำเย็น ลงในขวดใบที่ 1 และใส่น้ำอุ่นลงในขวดใบที่ 2 ให้ระดับน้ำสูง 6 เซนติเมตร
3. นำท่อพลาสติกที่เตรียมไว้มาเชื่อมต่อระหว่างขวดทั้งสองใบ ดังรูป



4. จี๊ปลายรูปที่จุดแล้วที่กึ่งกลางของท่อพลาสติกท่อล่าง ถือค้ำไว้จนเห็นการเคลื่อนที่ของคว้นรูป
5. สังเกตการเคลื่อนที่ของคว้นรูประหว่างขวดทั้งสองใบ และบันทึกผล
6. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 – 5 แต่เปลี่ยนไปใช้น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากันในขวดทั้งสองใบ สังเกตการเคลื่อนที่ของคว้นรูประหว่างขวดทั้งสองใบ และบันทึกผล

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

- แบบจำลองที่ 1 น้ำในขวดเป็นน้ำเย็นและน้ำอุ่น



หมายเหตุ ลูกศรแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของควันรูป

- แบบจำลองที่ 2 น้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิเท่ากัน



หมายเหตุ ลูกศรแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของควันรูป

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อความกดอากาศในขวดทั้งสองใบไม่เท่ากันส่งผลให้อากาศเคลื่อนที่และหมุนเวียนระหว่างขวดสองใบ ซึ่งสังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของควันรูปภายในขวด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิต่างกัน คำนวณที่มีการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ คำนวณ มีการเคลื่อนที่ โดยคำนวณ เคลื่อนที่จากบริเวณที่ปล่อยคำนวณไปยังขวดที่ใส่น้ำอุ่นจากนั้นคำนวณยกตัวสูงขึ้น คำนวณส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ผ่านท่อด้านบนไปยังขวดที่บรรจุน้ำเย็น และจมตัวลงด้านล่างขวดจากนั้นจึงเคลื่อนที่กลับมาทางท่อด้านล่างไปยังขวดที่บรรจุน้ำอุ่น
2. เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิเท่ากัน คำนวณมีการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ คำนวณ มีการเคลื่อนที่เล็กน้อย โดยคำนวณ เคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่ปล่อยคำนวณไปยังขวดทั้งสองขวดเท่า ๆ กัน
3. เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิต่างกัน ความกดอากาศในขวดเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิต่างกัน ความกดอากาศในขวดทั้งสองไม่เท่ากัน โดยในขวดที่บรรจุน้ำอุ่นมีความกดอากาศต่ำกว่าขวดที่บรรจุน้ำเย็น
4. เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิเท่ากัน ความกดอากาศในขวดต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อน้ำในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิเท่ากัน ความกดอากาศในขวดทั้งสองเท่ากัน
5. การเคลื่อนที่ของคำนวณในข้อ 1 และ 2 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ ต่างกัน โดยคำนวณในข้อที่ 1 เคลื่อนที่จากบริเวณที่ปล่อยคำนวณไปยังขวดที่ใส่น้ำอุ่นจากนั้นคำนวณยกตัวสูงขึ้น คำนวณส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ผ่านท่อด้านบนไปยังขวดที่บรรจุน้ำเย็น และจมตัวลงด้านล่างขวดจากนั้นจึงเคลื่อนที่กลับมาทางท่อด้านล่างไปยังขวดที่บรรจุน้ำอุ่น เกิดการเคลื่อนที่หมุนเวียน ในขณะที่คำนวณในข้อที่ 2 เคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่ปล่อยคำนวณไปยังขวดทั้งสองขวดเท่า ๆ กัน ไม่เกิดการเคลื่อนที่หมุนเวียน จึงพบว่า การหมุนเวียนของอากาศจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศในขวดทั้งสองใบมีอุณหภูมิหรือความกดอากาศไม่เท่ากัน

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
5. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปความรู้เรื่อง แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

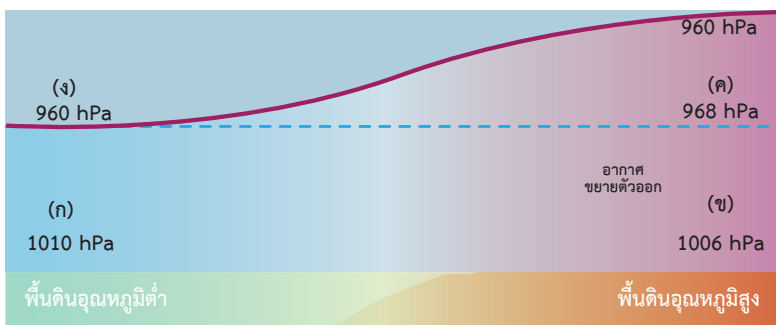
บริเวณพื้นผิวโลกที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลให้บริเวณนั้นมีความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ ในทางกลับกันบริเวณพื้นผิวโลกที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความกดอากาศสูงกว่าบริเวณโดยรอบ เมื่อความกดอากาศระหว่างสองบริเวณแตกต่างกันจะเกิดแรงที่ทำให้อากาศเคลื่อนที่ เรียกแรงนี้ว่า **แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ (pressure gradient force)** โดยอากาศ

จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า และอากาศจะเคลื่อนที่หมุนเวียนต่อเนื่องกัน

6. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับ การหมุนเวียนของอากาศ โดยใช้รูป 8.1 หน้า 30 และ 8.2 หน้า 31 ดังนี้
 - ถ้าพื้นผิวโลกสองบริเวณมีอุณหภูมิเท่ากันส่งผลให้ความกดอากาศของสองบริเวณเท่ากัน และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศตามระดับความสูงพบว่า การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศของสองบริเวณจะลดลงตามระดับความสูงในอัตราที่เท่ากันดังรูป ดังนั้นที่ระดับความสูงเดียวกันจึงไม่เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบ

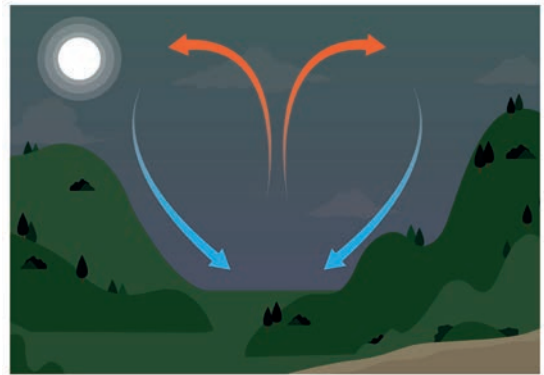
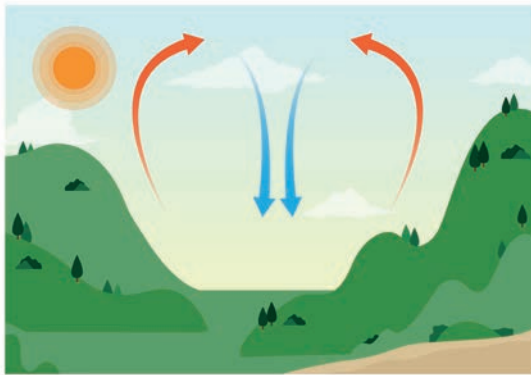


- หากพื้นผิวโลกสองบริเวณมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ความกดอากาศของทั้งสองบริเวณแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศตามระดับความสูงพบว่า การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศของสองบริเวณจะลดลงตามระดับความสูงในอัตราที่ต่างกัน จากรูป 8.2 หน้า 31 พบว่า อากาศเคลื่อนที่จากบริเวณความกดอากาศสูง (ก) ไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำ (ข) และเนื่องจากบริเวณ (ข) มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณ (ก) ทำให้อากาศ บริเวณ ข ขยายตัว ความกดอากาศจึงลดลงตามระดับความสูงในอัตราที่น้อยกว่าบริเวณ (ก) ดังนั้นหากพิจารณาที่ระดับความสูงเดียวกันพบว่า ความกดอากาศเหนือบริเวณ (ค) สูงกว่าเหนือบริเวณ (ง) จึงทำให้อากาศเคลื่อนที่จากบริเวณความกดอากาศสูง (ค) ไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำกว่า (ง) และในบริเวณ (ง) อากาศบางส่วนจะจมตัวลงมาแทนที่อากาศบริเวณ (ก) ที่เคลื่อนที่ไปยังบริเวณ (ข) เกิดเป็นการหมุนเวียนของอากาศดังรูปด้านล่าง



7. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศ โดยให้นักเรียนอธิบายพร้อมวาดเส้นทางการหมุนเวียนของลมหุบเขา

แนวคำตอบ ลมหุบเขาเกิดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอากาศบริเวณยอดเขา ลาดเขา และหุบเขา โดยพบว่าในเวลากลางวันบริเวณลาดเขาได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศบริเวณนั้นขยายตัวและยกตัวสูงขึ้น ในขณะที่บริเวณหุบเขายังคงมีอุณหภูมิต่ำ อากาศบริเวณนั้นจะจมตัวลงเกิดเป็นการหมุนเวียนอากาศดังรูป ด้านล่าง (ก) ส่วนในเวลากลางคืนจะเกิดในลักษณะตรงกันข้ามกับในเวลากลางวัน กล่าวคืออากาศใกล้ลาดเขาที่อุณหภูมิต่ำจะจมตัวลงในขณะที่อากาศเหนือหุบเขาอุ่นกว่าจะยกตัวขึ้น เกิดเป็นการหมุนเวียนอากาศดังรูป ด้านล่าง (ข)

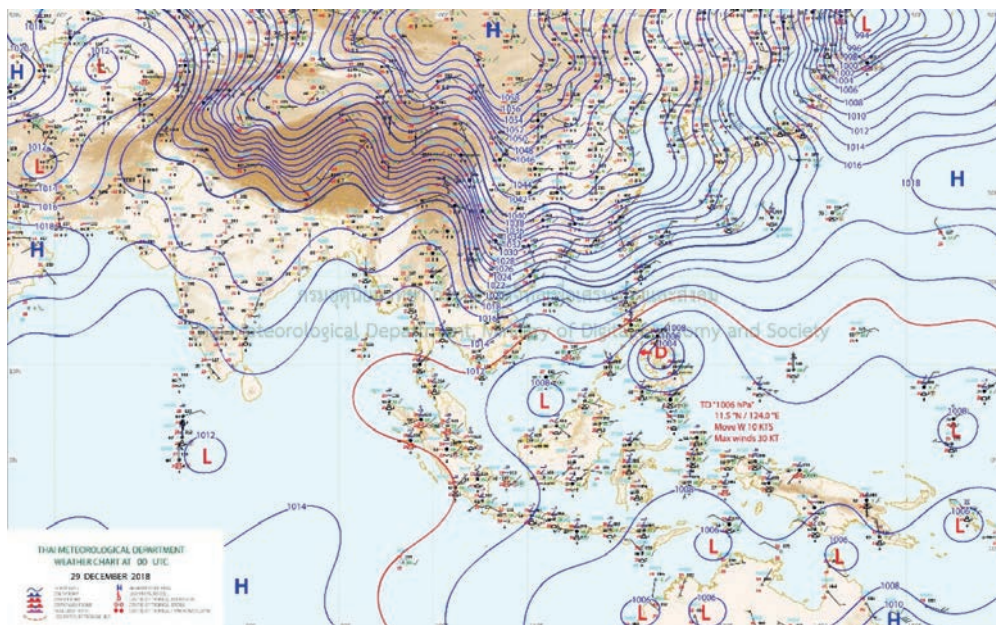


ลักษณะการเกิดลมหุบเขา ก. เวลากลางวัน ข. เวลากลางคืน

8. ให้นักเรียนสังเกตรูป 8.4 ในหนังสือเรียนหน้า 32 และร่วมกันอภิปรายเพื่อเข้าสู่เนื้อหาแรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยใช้คำถามดังนี้

- ในฤดูหนาว ระหว่างบริเวณตอนบนของประเทศจีนเปรียบเทียบกับบริเวณอ่าวไทยและบริเวณทะเลอันดามัน บริเวณใดมีความกดอากาศสูงกว่ากัน

แนวคำตอบ ในฤดูหนาวประเทศจีนมีความกดอากาศสูงกว่าบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน สังเกตได้จากการตรวจวัดความกดอากาศ ซึ่งแสดงผลอยู่ในแผนที่อากาศและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยารูปแบบอื่น ๆ ดังตัวอย่างด้านล่างซึ่งเป็นแผนที่อากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ประจำวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2561 พบว่าตอนกลางของประเทศจีนมีความกดอากาศสูงถึง 1058 hPa ในขณะที่ประเทศไทยมีความกดอากาศสูงสุดเพียง 1016 hPa



- จากรูปแผนที่อากาศในฤดูหนาวจะเห็นว่า มีบริเวณความกดอากาศสูงอยู่บริเวณประเทศจีน ในขณะที่บริเวณทะเลอันดามันมีความกดอากาศต่ำ นักเรียนคิดว่าระหว่างประเทศจีนกับบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน อากาศจะมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร

แนวคำตอบ อากาศจะเคลื่อนที่จากประเทศจีนลงมาสู่อ่าวไทยและทะเลอันดามันผ่านประเทศไทยในแนวเหนือใต้

- จากรูป 8.4 ในหนังสือเรียนหน้า 32 แสดงลมอะไร และลมดังกล่าวมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร

แนวคำตอบ ลมที่แสดงในรูปคือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดจากประเทศจีนผ่านประเทศไทยจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

- นักเรียนคิดว่าเหตุใดมรสุมตะวันออกเฉียงใต้จึงไม่พัดในแนวเหนือใต้ แต่พัดในแนวเฉียง

แนวคำตอบ ตอบตามความคิดของนักเรียน

9. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 8.2



กิจกรรม 8.2 การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นที่กำลังหมุน

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นที่หยุดนิ่งและบนพื้นที่กำลังหมุน
2. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนผิวโลกในซีกโลกเหนือและในซีกโลกใต้ โดยใช้แบบจำลอง

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|--------|
| 1. ดินน้ำมันก้อนใหญ่ | 1 ก้อน |
| 2. สีส้มอาหาร | 1 ขวด |
| 3. กระดาษเทาขาว ขนาด 50 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร | 2 แผ่น |
| 4. แผ่นพลาสติกลูกฟูก ขนาด 60 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร | 2 แผ่น |
| 5. หมุดทองเหลืองสองขา หรือหมุดติดบอร์ดหัวแบน | 2 อัน |
| 6. ตะเกียบ | 1 คู่ |
| 7. ภาชนะใส่สีส้มอาหาร | 1 ใบ |

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูควรเตรียมชุดอุปกรณ์ในข้อที่ 1 ไว้ให้นักเรียน หรือมอบหมายให้นักเรียนเตรียมมาล่วงหน้าเพื่อความรวดเร็วในการทำกิจกรรม

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. กระดาษเทาขาวที่ใช้ต้องเรียบไม่โค้งงอ
2. หลังจากปล่อยดินน้ำมันลงจากฐานปล่อย หากเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันไม่ชัดเจน ครูอาจให้นักเรียนใช้ปากกาสีที่แตกต่างกันลากเส้นทับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันบนแผ่นจำลองซีกโลกในแต่ละครั้ง เพื่อให้สังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ชัดเจนขึ้น
3. จัดฐานปล่อยให้มั่นคงก่อนเริ่มกิจกรรม โดยอาจใช้เทปกาวสองหน้าแบบบางติดที่ฐานปล่อย และระวังไม่ให้แผ่นพลาสติกลูกฟูกขยับขณะทำกิจกรรม
4. ก่อนการทำกิจกรรม ครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับการสังเกตทิศทางการหมุนแผ่นจำลองซีกโลกของแต่ละซีกโลกว่าในธรรมชาติ โลกหมุนรอบตัวเองในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ถ้าผู้สังเกตอยู่ที่ซีกโลกเหนือจะเห็นโลกหมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนผู้สังเกตที่อยู่ซีกโลกใต้จะเห็นโลกหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

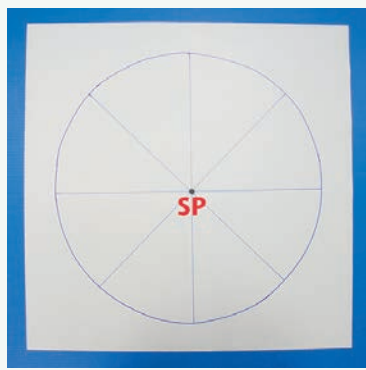
วิธีทำกิจกรรม

1. จัดทำชุดอุปกรณ์ดังนี้

- 1.1 สร้างแผ่นจำลองซีกโลกเหนือและแผ่นจำลองซีกโลกใต้ โดยวาดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ลงบนกึ่งกลางของกระดาษเทาขาวขนาด 50 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น แล้วลากเส้นลองจิจูดของโลกห่างกันเส้นละ 45 องศา
- 1.2 นำแผ่นจำลองซีกโลกวางบนแผ่นพลาสติกลูกฟูกขนาด 60 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร จากนั้นยึดให้ติดกันด้วยหมุดตรงจุดศูนย์กลางของแผ่นวงกลม โดยให้สามารถหมุนแผ่นจำลองซีกโลกได้ครบรอบ ทั้งนี้ กำหนดตำแหน่งหมุดเป็นขั้วโลกเหนือ (NP) และขั้วโลกใต้ (SP) ตามลำดับ และขอบวงกลมเป็นเส้นศูนย์สูตร ดังรูป 1 และ 2

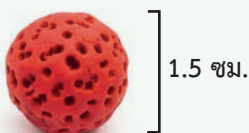


รูป 1

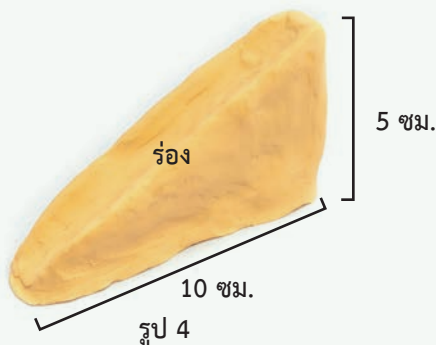


รูป 2

- 1.3 ปั้นดินน้ำมันเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ทำให้ผิวเป็นรูปพรุนโดยรอบด้วยปากกาหรือดินสอ ดังรูป 3
- 1.4 ปั้นดินน้ำมันเป็นทรงสามเหลี่ยมมุมฉากเพื่อใช้เป็นที่พักยึดก้อนดินน้ำมันให้มีความยาว 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตรและหนา 2 เซนติเมตร โดยทำร่องให้มีลักษณะเป็นราง ดังรูป 4

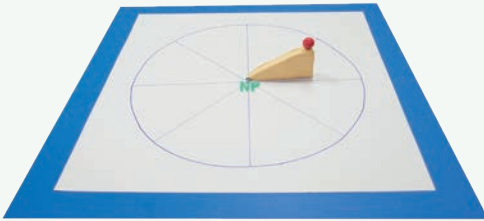


รูป 3



รูป 4

2. นำแท่นดินน้ำมันมาวางบนแผ่นจำลองซีกโลกเหนือ โดยให้ปลายด้านล่างอยู่ที่ตำแหน่งขั้วโลก
3. ใช้ตะเกียบคียบดินน้ำมันชุบสีผสมอาหารที่เตรียมไว้ แล้วปล่อยดินน้ำมันจากแท่น ให้มีทิศทางจากตำแหน่งขั้วโลกเหนือไปยังศูนย์สูตร โดยไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดังรูป 5 สังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน และบันทึกผล
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 และ 3 แต่เปลี่ยนเป็นแผ่นจำลองซีกโลกใต้ ดังรูป 6

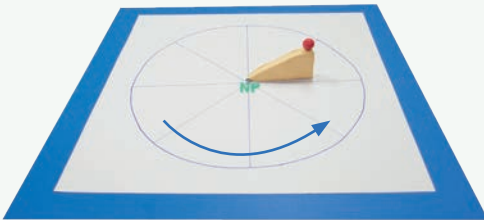


รูป 5

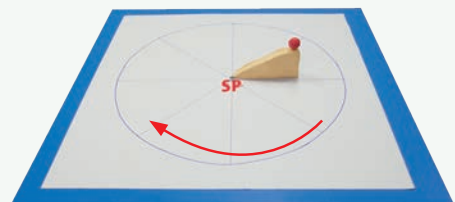


รูป 6

5. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 4 แต่แผ่นจำลองซีกโลกเหนือให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา และแผ่นจำลองซีกโลกใต้ให้หมุนตามเข็มนาฬิกา สังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน และบันทึกผล

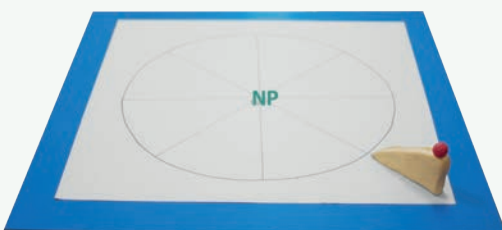


รูป 7



รูป 8

6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 ถึง 5 แต่เปลี่ยนตำแหน่งวางแท่นดินน้ำมัน โดยให้ปลายด้านล่างหันจากด้านศูนย์สูตรเข้าสู่ขั้วโลก ดังรูป 9 และ 10



รูป 9



รูป 10

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



รูป 11



รูป 12

หมายเหตุ เส้นทึบแทนการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันโดยไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ส่วนเส้นประแทนการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะหมุนแผ่นจำลองซีกโลก

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่า เส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกันเมื่อหมุนและไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อหมุนแผ่นจำลองซีกโลก ทิศทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันยังแตกต่างกันระหว่างแผ่นจำลองซีกโลกทั้งสอง

คำถามท้ายกิจกรรม

- เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งขั้วโลกเหนือไปยังศูนย์สูตร เส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน ในขณะที่ไม่หมุนและไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ เส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกัน โดยในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวเส้นลองจิจูด แต่ในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางขวาเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก
- เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกเหนือ เส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน ในขณะที่ไม่หมุนและไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ เส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกัน โดยในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวเส้นลองจิจูด แต่ในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางขวาเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

3. เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งขั้วโลกเหนือไปยังศูนย์สูตร หรือปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกเหนือ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันขณะกำลังหมุนนั้น เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันเหมือนกัน โดยดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางขวาเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

4. เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งขั้วโลกใต้ไปยังศูนย์สูตร เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน ในขณะที่ไม่หมุนและไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกัน โดยในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวเส้นลองจิจูด แต่ในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

5. เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกใต้ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมัน ในขณะที่ไม่หมุนและไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกัน โดยในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวเส้นลองจิจูด แต่ในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก ดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

6. เมื่อปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งขั้วโลกใต้ไปยังศูนย์สูตร หรือปล่อยดินน้ำมันจากตำแหน่งศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกใต้ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันขณะกำลังหมุนนั้น เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันเหมือนกัน โดยดินน้ำมันมีการเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

7. เส้นทางเคลื่อนที่ของดินน้ำมันบนแผ่นจำลองซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ขณะกำลังหมุนนั้น เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ การหมุนแผ่นจำลองซีกโลกส่งผลให้ดินน้ำมันเคลื่อนที่เบนเป็นเส้นโค้งเช่นเดียวกัน แต่บนแผ่นจำลองซีกโลกเหนือดินน้ำมันจะเคลื่อนที่เบนไปทางขวาเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก แต่บนแผ่นจำลองซีกโลกใต้ดินน้ำมันจะเคลื่อนที่เบนไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันในขณะที่ไม่หมุนแผ่นจำลองซีกโลก

10. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามดังแสดงด้านบน
11. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับแรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ตามหนังสือเรียนหน้าที่ 35 - 37 และนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมที่ 8.2 กับทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในธรรมชาติ โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอธิบาย จากกิจกรรม จะพบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันแตกต่างกัน ขณะที่แผ่นจำลองซีกโลกหมุนและไม่หมุน และทิศทางการเคลื่อนที่ยังแตกต่างกันระหว่างแผ่นจำลองซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้

ในธรรมชาติอากาศมีการเคลื่อนที่เบนไปจากทิศทางเดิมได้เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงชนิดหนึ่งที่เราเรียกว่า **แรงคอริโอลิส** ซึ่งมีผลทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไปจากทิศทางการเคลื่อนที่เดิม ถ้าผู้สังเกตอยู่บนซีกโลกเหนือและหันหน้าไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ จะสังเกตเห็นแนวการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไปทางขวามือของผู้สังเกต แต่ถ้าผู้สังเกตอยู่บนซีกโลกใต้และหันหน้าไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ จะสังเกตเห็นแนวการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไปทางซ้ายมือของผู้สังเกตดังรูป 8.5 ในหนังสือเรียนหน้า 35

12. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคอริโอลิสกับละติจูดรูป 8.6 และ 8.7 ในหนังสือเรียนหน้า 36 ดังนี้

- แรงคอริโอลิสมีความสัมพันธ์กับละติจูดและอัตราเร็วของวัตถุ โดยบริเวณศูนย์สูตรแรงคอริโอลิสมีค่าเท่ากับศูนย์และมีค่าเพิ่มขึ้นตามละติจูดที่สูงขึ้น และแรงคอริโอลิสจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออัตราเร็วของวัตถุเพิ่มขึ้น จากรูป 8.6 อากาศที่เคลื่อนที่จากบริเวณละติจูด 60 องศาจะมีทิศทางเบนไปจากเส้นทางเดิมมากกว่าที่ละติจูด 30 องศา ส่วนที่บริเวณศูนย์สูตรการเคลื่อนที่ของอากาศจะไม่เบนออกจากทิศทางเดิม ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนมีลักษณะเป็นแนวโค้ง ดังรูป 8.7
- ที่บริเวณตั้งแต่เส้นศูนย์สูตรถึงละติจูดที่ 5 องศา มีโอกาสเกิดพายุหมุนเขตร้อนน้อยมาก เนื่องจากที่บริเวณดังกล่าวแรงคอริโอลิสมีค่าน้อยจนมีค่าเท่ากับศูนย์ที่บริเวณศูนย์สูตร

13. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงคอริโอลิสกับอัตราเร็วของวัตถุ โดยใช้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงคอริโอลิส ละติจูด และความเร็วของวัตถุ ในรอบความรู้เพิ่มเติมในหนังสือเรียนหน้า 37 ดังนี้

- ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงคอริโอลิสของก้อนอากาศก้อนเดิม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ณ บริเวณละติจูดที่ 0 45 และ 90 โดยการแทนค่าละติจูดลงในสมการ ซึ่งพบว่า
 $\sin(0)$ มีค่าเท่ากับ 0
 $\sin(45)$ มีค่าเท่ากับ 0.85
 $\sin(90)$ มีค่าเท่ากับ 0.89

จากสูตร $C = 2m\Omega V \sin\theta$ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับก่อนอากาศที่มวลเท่ากัน เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันจึงพบว่าแรงคอริโอลิสมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อละติจูดสูงขึ้น โดยแรงคอริโอลิสเป็น 0 ในบริเวณศูนย์สูตร

- ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงคอริโอลิสของก้อนอากาศก้อนเดิม ณ บริเวณละติจูดเดิมแต่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ต่างออกไป จากสมการ $C = 2m\Omega V \sin\theta$ นักเรียนจะพบว่าแรงคอริโอลิส (C) และอัตราเร็ว (V) มีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรง ทำให้ทราบได้ว่าแรงคอริโอลิสจะเพิ่มมากขึ้นหากอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ (ก้อนอากาศ) เพิ่มมากขึ้น
- จากรูป 8.7 หน้า 36 แสดงเส้นทางและความแรงของพายุโซนร้อนที่ปรากฏตั้งแต่ปี พ.ศ. 2339 พบว่าบริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีแรงคอริโอลิสมีค่าเท่ากับศูนย์ จึงไม่พบพายุหมุนเขตร้อนบริเวณศูนย์สูตรถึงประมาณบริเวณละติจูดที่ 5 องศา

14. ครุณาเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตรูป 8.9 ในหนังสือเรียนหน้า 38 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแสดงกลุ่มเมฆเหนือบริเวณหอย่อมความกดอากาศต่ำ จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

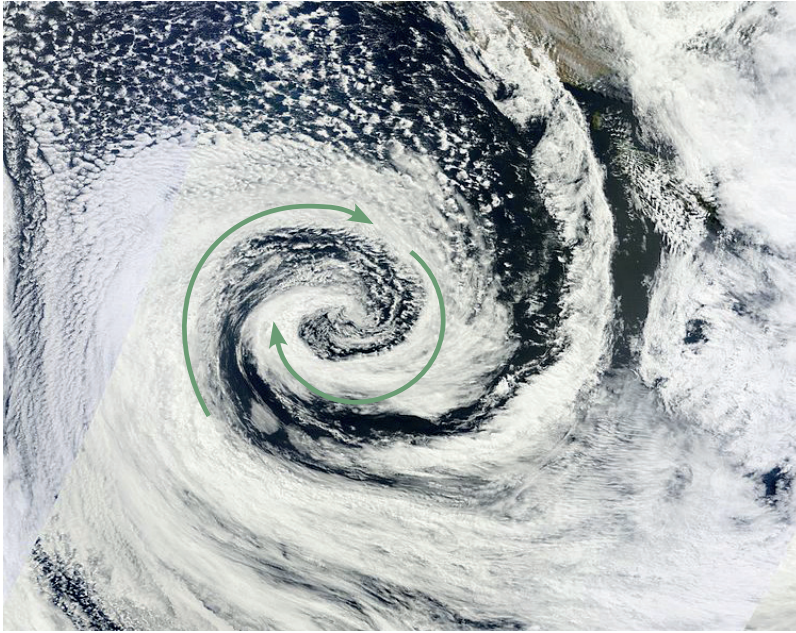
- กลุ่มเมฆในรูปมีลักษณะอย่างไร เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศแบบใด
แนวคำตอบ กลุ่มเมฆมีลักษณะคล้ายวงกลมกันหอย เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นวงกลม
- นักเรียนคิดว่าแรงใดทำให้กลุ่มเมฆเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าว
แนวคำตอบ ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน

15. ครุณาอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

- เมื่ออากาศเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศแล้ว แรงคอริโอลิสทำให้เกิดทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเปลี่ยนไปจากทิศทางเดิมในแนวโค้ง จะทำให้เกิดแรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force) ดังรูป 8.8 ในหนังสือเรียนหน้า 37
- แรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมและรัศมีการเคลื่อนที่ของลม ถ้าแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศเพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีแรงสู่ศูนย์กลางมากขึ้น อากาศจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งมากขึ้นและในที่สุดเกิดการเคลื่อนที่เป็นวงกลม เช่น การเคลื่อนที่ของอากาศเข้าสู่หอย่อมความกดอากาศต่ำ ในกรณีที่อากาศนั้นอยู่เหนือพื้นมหาสมุทรในเขตร้อน และน้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 26 องศาเซลเซียสขึ้นไป น้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำในปริมาณมากและถ้าหอย่อมความกดอากาศนั้นเกิดอยู่เหนือละติจูด 5 องศาเหนือและใต้ จะได้รับผลจากแรงคอริโอลิสทำให้หอย่อมความกดอากาศนี้พัฒนาต่อไปเป็นพายุหมุนเขตร้อนได้ สังเกตได้จากแนวเมฆที่มีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ดังรูป 8.9 ในหนังสือเรียนหน้า 38 ซึ่งแสดงการหมุนวนของกลุ่มเมฆเข้าสู่ศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อนในซีกโลกเหนือในทิศทวนเข็มนาฬิกา

16. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับแรงสู่ศูนย์กลาง ให้นักเรียนระบุว่าภาพในกล่องตรวจสอบความเข้าใจเป็นภาพพายุหมุนเขตร้อนบริเวณซีกโลกใด สังเกตจากสิ่งใด

แนวคำตอบ พายุดังกล่าวเป็นพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดบริเวณซีกโลกใต้ สังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของกลุ่มเมฆหมุนวนเข้าหาสู่ศูนย์กลางในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังรูปด้านล่าง



หมายเหตุ : พายุหมุนเขตร้อนดังกล่าวเกิดบริเวณตอนใต้ของออสเตรเลีย และถูกบันทึกภาพไว้โดย NASA ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

17. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “จากประกาศกรมอุตุนิยมวิทยาเรื่องพายุหมุนโซนร้อนเซินกาที่ก่อตัวในทะเลและเมื่อเข้าสู่ชายฝั่งมีกำลังอ่อนลง นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด” โดยใช้รูป 8.10 ในหนังสือเรียนหน้า 39 ประกอบการอภิปราย

18. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปความรู้เรื่อง แรงเสียดทาน โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

- จากเหตุการณ์ดีเปรสชันซึ่งก่อตัวขึ้นในทะเลจีนใต้ตอนบนและพัฒนาจนกระทั่งมีความแรงเป็นพายุโซนร้อนเซินกา เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลาง 35 นอต และเมื่อเคลื่อนขึ้นฝั่งที่ประเทศเวียดนามตอนบน เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 ได้ลดระดับความรุนแรงลงเป็นพายุดีเปรสชัน มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลาง 30 นอต ดังรูป 8.10 ในหนังสือเรียนหน้า 39

- การที่พาหุโซนร้อนลดระดับความรุนแรงลงเป็นพาหุดีเปรสชันเมื่อเคลื่อนเข้าสู่ชายฝั่งเนื่องจากพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีแรงชนิดหนึ่งต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุแรงดังกล่าวเรียกว่า แรงเสียดทาน (frictional force) ในกรณีนี้พาหุเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวต่างชนิดกันโดยเคลื่อนจากพื้นน้ำซึ่งมีแรงเสียดทานน้อยไปสู่พื้นดินซึ่งมีแรงเสียดทานมากกว่าทำให้ความเร็วสูงสุดใกล้ศูนย์กลางลดลงจนพาหุหมุนเขตร้อนสลายกำลังลงในที่สุด
19. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับแรงเสียดทาน ดังนี้
- แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ดังนั้นเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวโลกซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ภูเขา ป่าไม้ อาคาร สิ่งก่อสร้าง พื้นดิน มหาสมุทร จึงมีผลต่ออัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศ จากรูป 8.11 ในหนังสือเรียนหน้า 39 อากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่โล่งหรือพื้นน้ำจะมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่สูงกว่าพื้นผิวที่มีต้นไม้ปกคลุมเนื่องจากพื้นน้ำมีแรงเสียดทานน้อยกว่า นอกจากนี้แรงเสียดทานยังมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศใกล้พื้นผิวโลกมากกว่าอากาศที่อยู่สูงขึ้นไป ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกมีอัตราเร็วน้อยกว่าอากาศที่เคลื่อนที่อยู่ในระดับสูง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: 1. การหมุนเวียนของอากาศที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ 2. การเคลื่อนที่ของอากาศที่เป็นผล จากการหมุนรอบตัวเองของโลก	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 3. แบบฝึกหัดท้ายบท
P: 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. อธิบายเชื่อมโยงการหมุนเวียนอากาศในแบบจำลอง 2. มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปเกี่ยวกับการหมุนเวียนอากาศในแบบจำลอง
A: การยอมรับความเห็นต่าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการอภิปราย

8.2 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

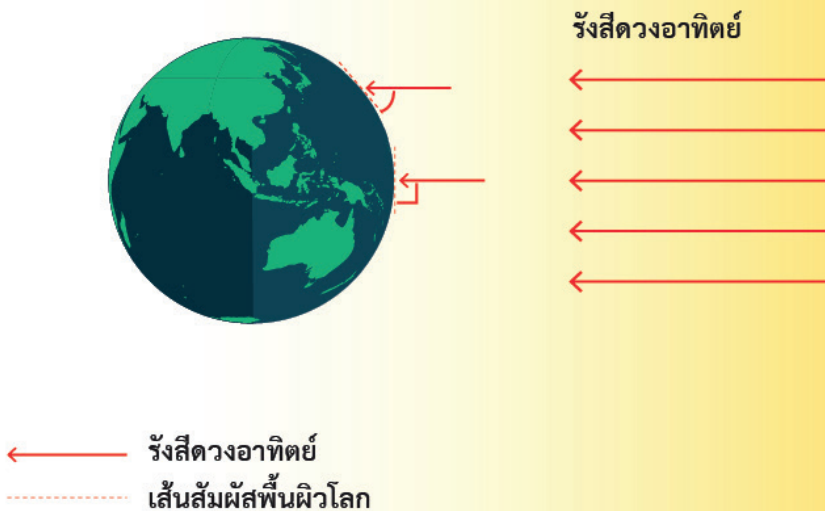
วิเคราะห์ และอธิบายการหมุนเวียนอากาศตามแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3
2. วีดิทัศน์ใน QR ประจำบท

แนวการจัดการเรียนรู้

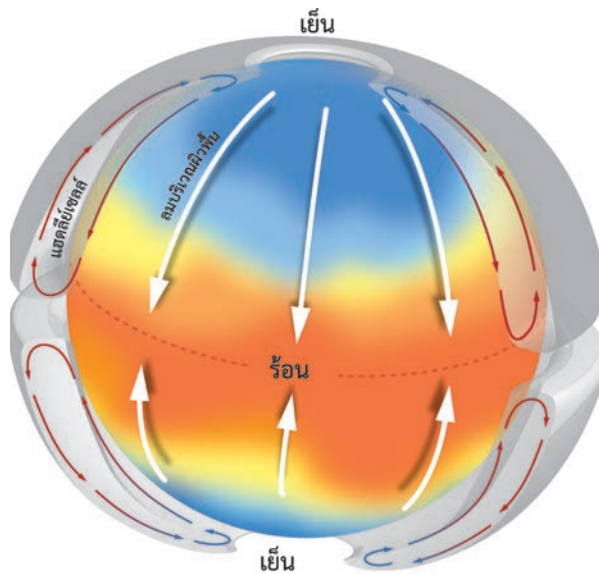
1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนรูปแบบการหมุนเวียนของอากาศบนโลกตามความคิดเห็นของตนเอง โดยใช้ความรู้จากกิจกรรม 8.1 เรื่องการหมุนเวียนของอากาศ และความรู้เรื่องการรับรังสีจากดวงอาทิตย์บริเวณละติจูดต่าง ๆ บนโลก โดยอาจใช้ภาพแสดงการรับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในแต่ละละติจูดเช่นภาพด้านล่าง



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศบนโลกในข้อ 1
3. ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ มีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป

- จากข้อเท็จจริงที่ว่าบริเวณศูนย์สูตรได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณขั้วโลก อากาศบริเวณขั้วโลกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงเคลื่อนที่มายังบริเวณศูนย์สูตรด้วยแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ในขณะที่อากาศบริเวณศูนย์สูตรซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจะยกตัวขึ้นและเคลื่อนที่ไปแทนที่อากาศบริเวณขั้วโลกเกิดเป็นการหมุนเวียนอากาศระหว่างบริเวณขั้วโลกและบริเวณศูนย์สูตร ซึ่งลักษณะการหมุนเวียนอากาศดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกันทั้งในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ซึ่งเรียกการหมุนเวียนอากาศแบบนี้ว่า “แบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบเซลล์เดียว” (one or single cell model) หรือการหมุนเวียนอากาศแบบแฮดลีย์ ดังรูป



- ทั้งนี้ แบบจำลองการหมุนเวียนอากาศดังกล่าวอธิบายการเคลื่อนที่ของอากาศภายใต้เงื่อนไขที่ว่า พื้นผิวโลกปกคลุมด้วยพื้นน้ำทั้งหมดหรือมีพื้นผิวเหมือนกันทั้งหมด รังสีจากดวงอาทิตย์ส่องตรงมายังบริเวณศูนย์สูตรตลอดเวลา และโลกไม่หมุนรอบตัวเอง
 - แบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบเซลล์เดียวนี้อธิบายการเกิดสภาพภูมิอากาศที่สอดคล้องเฉพาะบริเวณศูนย์สูตรและบริเวณขั้วโลกเท่านั้น แต่ยังมีข้อจำกัดในการนำมาอธิบายการหมุนเวียนของอากาศที่สอดคล้องกับการหมุนเวียนอากาศแต่ละจุดกลาง รวมทั้งทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ ในแต่ละแถบละติจูด
4. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “แบบจำลองที่ใช้อธิบายการหมุนเวียนอากาศที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศบนโลกควรเป็นอย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 8.3



กิจกรรม 8.3 การหมุนเวียนอากาศของโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์และอธิบายลักษณะการหมุนเวียนของอากาศที่สอดคล้องกับภูมิอากาศในแต่ละเขตละติจูดจากข้อมูลที่กำหนดให้

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

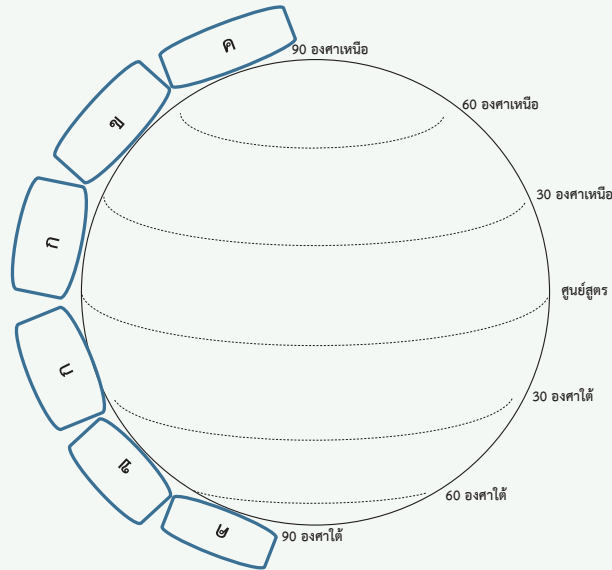
1. เอกสารความรู้เรื่องภูมิอากาศ และลมตามเขตละติจูด
2. แผนภาพโลกแสดงเขตละติจูด และบริเวณที่เกิดการหมุนเวียนอากาศตามเขตละติจูด

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ในขั้นตอนที่ครูนำอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปควรแบ่งสรุปที่ละเขตการหมุนเวียนโดยเรียงจากแอตลีย์เซลล์ ตามด้วยโพลาร์เซลล์ และเฟอร์เรลเซลล์เป็นลำดับสุดท้าย เนื่องจากแอตลีย์เซลล์และโพลาร์เซลล์มีหลักการและรูปแบบการยกตัวและจมตัวเหมือนแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบเซลล์เดียว คืออากาศยกตัวบริเวณอุณหภูมิสูงและเคลื่อนที่ไปแทนอากาศที่จมตัวลงบริเวณอุณหภูมิต่ำ แต่เฟอร์เรลเซลล์ต่างออกไปโดยอากาศยกตัวบริเวณอุณหภูมิต่ำและอากาศจมตัวบริเวณอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นการหมุนเวียนอากาศที่ไม่ได้เป็นผลจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศโดยตรง แต่เป็นผลจากการหมุนเวียนอากาศของแอตลีย์เซลล์และโพลาร์เซลล์ จึงควรอธิบายการหมุนเวียนในเขตนี้เป็นลำดับสุดท้าย

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาข้อมูลภูมิอากาศ และลมตามเขตละติจูดจากเอกสารความรู้ที่กำหนด
2. จากข้อมูลในข้อ 1 วิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเพื่อระบุตำแหน่งละติจูดที่มีอากาศจมตัวและยกตัว
3. ระบุละติจูดที่มีความกดอากาศสูงด้วยสัญลักษณ์ H และความกดอากาศต่ำด้วยสัญลักษณ์ L
4. วาดลูกศรแสดงลักษณะการหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูดในบริเวณ ก ข ค ในรูปที่กำหนด

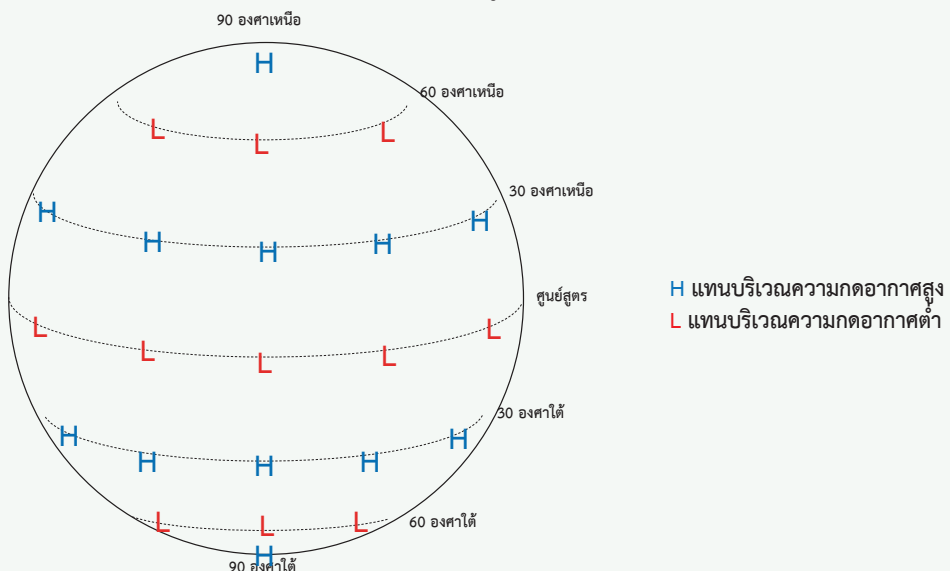


5. จากข้อมูลในข้อ 1 วิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมจากชื่อลมที่กำหนดให้ในแต่ละเขตละติจูด และวาดลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของลมระหว่างละติจูด ลงในรูปที่กำหนด โดยใช้ความรู้เรื่องแรงคอริโอลิสประกอบ
6. สรุปการหมุนเวียนอากาศที่สอดคล้องกับภูมิอากาศในแต่ละเขตละติจูด
7. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

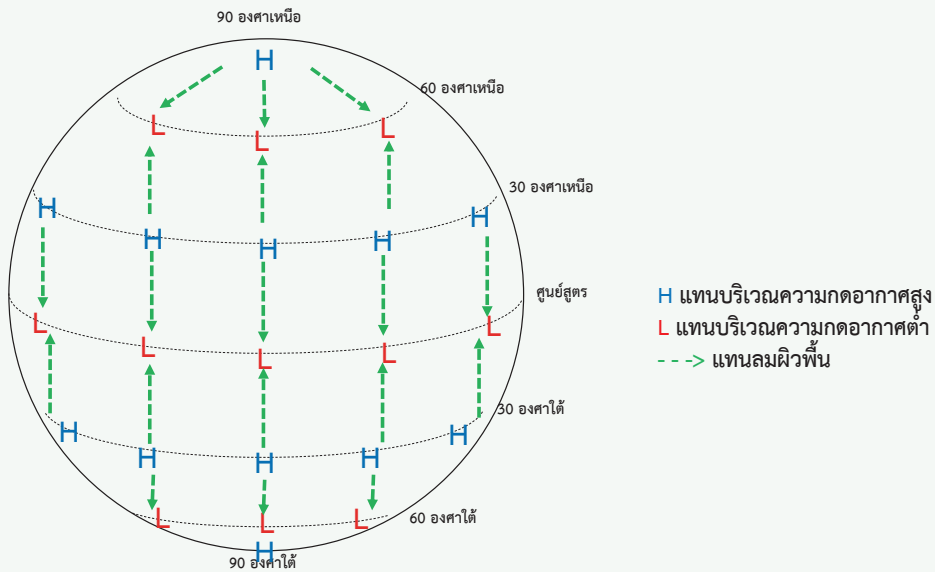
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนอาจวาดแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

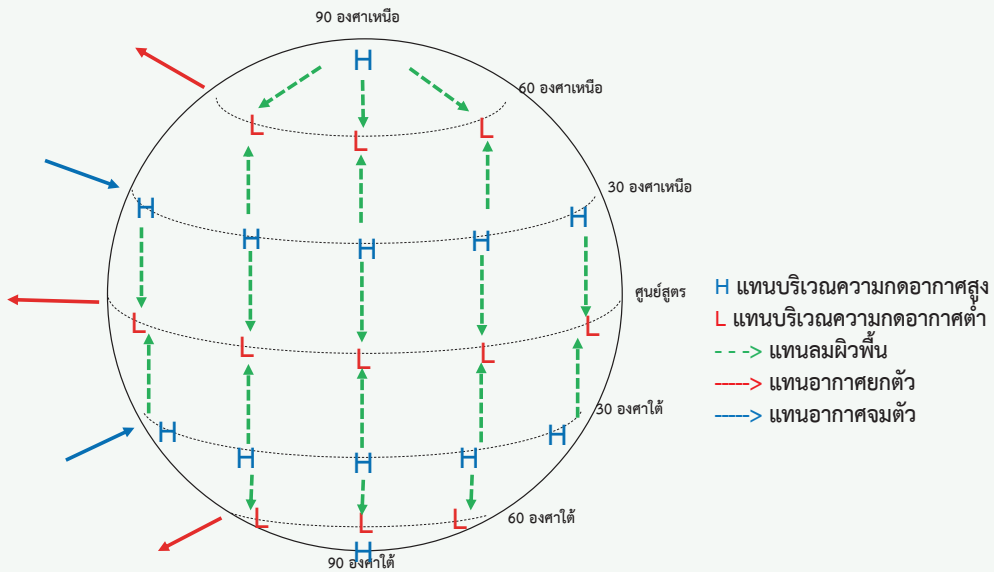
ขั้นที่ 1 นักเรียนระบุบริเวณความกดอากาศสูง (H) และบริเวณความกดอากาศต่ำ (L)



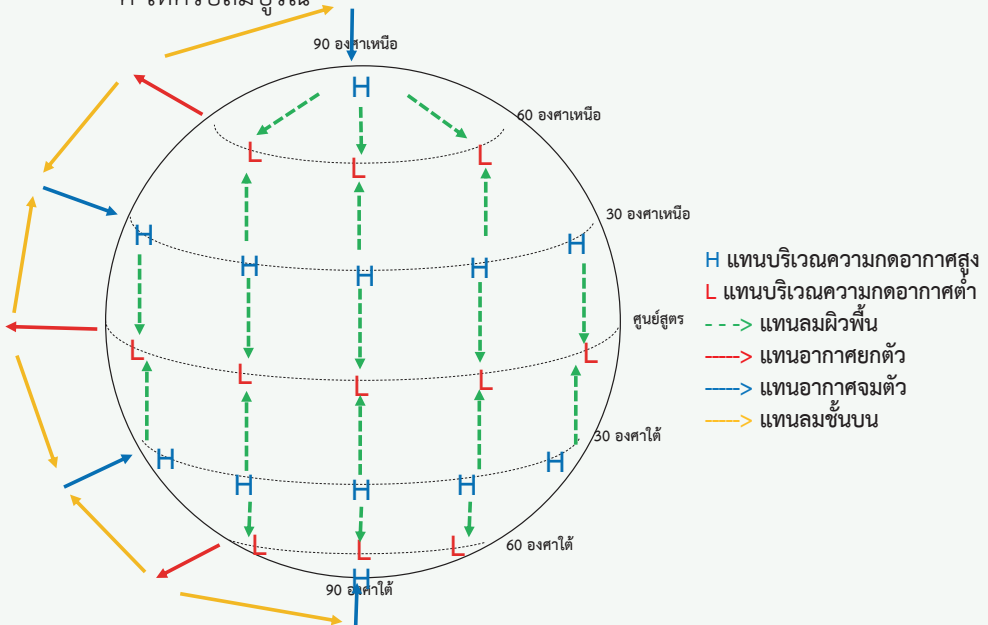
ขั้นที่ 2 นักเรียนลากเส้นลมผิวพื้นเนื่องจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ



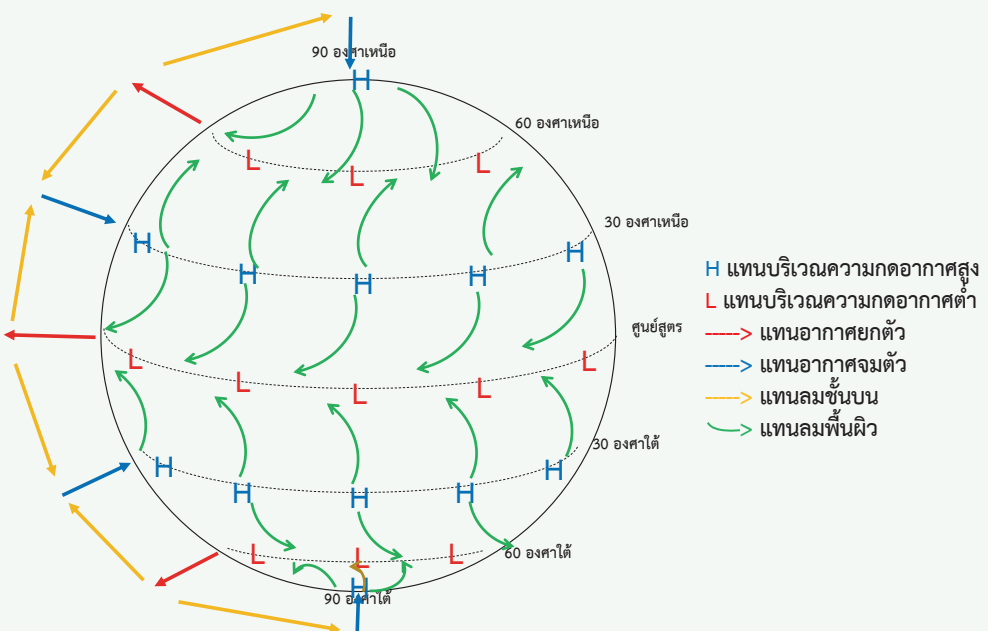
ขั้นที่ 3 นักเรียนเขียนเส้นแสดงอากาศที่ยกตัวบริเวณความกดอากาศต่ำและจมตัวบริเวณความกดอากาศสูง



ขั้นที่ 4 นักเรียนลากเส้นแสดงลักษณะการหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูดในบริเวณ ก ข ค ให้ครบสมบูรณ์



ขั้นที่ 5 เนื่องจากแรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้อากาศเคลื่อนที่เบนไปทางขวาในซีกโลกเหนือ และเบนไปทางซ้ายในซีกโลกใต้ จึงต้องปรับเส้นแสดงลมผิวพื้นเป็นดังนี้



สรุปผลการทำกิจกรรม

ลักษณะภูมิอากาศและทิศทางลมในแต่ละเขตละติจูดเกิดจากการหมุนเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. บริเวณศูนย์สูตรถึงละติจูดที่ 30 องศา อากาศมีการยกตัวและจมตัวบริเวณใดบ้าง ทราบได้จากข้อมูลใด และเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ อากาศยกตัวบริเวณศูนย์สูตร ทราบได้จากบริเวณนี้พบบเมฆเป็นแนวยาว มีอากาศร้อนขึ้น ฝนตกชุก และอากาศจมตัวบริเวณละติจูดที่ 30 องศา ทราบได้จากมีอากาศแห้งเกิดเมฆน้อย บริเวณนี้ค่อนข้างแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย

2. การหมุนเวียนของอากาศระหว่างบริเวณศูนย์สูตรถึงละติจูดที่ 30 องศา มีลักษณะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ อากาศบริเวณละติจูดที่ 30 องศา เคลื่อนที่เนื่องจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศไปแทนที่อากาศบริเวณศูนย์สูตรที่ยกตัวขึ้น และการเคลื่อนที่ของอากาศนี้ยังได้รับอิทธิพลจากแรงคอริออลิส ทำให้อากาศเคลื่อนที่เข้าสู่เส้นศูนย์สูตรเป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกเกิดเป็นลมตะวันออก (easterly wind) ที่เรียกว่า ลมค้า (trade wind) ส่วนอากาศที่ยกตัวขึ้นบริเวณศูนย์สูตรจะเคลื่อนไปแทนที่อากาศบริเวณละติจูดที่ 30 องศาที่จมตัวลงเป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก

3. บริเวณขั้วโลกถึงละติจูดที่ 60 องศา อากาศมีการยกตัวและจมตัวบริเวณใดบ้าง ทราบได้จากข้อมูลใด และเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ อากาศบริเวณขั้วโลกจมตัวลงทราบได้จากบริเวณขั้วโลกห่อฟ้าปลอดโปร่ง มีอากาศแห้งและหนาวเย็นตลอดทั้งปี และอากาศบริเวณละติจูดที่ 60 องศา ยกตัวขึ้นทราบได้จากมีเมฆและหยาดน้ำฟ้าในปริมาณมาก เนื่องจากมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกมาปะทะกับมวลอากาศอุ่น

4. การหมุนเวียนของอากาศระหว่างบริเวณขั้วโลกถึงละติจูดที่ 60 องศา มีลักษณะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ บริเวณขั้วโลกอากาศจมตัวลงและเคลื่อนที่ไปทางละติจูดที่ต่ำกว่าเนื่องจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ แต่ไม่เคลื่อนที่เป็นแนวตรงในแนวทิศเหนือได้ เนื่องจากแรงคอริออลิส อากาศจึงเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก เรียกว่าลมตะวันออก (easterly wind) เมื่ออากาศเย็นจากขั้วโลกมาปะทะกับอากาศที่อุ่นกว่าที่บริเวณละติจูดที่ 60 องศา ทำให้อากาศบริเวณนี้ยกตัวขึ้นแล้วเคลื่อนที่กลับไปหขั้วโลกเป็นแนวโค้งในทางทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก

5. บริเวณละติจูดที่ 30 องศา ถึง 60 องศา อากาศมีการยกตัวและจมตัวบริเวณใดบ้าง ทราบได้จากข้อมูลใด

แนวคำตอบ อากาศยกตัวบริเวณละติจูดที่ 60 องศา ทราบได้จากมีเมฆและหยาดน้ำฟ้าในปริมาณมาก จากมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกมาปะทะกับมวลอากาศอุ่น และอากาศจมตัวบริเวณละติจูดที่ 30 องศา ทราบได้จากมีอากาศแห้ง มีโอกาสเกิดเมฆน้อย บริเวณนี้จึงค่อนข้างแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย

6. การหมุนเวียนของอากาศระหว่างบริเวณละติจูดที่ 30 องศา ถึง 60 องศา มีลักษณะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ อากาศจมตัวที่บริเวณละติจูด 30 องศา และเคลื่อนที่ไปยังบริเวณละติจูด 60 องศา โดยการเคลื่อนที่ของอากาศจะได้รับอิทธิพลจากแรงคอริอลิส ทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก จึงเรียกว่า ลมตะวันตก (westerly wind) เมื่ออากาศที่อุ่นกว่าจากบริเวณละติจูดที่ 30 องศา มาปะทะกับอากาศที่เย็นจากขั้วโลกที่ละติจูด 60 องศา ทำให้อากาศบริเวณนั้นยกตัวขึ้นแล้วเคลื่อนที่กลับไปที่ละติจูด 30 องศา เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

7. ลมค้าเคลื่อนที่ระหว่างละติจูดใด มีทิศทางการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ลมค้าเคลื่อนที่จากละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ มายังบริเวณศูนย์สูตร อากาศเคลื่อนที่เข้าสู่เส้นศูนย์สูตรเป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก เกิดเป็นลมตะวันออก

8. ลมตะวันออกจากขั้วโลกเคลื่อนที่ระหว่างละติจูดใด มีทิศทางการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ลมตะวันออกจากขั้วโลกเคลื่อนที่จากขั้วโลกไปยังละติจูดที่ 60 องศา อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก

9. ลมตะวันตกเคลื่อนที่ระหว่างละติจูดใด มีทิศทางการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ลมตะวันตกเคลื่อนที่จากละติจูดที่ 60 องศา มายังละติจูดที่ 30 องศา อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดง ด้านบน

6. ครูนำอภิปรายเพิ่มเติมและลงข้อสรุปโดยใช้คำถามดังนี้

6.1 การหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อน หรือ แฮตลีย์เซลล์

- การหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูด 0-30 องศาเหนือและใต้ มีชื่อเรียกว่าอะไร และการหมุนเวียนมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ การหมุนเวียนของอากาศแถบเขตร้อนหรือแฮตลีย์เซลล์ อากาศบริเวณศูนย์สูตรยกตัวขึ้นจนถึงชั้นโทรโพพอส จากนั้นอากาศกระจายตัวออกไปทางละติจูดที่สูงขึ้นและจมตัวลงที่ประมาณละติจูดที่ 30 องศา และเคลื่อนที่วนกลับไปแทนที่อากาศที่ยกตัวขึ้นบริเวณศูนย์สูตร

- เพราะเหตุใดบริเวณศูนย์สูตร อากาศจึงยกตัวขึ้น

แนวคำตอบ เพราะบริเวณศูนย์สูตรมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศสูง เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก อากาศจึงยกตัวขึ้น ทำให้มีความกดอากาศต่ำ

- เพราะเหตุใด บริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ อากาศจึงจมตัวลง

แนวคำตอบ เพราะในระหว่างทางที่อากาศเคลื่อนที่ออกจากศูนย์สูตรไปทางละติจูดที่สูงขึ้น อากาศมีอุณหภูมิลดต่ำลงและสูญเสียความชื้นจากการเกิดเมฆและฝน ทำให้อากาศมีความหนาแน่นมากขึ้นและมีความกดอากาศสูงมากกว่าบริเวณโดยรอบ อากาศจึงจมตัวลง

- แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศและแรงคอริโอลิสส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลมค้าอย่างไร

แนวคำตอบ แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศทำให้อากาศเคลื่อนจากละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ มายังบริเวณศูนย์สูตร และแรงคอริโอลิส ทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งเข้าสู่ศูนย์สูตรจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

- บริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างอากาศอุ่นจากแฮตลีย์เซลล์กับอากาศที่หนาวเย็นกว่าจากเฟอร์เรลเซลล์ จะมีความแตกต่างของความกดอากาศที่รุนแรง คาดว่าบริเวณนี้จะมีการเคลื่อนที่ของอากาศเช่นไร และส่งผลต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศอย่างไร

แนวคำตอบ บริเวณละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ เป็นบริเวณที่อากาศอุ่นจากแฮตลีย์เซลล์กับอากาศที่หนาวเย็นกว่าจากเฟอร์เรลเซลล์จมตัวลง มีอากาศแห้ง มีโอกาสเกิดเมฆน้อย ดังนั้นบริเวณนี้จึงค่อนข้างแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย

นอกจากนี้ยังพบปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ ที่เรียกว่า กระแสลมกรด (jet stream) บริเวณละติจูดที่ 30 ซึ่งเป็นบริเวณรอยต่อที่อากาศอุ่นจากแฮตลีย์เซลล์มาปะทะกับอากาศที่หนาวเย็นกว่าจากละติจูดที่อยู่สูงขึ้นไปทำให้มีความแตกต่างของความกดอากาศที่รุนแรงจนเกิดเป็นกระแสลมกรด ซึ่งเป็นลมที่มีความเร็วสูงบริเวณโทรโพพอสและมีทิศทางจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ลมกรดมีประโยชน์ต่อการบินเป็นอย่างมากนักบินอาศัยกระแสลมกรดช่วยเพิ่มความเร็วของเครื่องบิน ทำให้ประหยัดน้ำมันซึ่งตรงกันข้ามกับการบินในทิศทางตรงข้ามกับกระแสลมกรด ดังนั้นนักบินจำเป็นต้องเตรียมตัวรับมือกับ

กระแสนี้

6.2 การหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลก หรือ โพลาร์เซลล์

- การหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูด 60-90 องศาเหนือและใต้ มีชื่อเรียกว่าอะไร และการหมุนเวียนมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ การหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกหรือโพลาร์เซลล์ อากาศบริเวณขั้วโลกจมตัวและเคลื่อนที่มายังละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ จากนั้นจึงยกตัวสูงขึ้นถึงโทรโพพอสและเคลื่อนที่วนกลับไปแทนที่อากาศที่จมตัวบริเวณขั้วโลก ลักษณะการหมุนเวียนมีหลักการเหมือนกับเฮดลีย์เซลล์

- เพราะเหตุใดบริเวณขั้วโลก อากาศจึงจมตัว

แนวคำตอบ เพราะบริเวณขั้วโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศต่ำ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อย ทำให้มีความกดอากาศสูง อากาศจึงจมตัวลง

- เพราะเหตุใดบริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ อากาศจึงยกตัว

แนวคำตอบ เพราะบริเวณละติจูด 60 องศาเหนือและใต้ มวลอากาศเย็นจากขั้วโลกปะทะกับมวลอากาศที่อุ่นกว่า มวลอากาศอุ่นจึงยกตัวขึ้น

- แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศและแรงคอริโอลิสส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลมตะวันตกจากขั้วโลกในโพลาร์เซลล์อย่างไร

แนวคำตอบ แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศทำให้อากาศเคลื่อนจากขั้วโลกมายังบริเวณละติจูดที่ 60 องศา และแรงคอริโอลิส ทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งเข้าสู่บริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันตก

- บริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างอากาศอุ่นเช่นเดียวกับบริเวณละติจูดที่ 30 องศา คาดว่าบริเวณนี้จะมีการเคลื่อนที่ของอากาศเหมือนหรือแตกต่างจากบริเวณละติจูดที่ 30 หรือไม่ อย่างไร และส่งผลต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศอย่างไร

แนวคำตอบ บริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้เป็นบริเวณที่อากาศอุ่นและอากาศเย็นมาปะทะกันเช่นเดียวกับบริเวณละติจูดที่ 30 องศา แต่ในบริเวณละติจูดที่ 60 องศาเมื่ออากาศอุ่นและอากาศเย็นปะทะกันแล้วเกิดการยกตัวขึ้น บริเวณนี้จึงมีเมฆและหยาดน้ำฟ้าในปริมาณมาก

นอกจากนี้ ละติจูดที่ 60 องศา ทั้งเหนือและใต้ ยังปรากฏกระแสลมกรดเช่นเดียวกับละติจูดที่ 30 องศา โดยเรียกว่า กระแสลมกรดบริเวณขั้วโลก (polar jet stream) โดยลมกรดบริเวณนี้มีความเร็วมากกว่าลมกรดบริเวณละติจูดที่ 30 เนื่องจากความแตกต่างของอากาศที่ปะทะกันมากกว่าโดยเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกเช่นเดียวกันตามทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก กระแสลมกรดบริเวณนี้นอกจากจะเกี่ยวข้อง

กับการบินแล้วกระแสลมกรดขั้วโลกยังเปรียบเสมือนเข็มขัดที่คอกันอากาศเย็นจากบริเวณขั้วโลกไม่ให้ลงมาถึงละติจูดต่ำ แต่หากอุณหภูมิของอากาศโดยรวมสูงขึ้นส่งผลให้กระแสที่ลมกรดจะอ่อนกำลังลงจนทำให้ด้านแรงของกระแสลมวนขั้วโลก (polar vortex) ได้เป็นผลให้อากาศที่หนาวเย็นจัดจากขั้วโลกเคลื่อนมาyingละติจูดต่ำลง ซึ่งส่งผลร้ายแรงต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตัวอย่างเช่นในเดือนมกราคม ปี 2561 จากการที่ลมกรดขั้วโลกอ่อนกำลังลงทำให้ตอนบนของอเมริกาและบางประเทศทางฝั่งยุโรปได้รับผลกระทบจากกระแสลมวนขั้วโลก ปรากฏการณ์นี้ส่งผลกระทบที่รุนแรงจนทำให้บางบริเวณมีอุณหภูมิต่ำถึง -50 องศาเซลเซียส

6.3 การหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลาง หรือ เฟร์เรลเซลล์

- การหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูด 30-60 องศาเหนือและใต้ มีชื่อเรียกว่าอะไร และการหมุนเวียนมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ การหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางหรือเฟร์เรลเซลล์ อากาศบริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ จมตัวและเคลื่อนที่มายังละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ จากนั้นจึงยกตัวขึ้นและเคลื่อนที่วนกลับไปแทนที่อากาศที่จมตัวบริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้

- เพราะเหตุใดการหมุนเวียนอากาศในเฟร์เรลเซลล์จึงจมตัวที่บริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ และยกตัวที่บริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้

แนวคำตอบ การหมุนเวียนของอากาศในเฟร์เรลเซลล์เป็นการหมุนเวียนอากาศที่ไม่ได้เป็นผลจากแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศโดยตรง แต่เป็นผลจากการหมุนเวียนอากาศระหว่างแอตลันติกเซลล์และโพลาร์เซลล์ จึงทำให้การหมุนเวียนอากาศมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกับสองเซลล์ดังกล่าว โดยอากาศในเฟร์เรลเซลล์มีการจมตัวบริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ เนื่องจากการจมตัวของอากาศในแอตลันติกเซลล์ และการยกตัวของอากาศในบริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ เนื่องจากการยกตัวของอากาศในโพลาร์เซลล์

- แรงคอริอลิสส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลมตะวันตกในเฟร์เรลเซลล์อย่างไร

แนวคำตอบ ลมตะวันตกซึ่งเป็นลมผิวพื้นในเฟร์เรลเซลล์พัดจากบริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ไปยังบริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือและใต้ แต่เนื่องจากแรงคอริอลิสทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก

7. ครูให้นักเรียนปรับแก้แบบจำลองของกลุ่มตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไปตามรูป 8.17 ในหนังสือเรียนหน้า 47

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสร้างแบบจำลอง 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. สร้างแบบจำลองรูปแบบการหมุนเวียนอากาศของโลก 2. มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองรูปแบบการหมุนเวียนอากาศของโลก
A: การยอมรับความเห็นต่าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการอภิปราย

8.3 ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายผลของการหมุนเวียนอากาศต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก

สื่อและแหล่งเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เรื่องการยกตัวและจมตัวของอากาศจากแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป โดยใช้คำถามดังนี้
 - จากแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป อากาศมีการยกตัวและจมตัวบริเวณใดบ้าง
แนวคำตอบ จากแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป อากาศยกตัวบริเวณศูนย์สูตรและละติจูดที่ 60 องศา อากาศจมตัวบริเวณขั้วโลก และละติจูดที่ 30 องศา
 - อากาศยกตัวเป็นอากาศที่มีสมบัติอย่างไร และการยกตัวของอากาศก่อให้เกิดลักษณะลมฟ้าอากาศใด
แนวคำตอบ อากาศยกตัวคืออากาศที่มีสัดส่วนไอน้ำมาก (อากาศชื้น) เมื่ออากาศเหล่านี้ยกตัวจะทำให้เกิดเมฆและหยาดน้ำฟ้าปริมาณมาก

- อากาศจมตัวเป็นอากาศที่มีสมบัติอย่างไร และการจมตัวของอากาศก่อให้เกิดลักษณะลมฟ้าอากาศใด

แนวคำตอบ อากาศจมตัวคืออากาศที่มีสัดส่วนไอน้ำน้อย (อากาศแห้ง) บริเวณที่อากาศจมตัวท้องฟ้าจะปลอดโปร่ง เมฆและหยาดน้ำฟ้าหาย

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศในแต่ละเขตละติจูดสัมพันธ์กันอย่างไร”
3. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 8.18 และศึกษาข้อมูลหน้า 48-49 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้ **ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อน**

- ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อนครอบคลุมบริเวณใดถึงบริเวณใด

แนวคำตอบ การหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อนเป็นการหมุนเวียนอากาศระหว่างบริเวณละติจูดที่ 30 กับบริเวณศูนย์สูตร

- ระหว่างบริเวณศูนย์สูตรถึงบริเวณละติจูดที่ 30 มีการยกตัวและจมตัวของอากาศบริเวณใด และมีผลอย่างไรต่อภูมิอากาศในบริเวณนี้

แนวคำตอบ ระหว่างบริเวณศูนย์สูตรถึงบริเวณละติจูดที่ 30 อากาศมีการยกตัวของอากาศบริเวณศูนย์สูตร โดยที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงและพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นมหาสมุทร ทำให้น้ำระเหยเข้าสู่อากาศได้มาก อากาศบริเวณนี้จึงมีลักษณะแบบร้อนชื้น ประกอบกับลมค้าจากซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้พัดเข้าหากันบริเวณศูนย์สูตร ทำให้อากาศยกตัวขึ้นอย่างรุนแรง ก่อตัวเป็นแนวความกดอากาศต่ำ เรียกว่า ร่องความกดอากาศต่ำ (intertropical convergence zone, ITCZ) หรือ ร่องมรสุม ดังรูป 8.19 ในหนังสือเรียนหน้า 48 ส่งผลให้บริเวณนี้มีเมฆมากโดยเฉพาะเมฆคิวมูโลสและเมฆคิวโมโลนิมบัสเกิดฝนฟ้าคะนองและฝนตกชุกตลอดปี เกิดเป็นภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศไม่ต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ อากาศจากแอตลันติกเซลล์และเฟอร์เรลเซลล์ที่สูญเสียความชื้นจากการเกิดเมฆและฝนมาปะทะกันแล้วจมตัวลงบริเวณละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ ทำให้ความกดอากาศบริเวณนั้นสูงกว่าบริเวณโดยรอบจึงมีโอกาสดเกิดเมฆและฝนน้อย ส่งผลให้มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้งจนถึงทะเลทรายดังนั้นการหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อนจึงทำให้เกิดภูมิอากาศตั้งแต่แบบร้อนชื้นจนถึงภูมิอากาศแบบแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย

ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลาง

- ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางครอบคลุมบริเวณใดถึงบริเวณใด

แนวคำตอบ ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลาง เป็นการหมุนเวียนอากาศระหว่างละติจูดที่ 30 ถึง 60 องศา เหนือและใต้

- ระหว่างละติจูดที่ 30 ถึง 60 องศาเหนือและใต้ มีการยกตัวและจมตัวของอากาศบริเวณใด และมีผลอย่างไรต่อภูมิอากาศในบริเวณนี้

แนวคำตอบ บริเวณละติจูดที่ 30 องศา อากาศจมตัว มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย และเมื่อละติจูดสูงขึ้นพื้นผิวโลกจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลงอุณหภูมิของอากาศจึงค่อย ๆ ลดลง ทำให้บริเวณนี้มีภูมิอากาศแบบอบอุ่น

ส่วนบริเวณละติจูดที่ 60 องศา อากาศมีการยกตัว เนื่องจากได้รับผลจากอากาศอุ่นจากการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางมาปะทะกับอากาศเย็นจากการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลก แล้วยกตัวขึ้น ทำให้เกิดเมฆและหยาดน้ำฟ้าปริมาณมาก จึงทำให้อากาศบริเวณนี้อบอุ่นและชื้นตลอดปี ดังนั้นการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางจึงทำให้เกิดภูมิอากาศตั้งแต่แบบแห้งแล้งจนถึงภูมิอากาศแบบอบอุ่น

ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลก

- ภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกครอบคลุมบริเวณใดถึงบริเวณใด

แนวคำตอบ การหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกเป็นการหมุนเวียนระหว่างบริเวณละติจูดที่ 60 องศาและขั้วโลก

- ระหว่างบริเวณละติจูดที่ 60 องศาและขั้วโลก มีการยกตัวและจมตัวของอากาศบริเวณใด และมีผลอย่างไรต่อภูมิอากาศในบริเวณนี้

แนวคำตอบ อากาศยกตัวที่บริเวณละติจูดที่ 60 องศา มีภูมิอากาศแบบอบอุ่นและชื้นตลอดทั้งปี และเมื่อละติจูดสูงขึ้นพื้นผิวโลกจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง อุณหภูมิของอากาศและความชื้นลดลง จนถึงบริเวณขั้วโลกอากาศจมตัวลง โดยบริเวณขั้วโลกมีพืดน้ำแข็ง (ice sheet) ปกคลุมเป็นบริเวณกว้างตลอดทั้งปี ทำให้บริเวณนี้มีอากาศหนาวจัด ดังนั้นการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกจึงทำให้เกิดภูมิอากาศตั้งแต่ภูมิอากาศอบอุ่นจนถึงภูมิอากาศหนาว

4. ครูนำสรุปบทเรียนเรื่องการหมุนเวียนของอากาศ ดังนี้

แนวทางการสรุป

- แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศทำให้อากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ
- การหมุนรอบตัวเองของโลกจะทำให้เกิดแรงคอริโอลิสซึ่งส่งผลให้อากาศเคลื่อนที่เบนไปจากทิศเดิม โดยในซีกโลกเหนืออากาศจะเคลื่อนที่เบนไปทางขวา ส่วนซีกโลกใต้อากาศจะเคลื่อนที่เบนไปทางซ้าย
- ถ้าแรงสู่ศูนย์กลางมากขึ้นจะทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งมากขึ้นจนอาจทำให้อากาศเคลื่อนที่เป็นวงกลม เช่น หย่อมความกดอากาศต่ำ ส่งผลให้เกิดพายุหมุนเขตร้อน
- ลักษณะพื้นผิวของโลกที่แตกต่างกัน เช่น ภูเขา ป่าไม้ อาคารก่อสร้าง มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน

- ความกดอากาศที่แตกต่างกันและการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้อากาศในแต่ละซีกโลกเกิดการหมุนเวียน ซึ่งอธิบายได้ด้วยแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไป
- ในแต่ละซีกโลกมีการหมุนเวียนของอากาศแตกต่างกันตามเขตละติจูด ส่งผลต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ แบ่งออกเป็น การหมุนเวียนของอากาศแถบเขตร้อน การหมุนเวียนของอากาศแถบละติจูดกลาง การหมุนเวียนของอากาศแถบขั้วโลก

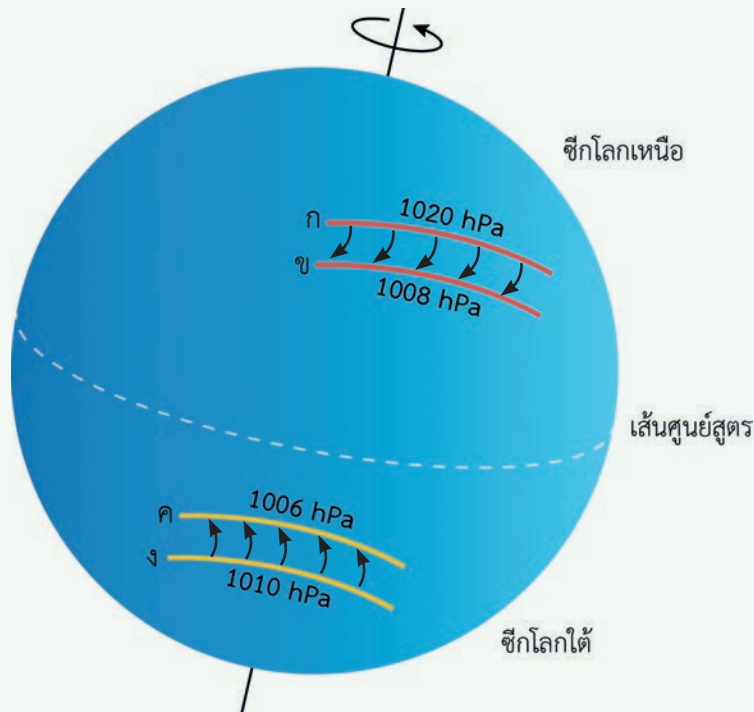
แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ	1. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 2. แบบฝึกหัด
P: ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ
A: การยอมรับความเห็นต่าง	การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการอภิปราย



แบบฝึกหัดท้ายบท

- ให้นักเรียนเขียนลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างเส้นความกดอากาศต่ำ บริเวณซีกโลกเหนือ และบริเวณซีกโลกใต้ พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบ



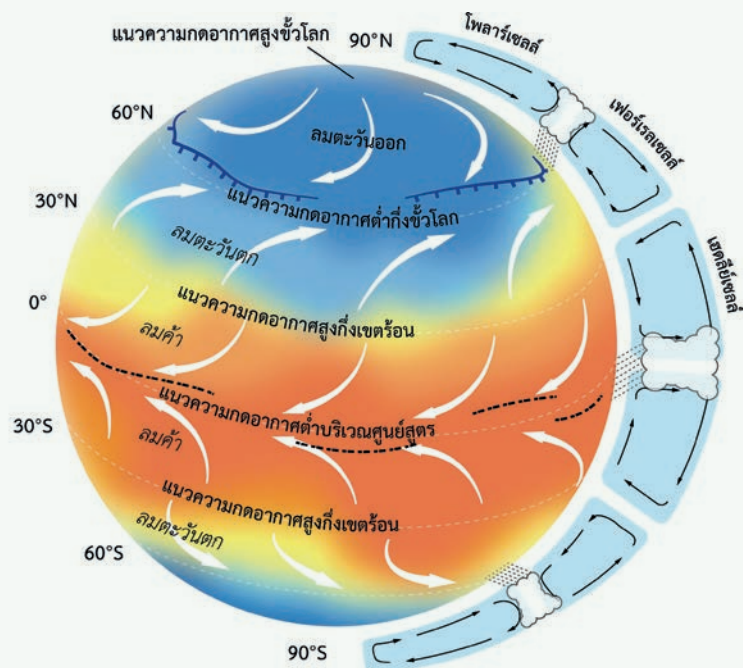
แนวคำตอบ บริเวณซีกโลกเหนือ อากาศเคลื่อนจากเส้นความกดอากาศต่ำ ก ไปยังเส้นความกดอากาศต่ำ ข เนื่องจากเส้นความกดอากาศต่ำ ก มีความกดอากาศสูงกว่าเส้นความกดอากาศต่ำ ข และเนื่องจากผลของการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้อากาศในซีกโลกเหนือเบนไปทางขวามือจากทิศทางเดิม ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศจึงเป็นดังรูป

บริเวณซีกโลกใต้ อากาศเคลื่อนจากเส้นความกดอากาศต่ำ ง ไปยังเส้นความกดอากาศต่ำ ค เนื่องจากเส้นความกดอากาศต่ำ ง มีความกดอากาศสูงกว่าเส้นความกดอากาศต่ำ ค และเนื่องจากผลของการหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้อากาศในซีกโลกใต้เบนไปทางซ้ายมือจากทิศทางเดิม ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศจึงเป็นดังรูป

- วันหนึ่ง นิดกับหน้อยได้นัดกันไปเล่นว่าว ในขณะที่กำลังเล่นว่าวพบว่า ว่าวของหน้อยลอยอยู่สูงกว่าของนิด ทั้งที่ว่าวของทั้งสองคนมีขนาดและรูปร่างเท่ากัน นักเรียนคิดว่าใครต้องออกแรงในการควบคุมว่าวมากกว่า เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ หน้อยต้องออกแรงในการควบคุมว่ามากกว่านิด เพราะว่าว่าวของหน้อยอยู่สูงกว่าว่าวของนิด จากความรู้เรื่องแรงเสียดทานที่ลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มมากขึ้นทำให้ทราบว่ที่ระดับความสูงเพิ่มมากขึ้นลมยิ่งแรง

3. จากแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วไปให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้



3.1 เหตุใดอากาศจึงยกตัวขึ้นบริเวณศูนย์สูตร และบริเวณละติจูดที่ 60 องศา

แนวคำตอบ อากาศยกตัวบริเวณศูนย์สูตรเนื่องจากบริเวณนี้ได้รับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณมาก อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบริเวณนี้จึงสูงและเกิดการยกตัวของอากาศ

อากาศยกตัวบริเวณละติจูดที่ 60 องศา เกิดเนื่องจากอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนมายังละติจูดต่ำจะสะสมพลังงานและความชื้น เมื่อมาปะทะกับอากาศที่อุ่นกว่าที่บริเวณละติจูดที่ 60 องศา อากาศเกิดการยกตัว

3.2 เหตุใดอากาศจึงจมตัวลงบริเวณละติจูดที่ 30 องศา และบริเวณขั้วโลก

แนวคำตอบ อากาศจมตัวบริเวณละติจูดที่ 30 องศา เนื่องจากอากาศที่ยกตัวบริเวณศูนย์สูตรเคลื่อนตัวไปตามละติจูดที่สูงขึ้นอากาศจึงมีอุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้อากาศมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ความกดอากาศจึงสูงขึ้นและจมตัวลง บริเวณขั้วโลกอากาศจมตัวเนื่องจากบริเวณขั้วโลกมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อยจึงมีอุณหภูมิต่ำและมีความกดอากาศสูง

3.3 ทิศทางของลมพื้นผิวบริเวณละติจูด 0 ถึง 30 องศาเหนือแตกต่างจากทิศทางของลมบริเวณละติจูด 0 ถึง 30 องศาใต้ อย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ทิศทางของลมพื้นผิวบริเวณละติจูด 0 ถึง 30 องศาเหนือพัดจากตะวันออกระเบียงเหนือไปตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งแตกต่างจากทิศทางของลมบริเวณละติจูด 0 ถึง 30 องศาใต้ ที่พัดจากตะวันออกระเบียงใต้ไปตะวันตกเฉียงเหนือ ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากแรงคอริโอลิสทำให้อากาศในซีกโลกเหนือเบนไปทางขวามือจากทิศทางการเคลื่อนที่เดิม และเบนไปทางซ้ายมือในซีกโลกใต้

4. ให้นักเรียนเติมลักษณะภูมิอากาศและลมประจำเขตละติจูดลงในช่องว่างให้สอดคล้องกับการหมุนเวียนของอากาศในแต่ละแถบละติจูด
- ก. ลมตะวันออก
 - ข. ลมตะวันตก
 - ค. ภูมิอากาศตั้งแต่แบบแห้งแล้งจนถึงภูมิอากาศแบบอบอุ่น
 - ง. ภูมิอากาศตั้งแต่แบบร้อนชื้นจนถึงภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง
 - จ. บริเวณที่มีภูมิอากาศตั้งแต่ภูมิอากาศอบอุ่นจนถึงภูมิอากาศหนาว

การหมุนเวียนของอากาศในแต่ละแถบละติจูด	ภูมิอากาศและลมประจำเขตละติจูด
การหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อน	ก ง
การหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลก	ก จ
การหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลาง	ข ค

5. ระบุภูมิภาคอากาศที่พบบริเวณรอยต่อของเขตละติจูด พร้อมอธิบายการเกิด

บริเวณรอยต่อ	ภูมิภาคอากาศ	การเกิดภูมิภาคอากาศ
ละติจูด 60 องศา เหนือและใต้	ภูมิภาคอากาศแบบอบอุ่นชื้น มีเมฆและหยาดน้ำฟ้าปริมาณมาก	อากาศที่อุ่นกว่าจากการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางมาปะทะกับอากาศเย็นจากการหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกแล้วยกตัวขึ้น
ละติจูด 30 องศา เหนือและใต้	ภูมิภาคอากาศแบบแห้งแล้งทะเลทราย มีหยาดน้ำฝ้าน้อย	อากาศที่เคลื่อนมาจากศูนย์สูตรสูญเสียความชื้นจากการเกิดเมฆและฝน อีกทั้งอุณหภูมิอากาศที่ลดต่ำลงทำให้อากาศจมตัว
เส้นศูนย์สูตร	ภูมิภาคอากาศแบบร้อนชื้น มีเมฆมาก เกิดฝนฟ้าคะนองและฝนชุกตลอดปี	1) บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงและพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นมหาสมุทรทำให้น้ำระเหยเข้าสู่อากาศได้มาก 2) ลมค้าจากซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้พัดเข้าหากันบริเวณศูนย์สูตร ทำให้อากาศยกตัวขึ้นอย่างรุนแรง ก่อตัวเป็นแนวความกดอากาศต่ำ

บทที่

9

| การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร
(Circulation of the Ocean)

ipst.me/8847

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

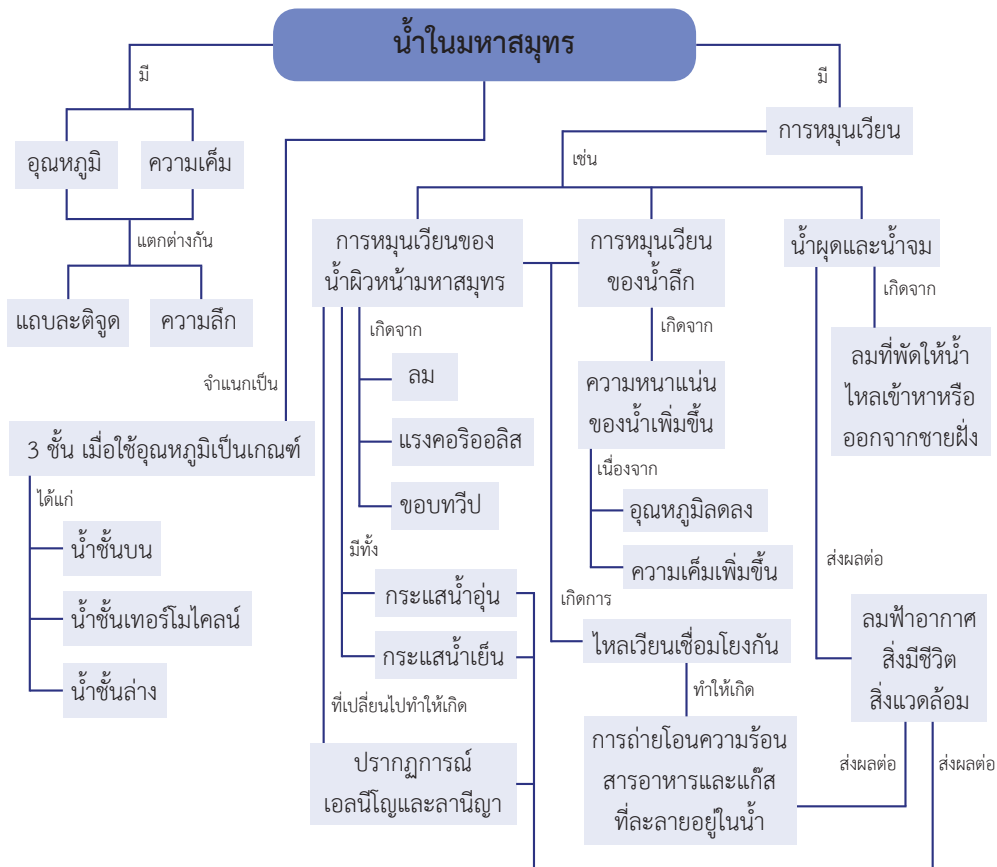
ผลการเรียนรู้

1. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร
2. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร
3. อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลให้อุณหภูมิและความเค็มของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรในแต่ละแถบละติจูดแตกต่างกัน
2. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำในมหาสมุทรในแต่ละระดับความลึก
3. อธิบายการจำแนกชั้นของน้ำในมหาสมุทร
4. อธิบายปัจจัยและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร
5. อธิบายปัจจัยและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำลึก
6. อธิบายการเกิดน้ำผุดและน้ำจมและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. วิเคราะห์ข้อมูลและอธิบายผลจากการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร
8. อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 6. การสร้างแบบจำลอง	1. ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 2. การยอมรับความเห็นต่าง 3. ความซื่อสัตย์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

น้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีอุณหภูมิและความเค็มแตกต่างกันในแต่ละแถบละติจูด และแต่ละระดับความลึก เนื่องจากได้รับปัจจัยแตกต่างกัน



น้ำในมหาสมุทรแบ่งได้ 3 ชั้น เมื่อใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ ได้แก่ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง



น้ำในมหาสมุทรเกิดการหมุนเวียนรูปแบบต่าง ๆ เช่น กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร กระแสน้ำลึก น้ำผุด และน้ำจม



การหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลัก ได้แก่ ลม ขอบทวีป และแรงคอริโอลิส



กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีทั้งกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น ซึ่งส่งผลต่อลมฟ้าอากาศแตกต่างกัน



กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่ไหลไปยังเขตขั้วโลกจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำจมตัวลงสู่ด้านล่างและไหลอยู่ในระดับลึก เรียกว่า กระแสน้ำลึก



กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรและกระแสน้ำลึกไหลเวียนเชื่อมโยงกัน เกิดเป็นการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร



ชายฝั่งบางบริเวณที่มีลมพัดเหนือผิวน้ำในทิศทางที่เหมาะสม จะทำให้เกิดน้ำผุดหรือน้ำจม ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศในมหาสมุทร



เมื่อการหมุนเวียนของอากาศเกิดความแปรปรวน ทำให้การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สภาพลมฟ้าอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

สาระสำคัญ

น้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิและความเค็มของน้ำแตกต่างกันในแต่ละแถบละติจูดและแต่ละระดับความลึก ซึ่งหากพิจารณามวลน้ำในแนวตั้งและใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งชั้นน้ำ ได้เป็น 3 ชั้น คือ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง

การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรได้รับอิทธิพลจากการหมุนเวียนของอากาศในแต่ละแถบละติจูดเป็นปัจจัยหลักประกอบกับแรงคอริโอลิสและขอบทวีปที่ขวางกั้นการไหลของน้ำ ทำให้กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ซึ่งกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีทั้งกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น ส่วนการหมุนเวียนของกระแสน้ำลึกเกิดจากน้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงจมตัวลงและไหลอยู่ในระดับลึก ทั้งกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรและกระแสน้ำลึกจะหมุนเวียนต่อเนื่องกันเกิดเป็นการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร นอกจากนี้ ชายฝั่งบางบริเวณอาจเกิดน้ำผุดหรือน้ำจม ซึ่งเป็นการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรรูปแบบหนึ่ง ที่ส่งผลต่อระบบนิเวศในมหาสมุทร

การหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทร ส่งผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไป หากการหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทรเกิดความแปรปรวนจะทำให้เกิดผลกระทบ เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของลมค้าและส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศของประเทศที่อยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก รวมถึงบริเวณอื่น ๆ บนโลก

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง

- | | |
|---|-----------|
| 1. อุณหภูมิและความเค็มของมหาสมุทร | 4 ชั่วโมง |
| 2. การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร | 6 ชั่วโมง |
| 3. การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรกับลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ | 4 ชั่วโมง |

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✕ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อ	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนผิวโลกมีค่ามากที่สุดในเขตร้อน	✓
2	เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงไป ความหนาแน่นของสารยังคงเท่าเดิม (เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนไปจะทำให้ความหนาแน่นของสารเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยทั่วไปความหนาแน่นของสารจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารลดลง แต่สารบางชนิด เช่น น้ำ จะมีความหนาแน่นสูงสุดเมื่อมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิของน้ำลดลงต่ำกว่านี้ความหนาแน่นของน้ำจะลดลง)	✕
3	เมื่อน้ำได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นและเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ	✓
4	เมื่อน้ำมีอุณหภูมิและปริมาตรเท่ากัน น้ำที่มีเกลือละลายอยู่มากจะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำที่มีเกลือละลายอยู่น้อย	✓
5	สารละลายชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการแยกชั้น โดยสารละลายที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะลอยอยู่ด้านบน และสารละลายที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะจมตัวอยู่ด้านล่าง	✓
6	ความร้อนถูกถ่ายโอนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า	✓

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มเท่ากันทั้งหมด	น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มแตกต่างกันในแต่ละแถบละติจูดและแต่ละระดับความลึก
น้ำในภูเขาน้ำแข็ง (iceberg) เป็นน้ำเค็ม	น้ำในภูเขาน้ำแข็ง (iceberg) เป็นน้ำจืด
น้ำในแต่ละมหาสมุทรไม่เกิดการไหลเวียนระหว่างกัน	น้ำในแต่ละมหาสมุทรเกิดการไหลเวียนเชื่อมโยงถึงกัน
น้ำในมหาสมุทรที่อยู่ในระดับลึกไม่เกิดการหมุนเวียนหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ทั้งสิ้น	น้ำในมหาสมุทรที่อยู่ในระดับลึกมีการหมุนเวียนที่เรียกว่ากระแสน้ำลึก นอกจากนี้ น้ำลึกบางบริเวณอาจยกตัวขึ้นด้านบนเกิดเป็นน้ำผุด และน้ำผิวน้ำมหาสมุทรอาจจมตัวลงด้านล่างเกิดเป็นน้ำจม
น้ำผุดเกิดจากน้ำที่อยู่ในระดับลึกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ยกตัวขึ้นสู่ด้านบน	น้ำผุดเกิดจากน้ำผิวน้ำมหาสมุทรไหลแยกออกจากกัน หรือไหลออกจากชายฝั่ง ทำให้น้ำที่อยู่ลึกลงไปยกตัวขึ้นมาแทนที่
น้ำในมหาสมุทรที่มีสารอาหารมากจะมีแพลงก์ตอนพืชมาก	น้ำในมหาสมุทรที่มีสารอาหารมากจะมีแพลงก์ตอนพืชมาก ก็ต่อเมื่อน้ำบริเวณนั้นมีอุณหภูมิเหมาะสมและได้รับแสงจากดวงอาทิตย์
มหาสมุทรไม่มีความเกี่ยวข้องกันลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ	มหาสมุทรส่งผลต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศในแต่ละบริเวณอย่างมาก
ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมเท่านั้น	ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลดีในบางพื้นที่ เช่น ทำให้อากาศในฤดูหนาวไม่หนาวเย็นจนเกินไป และในฤดูร้อนมีอากาศร้อนน้อยลง ลดความเสี่ยงในการเกิดพายุเฮอริเคน ทำให้บางพื้นที่ชุ่มชื้นขึ้นส่งผลให้มีผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น

9.1 อุณหภูมิและความเค็มของมหาสมุทร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลให้อุณหภูมิและความเค็มของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรแตกต่างกันในแต่ละแถบละติจูด
2. อธิบายปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำในมหาสมุทรในแต่ละระดับความลึก
3. อธิบายการจำแนกชั้นของน้ำในมหาสมุทร

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตรูปนำบทในหนังสือเรียนหน้า 53 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้
 - พื้นที่สีน้ำตาล และพื้นที่สีน้ำเงินหมายถึงสิ่งใด
แนวคำตอบ พื้นที่สีน้ำตาลหมายถึงแผ่นดิน และพื้นที่สีน้ำเงินหมายถึงมหาสมุทร
 - เส้นสีขาวยบนมหาสมุทรหมายถึงสิ่งใด
แนวคำตอบ การไหลของน้ำในมหาสมุทร
 - นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรจึงมีรูปแบบไหลดังที่ปรากฏในรูป
แนวคำตอบ นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเองโดยครูยังไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้อง
 ทั้งนี้ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตวิถีทิศทางการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรจาก QR Code ประจำบทในหนังสือเรียนหรือคู่มือครู โดยครูชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อนว่าการเคลื่อนที่ของเส้นสีขาวยในวิถีทิศันแทนการไหลของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันสังเกตว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร โดยครูให้นักเรียนตอบได้ตามความเห็นของตนเองโดยครูยังไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้อง
 ครูอาจชี้แจงเกี่ยวกับรูปหรือวิถีทิศันการไหลของน้ำเพิ่มเติมว่า “การไหลที่ปรากฏในรูปหรือวิถีทิศัน เป็นการจำลองการไหลของน้ำที่อยู่บริเวณผิวหน้ามหาสมุทรซึ่งจัดทำขึ้นโดยองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติหรือองค์การนาซา (NASA)”
2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญของการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรว่า “การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อน และการหมุนเวียนของสารอาหารรวมทั้งแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำไปยังบริเวณต่าง ๆ ของโลก ช่วยให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต หากการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนไปจากเดิมจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต” โดยนักเรียนจะศึกษาในบทที่ 9

3. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ว่ามหาสมุทรเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานขนาดใหญ่ของโลก ซึ่งกักเก็บความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับมหาสมุทรจากหนังสือเรียนหน้า 55 จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- รูปร่างของมหาสมุทรมีลักษณะเหมือนเดิมตั้งแต่มหาสมุทรกำเนิดขึ้นบนโลกหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่เหมือนเดิม เพราะรูปร่างมหาสมุทรเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

- มหาสมุทรเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ขนาดใหญ่ของโลกหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มหาสมุทรเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ขนาดใหญ่ของโลก เพราะมหาสมุทรมีขนาดกว้างใหญ่และปริมาณน้ำมหาศาล

- มหาสมุทรปกคลุมพื้นโลกประมาณกี่ตารางกิโลเมตร

แนวคำตอบ ประมาณ 360 ล้านตารางกิโลเมตร

- มหาสมุทรมีความลึกเฉลี่ยประมาณกี่กิโลเมตร

แนวคำตอบ ประมาณ 3.8 กิโลเมตร

- น้ำในมหาสมุทรมีปริมาตรประมาณกี่ลูกบาศก์กิโลเมตร

แนวคำตอบ ประมาณ 1,338 ล้านลูกบาศก์กิโลเมตร

4. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “น้ำในมหาสมุทรจะมีอุณหภูมิและความเค็มเท่ากันทั้งหมดหรือไม่”

5. ครูให้นักเรียน ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร ที่ระดับความลึก 5 เมตร จากผิวน้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2555 จากรูป 9.2 ในหนังสือเรียนหน้า 56 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- แถบสีต่าง ๆ ในรูป แทนสิ่งใด

แนวคำตอบ อุณหภูมิของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร

- น้ำผิวหน้ามหาสมุทรแต่ละบริเวณมีอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงที่สุด และอุณหภูมิจะลดลงตามละติจูดที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีอุณหภูมิต่ำสุดที่บริเวณขั้วโลก

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงมีอุณหภูมิสูง และน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณขั้วโลกจึงมีอุณหภูมิต่ำ

แนวคำตอบ บริเวณแถบศูนย์สูตรรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวน้ำในแนวตั้งฉากทำให้ความเข้มรังสีที่ตกลงบนผิวน้ำมาก น้ำที่ผิวหน้ามหาสมุทรจึงดูดกลืนพลังงานไว้ได้มากทำให้มีอุณหภูมิสูง ส่วนบริเวณละติจูดที่สูงขึ้นรังสีดวงอาทิตย์จะตกกระทบผิวน้ำในแนวเฉียงมากขึ้นทำให้ความเข้มรังสีลดลง ส่งผลให้น้ำที่ผิวหน้ามหาสมุทรมีอุณหภูมิต่ำ

6. ครูให้นักเรียน ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ ความเค็มเฉลี่ยของน้ำผิวน้ำมหาสมุทร ที่ระดับความลึก 5 เมตรจากผิวน้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2555 จากรูป 9.3 ในหนังสือเรียนหน้า 57 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถาม ดังนี้

- แถบสีต่าง ๆ ในรูป แทนสิ่งใด

แนวคำตอบ ความเค็มของน้ำผิวน้ำมหาสมุทร

- น้ำผิวน้ำมหาสมุทรแต่ละบริเวณมีความเค็มแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณละติจูด 23.5 องศาทั้งในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ จะมีความเค็มมากที่สุด ส่วนน้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีความเค็มปานกลาง และน้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณขั้วโลกมีความเค็มต่ำ

- เพราะเหตุใด น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณขั้วโลกจึงมีความเค็มต่ำ

แนวคำตอบ น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณขั้วโลกได้รับน้ำจืดปริมาณมากทั้งจากแผ่นดิน หยาดน้ำฟ้า และการหลอมเหลวของภูเขาน้ำแข็ง (iceberg) ประกอบกับพื้นที่แถบนี้มีอุณหภูมิต่ำทำให้อากาศกักเก็บไอน้ำได้น้อยส่งผลให้การระเหยของน้ำเข้าสู่บรรยากาศเกิดขึ้นได้น้อย

- เพราะเหตุใด น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณละติจูด 23.5 องศาเหนือและใต้จึงมีความเค็มสูง

แนวคำตอบ บริเวณละติจูด 23.5 องศาเหนือและใต้มีการจมตัวของอากาศระดับสูงลงสู่พื้นผิวโลกซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการหมุนเวียนอากาศในแอตลันติกและเพอร์เรลเซลล์ทำให้อากาศเหนือมหาสมุทรบริเวณนี้มีความชื้นน้อย ส่งผลให้น้ำระเหยเข้าสู่บรรยากาศได้มาก ประกอบกับได้รับหยาดน้ำฟ้าและน้ำจืดจากแผ่นดินน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ

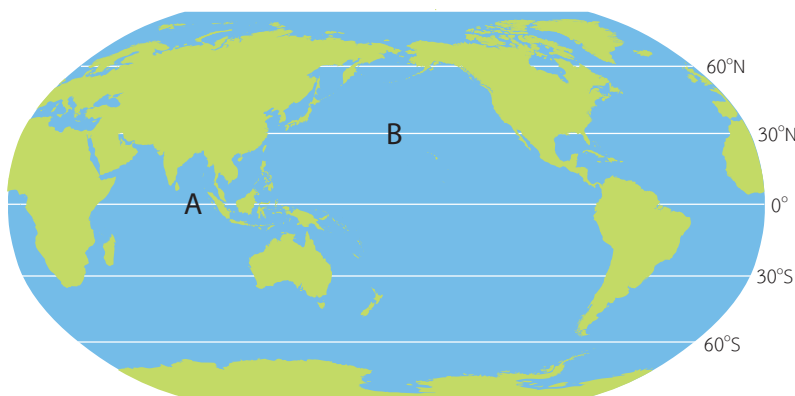
- เพราะเหตุใด น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงมีความเค็มปานกลาง

แนวคำตอบ บริเวณเส้นศูนย์สูตรเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มข้นมากจึงเกิดการระเหยของน้ำได้มาก แต่ในขณะเดียวกันก็ได้รับน้ำจืดจากแผ่นดินและหยาดน้ำฟ้าที่บริเวณร่องความกดอากาศต่ำซึ่งเป็นผลมาจากการหมุนเวียนอากาศในแอตลันติกเซลล์

7. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเค็มของน้ำในมหาสมุทรว่า

- ความเค็มของน้ำในมหาสมุทรเกิดจากไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยมีไอออนหลักคือไอออนของโซเดียมและคลอไรด์
- นักวิทยาศาสตร์ระบุความเค็มของน้ำทะเลโดยใช้หน่วย ppt (part per thousand: ‰) ซึ่งหมายถึงปริมาณของเกลือในหน่วยกรัมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม เมื่อทำการระเหยน้ำทะเลจนกระทั่งเหลือแต่ปริมาณเกลือ หรืออาจใช้หน่วย PSU (practical salinity unit) ซึ่งหน่วยดังกล่าวได้จากการวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำทะเลและแปลงกลับมาเป็นความเค็ม โดยในบางครั้งอาจไม่ระบุหน่วย PSU โดยปรากฏเพียงตัวเลขที่ระบุความเค็มเท่านั้น
- การระบุความเค็มในรูปแบบต่าง ๆ จะมีค่าเท่ากัน เช่น น้ำทะเลที่มีความเค็ม 35 (ไม่ระบุหน่วย) จะมีความเค็มเท่ากับ 35 PSU และ 35 ppt

- การใช้หน่วยต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับวิธีตรวจวัด เช่น ใช้หน่วย ppt เมื่อตรวจวัดความเค็มด้วยการไทเทรตหรือใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ ใช้หน่วย PSU หรือโมระบูหน่วย เมื่อใช้เครื่องมือที่ตรวจวัดความนำไฟฟ้าของน้ำทะเล
8. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำผิวน้ำมหาสมุทรแต่ละบริเวณมีอุณหภูมิและความเค็มแตกต่างกัน โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 58
- น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณ A มีอุณหภูมิและความเค็มสูงกว่าบริเวณ B ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด



แนวคำตอบ บริเวณ A มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณ B เพราะ รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณ A ในแนวตั้งฉาก ส่วนบริเวณ B รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวน้ำมหาสมุทรในแนวเฉียง ทำให้พื้นผิวน้ำบริเวณ A มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณ B ดังนั้น น้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณ A จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณ B

บริเวณ B มีความเค็มสูงกว่าบริเวณ A เพราะ เหนือผิวน้ำบริเวณ B มีการจมตัวของอากาศที่มีความชื้นน้อยทำให้น้ำผิวน้ำมหาสมุทรเกิดการระเหยได้มาก ประกอบกับบริเวณนี้ได้รับหยาดน้ำฟ้าน้อยกว่าบริเวณอื่นจึงทำให้มีความเค็มสูง ในขณะที่บริเวณ A เกิดการระเหยของน้ำผิวน้ำมหาสมุทรได้มากเนื่องจากมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก แต่ก็ได้รับน้ำจืดจากแผ่นดินและหยาดน้ำฟ้าทำให้บริเวณนี้มีความเค็มน้อยกว่าบริเวณ B

9. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับภูเขาน้ำแข็ง (iceberg) ว่า
- ภูเขาน้ำแข็ง (Iceberg) คือ ก้อนน้ำแข็งที่เป็นน้ำจืดขนาดใหญ่ที่ลอยอยู่ในมหาสมุทรซึ่งเกิดจากการแตกออกของธารน้ำแข็งหรือแผ่นน้ำแข็งขนาดใหญ่ในแถบขั้วโลก ความหนาแน่นของภูเขาน้ำแข็งน้อยกว่าน้ำในมหาสมุทรเล็กน้อยทำให้มวลบางส่วนของภูเขาน้ำแข็งโผล่พ้นผิวน้ำ เมื่อภูเขาน้ำแข็งหลอมเหลวจะทำให้ความเค็มของน้ำโดยรอบลดลง

10. ครูสุรूपทบทวนความรู้ที่ผ่านมามีอีกครั้งว่า น้ำผิวหน้ามหาสมุทรแต่ละบริเวณบนโลกมีอุณหภูมิและความเค็มแตกต่างกัน และครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “ถ้าเป็นน้ำในมหาสมุทรบริเวณเดียวกัน แต่อยู่ในระดับความลึกต่างกันจะมีอุณหภูมิและความเค็มเหมือนกันหรือไม่อย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.1

กิจกรรม 9.1 การแบ่งชั้นของน้ำ

จุดประสงค์กิจกรรม

สังเกต และอธิบายอุณหภูมิและความเค็มของน้ำในมหาสมุทรตามความลึกโดยใช้แบบจำลอง
เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติกใส ขนาด 1.5 ลิตร	1	ใบ
2. สายยางลาเท็กซ์ (สายรัดห้ามเลือด) หรือสายน้ำเกลือ ยาว 40 เซนติเมตร	1	เส้น
3. น้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส)	700	มิลลิลิตร
4. น้ำอุ่น (อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส)	700	มิลลิลิตร
5. น้ำอุณหภูมิห้อง	1,400	มิลลิลิตร
6. สีส้มอาหารสีเหลือง	1	ขวด
7. สีส้มอาหารสีฟ้า	1	ขวด
8. เกลือ	100	กรัม
9. เทอร์มอมิเตอร์ ยาว 30 เซนติเมตร	1	อัน
10. ชุดขาตั้งพร้อมที่จับ	1	ชุด
11. ปีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร	2	ใบ
12. แท่งแก้วคนสาร	2	อัน
13. กรวยพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร	1	อัน
14. ดินน้ำมันก้อนเล็ก	1	ก้อน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

- 1. ครูอาจให้นักเรียนตัดปากขวดมาล่วงหน้าเพื่อความรวดเร็วในการทำกิจกรรม
- 2. ครูอาจเตรียมเกลือ 100 กรัมไว้ให้นักเรียนเพื่อความรวดเร็วในการทำกิจกรรม

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรทำกิจกรรมด้วยตนเองก่อนนำไปสอนในชั้นเรียน
2. ครูอาจเตรียมน้ำอุ่น น้ำเย็น และน้ำสี ไว้ให้นักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนทำกิจกรรมได้รวดเร็วขึ้น
3. ในกิจกรรมตอนที่ 1 ครูควรเน้นย้ำนักเรียนว่าไม่ควรตั้งน้ำอุ่นและน้ำเย็นทิ้งไว้เป็นเวลานานหากยังไม่เริ่มทำกิจกรรมเนื่องจากจะทำให้ผลการทำกิจกรรมไม่ชัดเจน
4. ครูควรเน้นย้ำนักเรียนว่าในขณะที่ทำกิจกรรมควรทำโดยเบามือมากที่สุดเพื่อให้เห็นผลการทำกิจกรรมที่ชัดเจน
5. ครูอาจใช้สายออกซิเจนเลี้ยงประกอบเข้ากับวาล์วแทนการใช้สายน้ำเกลือ

วิธีทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของน้ำตามระดับความลึก

1. เตรียมชุดอุปกรณ์ ดังนี้
 - 1.1 สอดสายยางเข้าไปในปลายกรวย จากนั้นใช้ดินน้ำมันอุดช่องว่างระหว่างด้านในสายยางกับกรวย ดังรูป
- 1.2 ตัดปากขวดน้ำให้เหลือความสูง 26 เซนติเมตร
- 1.3 ทำสัญลักษณ์แสดงค่าระดับความสูงที่ด้านนอกขวด ให้มีระยะห่างกันช่องละ 2 เซนติเมตร โดยให้ขีดระดับ 0 เซนติเมตรอยู่ห่างจากปากขวด 2 เซนติเมตร ดังรูป
2. เตรียมน้ำสี ดังนี้
 - 2.1 เทน้ำอุ่น 700 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จากนั้น หยดสีผสมอาหารสีเหลือง จำนวน 10 หยด คนให้เข้ากัน
 - 2.2 เทน้ำเย็น 700 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จากนั้น หยดสีผสมอาหารสีฟ้าจำนวน 10 หยด คนให้เข้ากัน
3. ค่อย ๆ เทน้ำสีจากบีกเกอร์ใบที่ 1 ลงในขวด จนกระทั่งผิวน้ำอยู่ที่ขีดระดับ 12 เซนติเมตร



4. ยึดปลายกรวยเข้ากับชุดขาตั้งพร้อมที่จับโดยให้กรวยอยู่เหนือขวด และหย่อนสายยางลงในขวดโดยให้ปลายสายยางอยู่ที่ก้นขวด ดังรูป จากนั้นปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำในขวดนิ่ง
5. ค่อย ๆ เทน้ำสีจากบีกเกอร์ใบที่ 2 ลงในขวดผ่านกรวย จนกระทั่งน้ำอยู่ที่ขีดบอกระดับ 0 เซนติเมตร จากนั้นค่อย ๆ นำกรวยออกจากขวดและสังเกตสีของน้ำบนที่กผล
6. นำเทอร์มอมิเตอร์หย่อนลงในขวดพร้อมยึดเข้ากับชุดขาตั้งพร้อมที่จับ แล้ววัดอุณหภูมิน้ำทุก 2 เซนติเมตรโดยเริ่มจากด้านบนของขวด บนที่กผล
7. นำข้อมูลที่ได้มาวาดกราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำตามความลึก
8. แบ่งชั้นน้ำพร้อมบอกเกณฑ์ที่ใช้ และระบุชั้นน้ำตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น
9. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

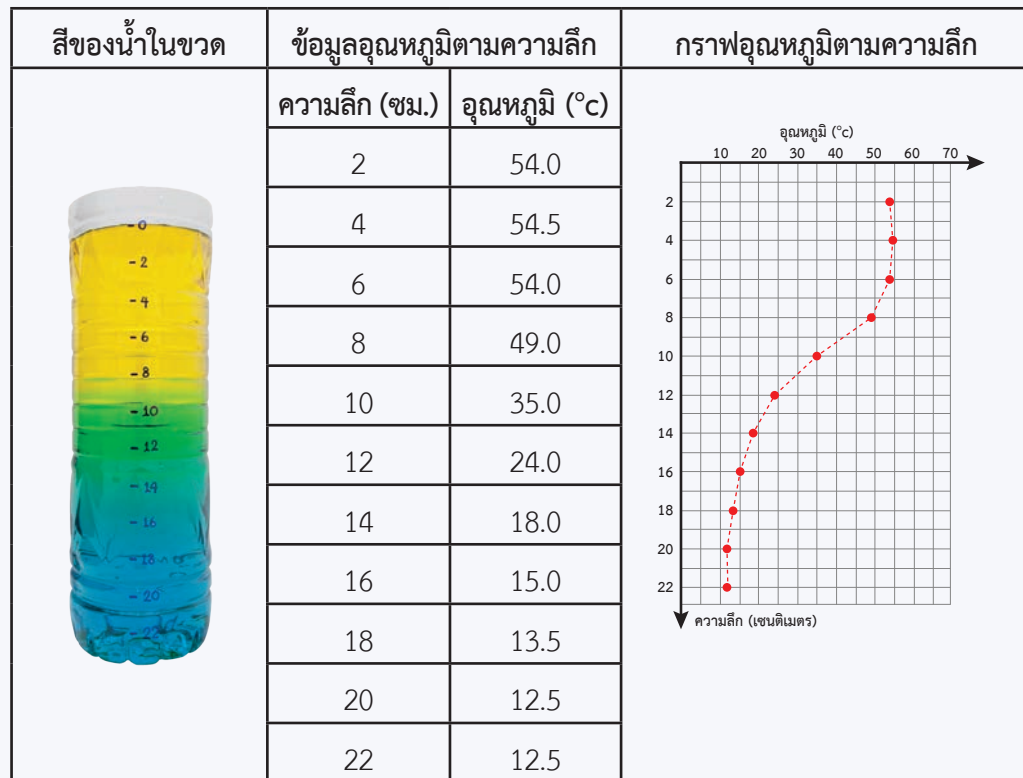


ตอนที่ 2 ความเค็มของน้ำตามระดับความลึก

1. เตรียมชุดอุปกรณ์เช่นเดียวกับข้อ 1 ในตอนที่ 1
2. เตรียมน้ำสี ดังนี้
 - 2.1 เทน้ำอุณหภูมิห้อง 700 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 จากนั้น หยดสีผสมอาหารสีเหลืองจำนวน 10 หยด คนให้เข้ากัน
 - 2.2 เทน้ำอุณหภูมิห้อง 700 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 จากนั้น เติมน้ำเกลือ 100 กรัม และหยดสีผสมอาหารสีฟ้าจำนวน 10 หยด คนให้เกลือละลายจนหมด
3. ค่อย ๆ เทน้ำสีจากบีกเกอร์ใบที่ 1 ลงในขวด จนกระทั่งผิวน้ำอยู่ที่ระดับ 12 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำในขวดนิ่ง
4. ค่อย ๆ เทน้ำสีจากบีกเกอร์ใบที่ 2 ลงในขวด โดยใช้ชุดกรวยที่ยึดเข้ากับชุดขาตั้งพร้อมที่จับเช่นเดียวกับตอนที่ 1 จากนั้นสังเกตสีของน้ำในชุดการทดลอง
5. แบ่งชั้นน้ำพร้อมบอกเกณฑ์ที่ใช้ และระบุชั้นน้ำตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น
6. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของน้ำตามระดับความลึก



ตอนที่ 2 ความเค็มของน้ำตามระดับความลึก



สรุปผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของน้ำตามระดับความลึก

น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะอยู่ด้านบน น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะอยู่ด้านล่าง น้ำบางส่วนมีการผสมกันและอยู่ตรงกลาง ที่เป็นเช่นนี้เพราะอุณหภูมิส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำ โดยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำจึงลอยอยู่ด้านบน และน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นสูงจึงจมตัวอยู่ด้านล่าง

เมื่อใช้อุณหภูมิของน้ำเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งชั้นน้ำได้ 3 ชั้น ดังนี้

- น้ำชั้นที่อยู่ด้านบน (น้ำชั้นสีเหลือง) มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก
- น้ำชั้นที่อยู่ตรงกลาง (น้ำชั้นสีเขียว) มีอุณหภูมิลดลงตามระดับความลึก
- น้ำชั้นที่อยู่ด้านล่าง (น้ำชั้นสีฟ้า) มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก

ตอนที่ 2 ความเค็มของน้ำตามระดับความลึก

น้ำที่มีความเค็มต่ำกว่าจะอยู่ด้านบน น้ำที่มีความเค็มสูงกว่าจะอยู่ด้านล่าง น้ำบางส่วนมีการผสมกันและอยู่ชั้นกลาง ที่เป็นเช่นนี้เพราะความเค็มส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำ โดยน้ำที่มีความเค็มสูงจะมีความหนาแน่นสูงจึงอยู่ชั้นล่าง และน้ำที่มีความเค็มต่ำจะมีความหนาแน่นต่ำจึงอยู่ชั้นบน

เมื่อใช้ความเค็มของน้ำเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งชั้นน้ำได้ 3 ชั้น ดังนี้

- น้ำชั้นที่อยู่ด้านบน (น้ำชั้นสีเหลือง) เป็นน้ำจืด
- น้ำชั้นที่อยู่ตรงกลาง (น้ำชั้นสีเขียว) มีความเค็มลดลงตามระดับความลึก
- น้ำชั้นที่อยู่ด้านล่าง (น้ำชั้นสีฟ้า) มีความเค็มใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก

คำถามท้ายกิจกรรม

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของน้ำตามระดับความลึก

1. จากแบบจำลองสามารถแบ่งน้ำได้กี่ชั้น และใช้เกณฑ์ใด

แนวคำตอบ แบ่งน้ำได้ 3 ชั้น โดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

2. น้ำแต่ละชั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ น้ำแต่ละชั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยน้ำชั้นที่อยู่ด้านบนมีอุณหภูมิสูง น้ำชั้นที่อยู่ตรงกลางตรงกลางมีอุณหภูมิปานกลาง และน้ำชั้นที่อยู่ด้านล่างมีอุณหภูมิต่ำ

3. ภายในน้ำชั้นเดียวกันมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำชั้นที่อยู่ด้านบนและน้ำชั้นที่อยู่ด้านล่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก ส่วนน้ำที่อยู่ตรงกลางมีอุณหภูมิลดลงตามความลึก

4. เพราะเหตุใด น้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจึงแยกกันเป็นชั้น

แนวคำตอบ เพราะอุณหภูมิส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำ โดยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำจึงลอยอยู่ด้านบน และน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นสูงจึงจมอยู่ด้านล่าง

ตอนที่ 2 ความเค็มของน้ำตามระดับความลึก

1. จากแบบจำลองสามารถแบ่งน้ำได้กี่ชั้น และใช้เกณฑ์ใด

แนวคำตอบ แบ่งน้ำได้ 3 ชั้น โดยการใช้การเปลี่ยนแปลงของความเค็มตามความลึกเป็นเกณฑ์

2. น้ำแต่ละชั้นมีความเค็มแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และทราบได้จากข้อมูลใด

แนวคำตอบ น้ำแต่ละชั้นมีความเค็มแตกต่างกัน โดยน้ำที่อยู่ด้านบนเป็นน้ำจืด น้ำที่อยู่ตรงกลางมีความเค็มปานกลาง และน้ำที่อยู่ด้านล่างเป็นน้ำที่มีความเค็มมาก ทราบได้จากการสังเกตสีของน้ำ โดยน้ำสีเหลืองเป็นน้ำที่ไม่ได้ผสมเกลือจึงเป็นน้ำจืด น้ำสีฟ้าเป็นน้ำที่ผสมเกลือจึงเป็นน้ำเค็ม และน้ำสีเขียวเป็นน้ำที่เกิดจากการผสมกันระหว่างน้ำสีเหลืองและน้ำสีฟ้าจึงมีความเค็มปานกลาง

3. เพราะเหตุใด น้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันจึงแยกกันเป็นชั้น

แนวคำตอบ เพราะความเค็มส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำ โดยน้ำที่มีความเค็มน้อยจะมีความหนาแน่นต่ำจึงลอยอยู่ด้านบน และน้ำที่มีความเค็มมากจะมีความหนาแน่นสูงจึงจมอยู่ด้านล่าง

11. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
12. ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มตามความลึก และการแบ่งชั้นน้ำจากหนังสือเรียนหน้า 62 - 64 จากนั้นนำเสนออภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมที่ 9.1 โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอภิปราย

- ในธรรมชาติอุณหภูมิและความเค็มของน้ำในมหาสมุทรมีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก เช่นเดียวกับในแบบจำลอง และเนื่องจากอุณหภูมิและความเค็มส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำ ทำให้น้ำที่มีความหนาแน่นสูงเคลื่อนตัวลงไปสู่ระดับความลึกมากขึ้น ความหนาแน่นของน้ำจึงเพิ่มขึ้นตามความลึก
- การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำตามความลึกทำให้สามารถแบ่งน้ำในมหาสมุทรออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง
- น้ำชั้นบน เป็นชั้นน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำชั้นอื่น ๆ เนื่องจากได้รับรังสีดวงอาทิตย์และ

ได้รับแรงกระทำจากคลื่น กระแสน้ำ และน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้น้ำผสมผสานกันดี อุณหภูมิและความเค็มของน้ำจึงใกล้เคียงกันทุกระดับความลึก โดยทั่วไปน้ำชั้นบนมีความหนาไม่เกิน 200 เมตร

- น้ำชั้นล่าง เป็นน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำเนื่องจากเป็นน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณขั้วโลกที่จมตัวลงด้านล่างและไหลในระดับลึกไปยังบริเวณต่าง ๆ ของมหาสมุทรโดยไม่ผสมกับมวลน้ำอื่น ๆ ทำให้น้ำชั้นล่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก
- น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ เป็นชั้นน้ำที่เกิดจากการผสมกันระหว่างน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง ทำให้น้ำชั้นนี้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความลึกมากกว่าน้ำชั้นอื่น ๆ โดยอุณหภูมิจะลดลงตามระดับความลึก
- บริเวณปากอ่าวไทย น้ำชั้นบนมีความหนาประมาณ 40 - 50 เมตร เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีแรงกระทำจากคลื่นน้อยกว่าในมหาสมุทรเพราะมีแผ่นดินล้อมรอบเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การผสมผสานของน้ำทะเลเกิดขึ้นได้น้อย ส่วนน้ำชั้นล่างในบริเวณนี้เป็นน้ำจากตอนบนของทะเลจีนใต้ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำบริเวณปากอ่าวไทย น้ำจึงไหลเข้าทางล่างเกิดเป็นน้ำชั้นล่างในบริเวณนี้

13. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งชั้นน้ำบริเวณปากอ่าวไทย โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 64

- น้ำบริเวณปากอ่าวไทยในแต่ละระดับความลึกมีอุณหภูมิและความเค็มแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ อุณหภูมิของน้ำทะเลแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก โดยในช่วงความลึกตั้งแต่ผิวน้ำจนถึง 52 เมตร น้ำทะเลมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันที่ 29 องศาเซลเซียส โดยประมาณ ในช่วงความลึก 52 - 60 เมตร อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วตามความลึก โดยที่ความลึก 60 เมตร น้ำทะเลมีอุณหภูมิประมาณ 23.6 องศาเซลเซียส จากนั้นที่ความลึก 60 - 70 เมตร อุณหภูมิของน้ำทะเลใกล้เคียงกันที่ 23.6 องศาเซลเซียส โดยประมาณ

ความเค็มของน้ำทะเลแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก โดยในช่วงความลึกตั้งแต่ผิวน้ำจนถึง 45 เมตร น้ำทะเลมีความเค็มใกล้เคียงกันที่ 32.9 โดยประมาณ ในช่วงความลึก 45 - 60 เมตร ความเค็มลดลงอย่างรวดเร็วตามความลึก โดยที่ความลึก 60 เมตร น้ำทะเลมีความเค็มประมาณ 34.3 จากนั้นที่ความลึก 60 - 70 เมตร อุณหภูมิของน้ำทะเลใกล้เคียงกันที่ 34.3 โดยประมาณ

14. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายความรู้เกี่ยวกับผลของน้ำชั้นบนกับความรุนแรงของพายุ โดยใช้คำถามชวนคิดในหนังสือเรียนหน้า 64

- ถ้ากล่าวถึงบริเวณที่น้ำชั้นบนที่มีความหนาแน่นมาก จะส่งผลให้พายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นเหนือผิวน้ำบริเวณนั้นมีแนวโน้มความรุนแรงมากกว่าบริเวณอื่น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ บริเวณที่น้ำชั้นบนที่มีความหนาแน่นมากจะส่งผลให้พายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นเหนือผิวน้ำบริเวณนั้นมีแนวโน้มความรุนแรงมากกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากบริเวณที่น้ำชั้นบน

มีความหนาแน่นเป็นบริเวณที่น้ำกักเก็บพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เอาไว้มาก จึงเกิดการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำไปยังอากาศได้มากและเกิดการระเหยของน้ำได้มาก ส่งผลให้อากาศเหนือผิวน้ำมีอุณหภูมิสูงจึงยกตัวขึ้นได้ดีและมีโอกาสเกิดเมฆได้มาก ทำให้พายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มความรุนแรงมากตามไปด้วย

15. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับบริเวณที่เกิดและไม่เกิดการแบ่งชั้นน้ำว่า

การแบ่งชั้นของน้ำ ในมหาสมุทรขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โดยบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ผิวหน้าและอุณหภูมิของน้ำในระดับลึกจะแตกต่างกันมาก จึงเกิดการแบ่งชั้นน้ำ (รูป 1 ในหนังสือเรียนหน้า 65) เช่น บริเวณศูนย์สูตรถึงบริเวณละติจูดกลางในบางบริเวณของมหาสมุทร อาจไม่พบการแบ่งชั้นของน้ำดังที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อยหรือไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงของปี อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ผิวหน้าและอุณหภูมิของน้ำในระดับลึกจะไม่แตกต่างกันมากจึงไม่เกิดการแบ่งชั้นน้ำ (รูป 2 ในหนังสือเรียนหน้า 65) เช่นบริเวณขั้วโลก

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. ปัจจัยที่ส่งผลให้อุณหภูมิและความเค็มของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรแตกต่างกันในแต่ละแถบละติจูดและแต่ละระดับความลึก 2. การแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การสร้างแบบจำลอง 5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ผลการสังเกตสีของน้ำในกิจกรรมตอนที่ 1 และตอนที่ 2 2. การใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก 3. การจำแนกชั้นน้ำและระบุเกณฑ์ที่ใช้ 4. การอธิบายการแบ่งชั้นน้ำในธรรมชาติโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง 5. การอธิบายการแบ่งชั้นน้ำในแบบจำลองโดยใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุน 6. มีส่วนร่วมในการคิด ออกความเห็น และตัดสินใจร่วมกับผู้อื่น รวมทั้งมีการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
A: 1. การยอมรับความเห็นต่าง 2. ความซื่อสัตย์	1. การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย 2. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลองในกิจกรรม 9.1 โดยไม่ดัดแปลงข้อมูล

9.2 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. อธิบายปัจจัยและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร
- 2. อธิบายปัจจัยและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำลึก
- 3. อธิบายการเกิดและผลที่เกิดจากน้ำผุดและน้ำจม

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3

แนวการจัดการเรียนรู้

- 1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยเล่าเหตุการณ์ตู้คอนเทนเนอร์ที่ตกลงสู่มหาสมุทรตามหนังสือเรียนหน้า 65 - 66 ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2533 เรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ที่แล่นจากประเทศเกาหลีใต้เพื่อนำสินค้าไปส่งยังเมืองแอตแลนตา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ประสบกับคลื่นลมรุนแรงเนื่องจากพายุขนาดใหญ่ในมหาสมุทรแปซิฟิกทำให้ตู้คอนเทนเนอร์ตกลงสู่มหาสมุทร รongเท้าก็พาจำนวนมากจึงหลุดออกมาจากตู้และลอยอยู่ที่ผิวน้ำ เมื่อเวลาผ่านไป มีการพบร่องเท้าหลายพันคู่บริเวณต่าง ๆ เช่น ชายฝั่งรัฐอะแลสกา รัฐวอชิงตัน รัฐออริกอน และประเทศแคนาดา หลังจากนั้น ยังมีรายงานอีกว่า พบร่องเท้าก็พาลักษณะเดียวกันบริเวณเกาะฮาวาย

การพบร่องเท้าก็พาที่บริเวณต่าง ๆ ทำให้สามารถยืนยันเกี่ยวกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร โดยบริเวณที่ตู้คอนเทนเนอร์ตกลงสู่มหาสมุทร กระแสน้ำไหลไปทางทิศตะวันออก เมื่อกระแสน้ำปะทะกับชายฝั่ง น้ำบางส่วนไหลขึ้นไปยังละติจูดที่สูงขึ้น น้ำบางส่วนไหลลงมายังละติจูดที่ต่ำลง ทำให้พบร่องเท้าบริเวณชายฝั่งรัฐวอชิงตัน รัฐออริกอน ประเทศแคนาดา และรัฐอะแลสกา จากนั้น น้ำจึงไหลไปทางทิศตะวันตกทำให้พบร่องเท้าบริเวณเกาะฮาวาย ดังรูป 9.7 ในหนังสือเรียนหน้า 66
- 2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “เพราะเหตุใดกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรจึงมีทิศทางการไหลในลักษณะดังกล่าว” จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.2



กิจกรรม 9.2 การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรโดยใช้แบบจำลอง

เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. ถาดพลาสติกสีเหลี่ยม ขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร | 2 ใบ |
| ยาว 40 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร | |
| 2. แผ่นพลาสติกสีต่าง ๆ | 1 แผ่น |
| 3. หลอดแบบงอได้ | 4 หลอด |
| 4. กระดาษหนังสือพิมพ์ | 4 แผ่น |
| 5. ดินน้ำมันก้อนใหญ่ | 4 ก้อน |
| 6. น้ำ | 6 ลิตร |

การเตรียมตัวล่วงหน้า

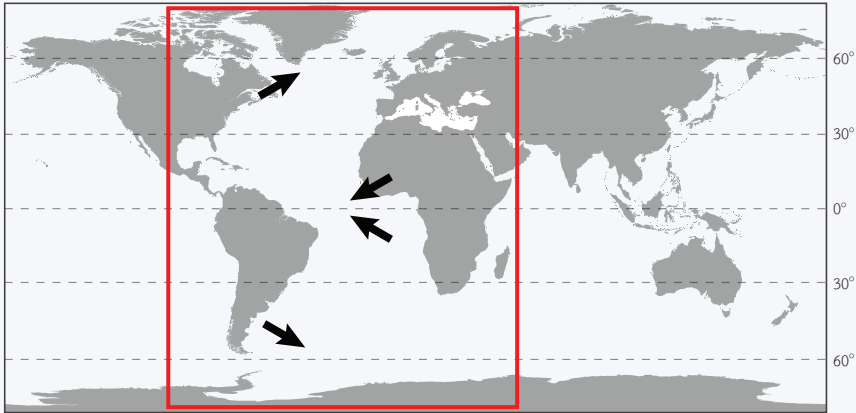
ครูอาจให้นักเรียนเตรียมถาดและสร้างมหาสมุทรจำลองมาล่วงหน้าเพื่อความสะดวกเร็วในการทำกิจกรรม

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูอาจพิมพ์ภาพขอบทวีปเท่าขนาดที่ต้องการสร้างจริงและนำมาวางไว้ที่พื้นถาดและให้นักเรียนปั้นดินน้ำมันตามภาพ เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างขอบทวีปได้คล้ายจริงและรวดเร็วมากขึ้น
2. ครูอาจใช้วัสดุอื่นที่ลอยน้ำได้แทนแผ่นพลาสติก เช่น เศษกระดาษ
3. ครูอาจต่อหลอดดูดน้ำให้ยาวขึ้นเพื่อช่วยให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
4. ครูควรทำกิจกรรมด้วยตนเองก่อนนำไปสอนในชั้นเรียน

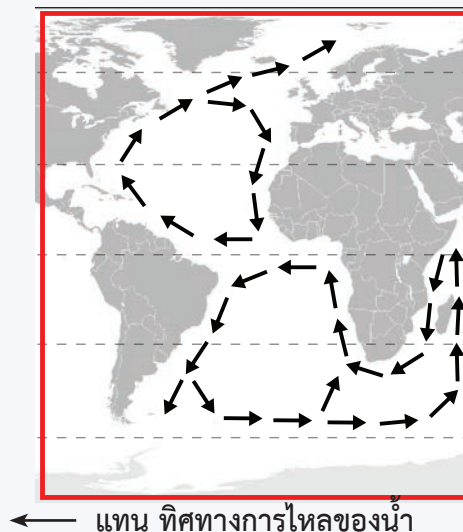
วิธีทำกิจกรรม

1. สังเกตขอบทวีปที่อยู่ในกรอบสีเหลี่ยมในภาพที่กำหนดให้



2. นำดินน้ำมันมาสร้างทวีปจำลองลงในภาชนะตามขอบเขตที่สังเกตได้จากข้อ 1 โดยให้ขอบทวีปมีความสูงอย่างน้อย 1.5 เซนติเมตร
3. ใส่ น้ำในภาชนะให้มีระดับต่ำกว่าขอบทวีปเล็กน้อย
4. นำแผ่นพลาสติกสีต่าง ๆ มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร จำนวน 15 - 20 ชิ้น จากนั้นนำไปโรยลงบนผิวน้ำให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ
5. ใช้หลอดเป่าลมอย่างต่อเนื่องทั้ง 4 ทิศทางพร้อม ๆ กันตามทิศทางของลูกศร ณ ตำแหน่งมหาสมุทรแอตแลนติกดังที่กำหนดให้ในรูป 1 โดยให้หลอดขนานกับผิวน้ำดังรูป 2 สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของพลาสติกในมหาสมุทรแอตแลนติก และบริเวณอื่น ๆ บนที่กผล
6. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



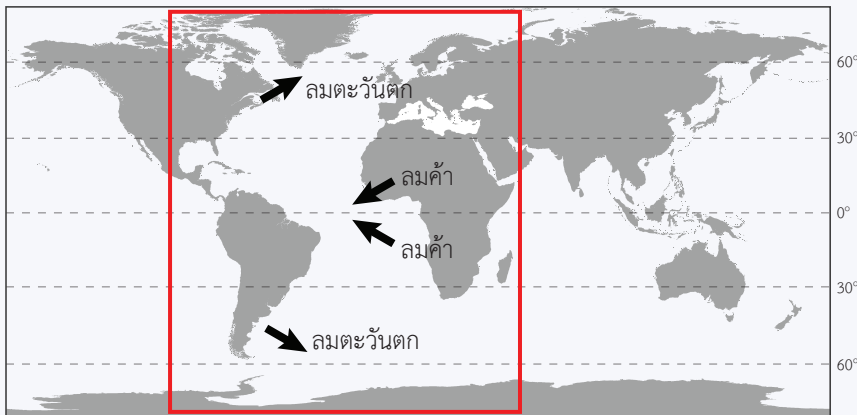
สรุปผลการทำกิจกรรม

จากแบบจำลอง ในมหาสมุทรแอตแลนติกเศษพลาสติกเคลื่อนที่เป็นวงตามเข็มนาฬิกา บนซีกโลกเหนือ และทวนเข็มนาฬิกาบนซีกโลกใต้ นอกจากนี้ทางตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก เศษพลาสติกบางส่วนเคลื่อนที่ขึ้นไปทางขั้วโลก และทางตอนใต้ของมหาสมุทรแอตแลนติก เศษพลาสติกบางส่วนเคลื่อนที่ไปยังมหาสมุทรอินเดียจากและเคลื่อนที่ย้อนกลับมายังมหาสมุทรแอตแลนติกอีกครั้ง โดยเศษพลาสติกจะเคลื่อนที่สัมพันธ์กับการไหลของน้ำที่อยู่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากลมที่เป่าและขอบทวีปจำลอง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ทิศทางของลูกศรแทนทิศทางของลมใดที่ส่งผลต่อการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรแอตแลนติก

แนวคำตอบ



2. การเคลื่อนที่ของเศษพลาสติกในแบบจำลองเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ในมหาสมุทรแอตแลนติกเศษพลาสติกเคลื่อนที่เป็นวงตามเข็มนาฬิกา บนซีกโลกเหนือ และทวนเข็มนาฬิกาบนซีกโลกใต้ เศษพลาสติกบางส่วนเคลื่อนที่ขึ้นไปทางขั้วโลก และเศษพลาสติกบางส่วนเคลื่อนที่ไปยังมหาสมุทรอินเดียจากและเคลื่อนที่ย้อนกลับมายังมหาสมุทรแอตแลนติกอีกครั้ง

3. การเคลื่อนที่ของเศษพลาสติกมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของน้ำในภาคหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ การเคลื่อนที่ของเศษพลาสติกมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของน้ำในภาค โดยเศษพลาสติกจะเคลื่อนที่ไปตามการไหลของน้ำที่อยู่บริเวณผิวน้ำ

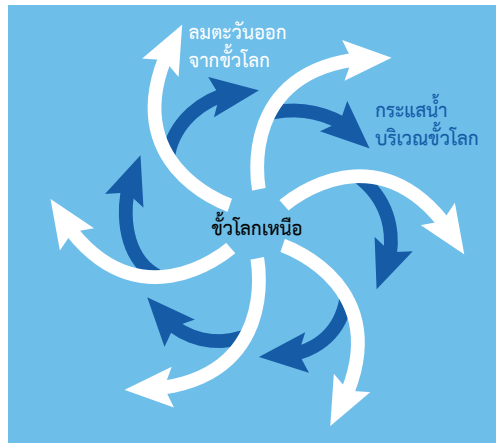
4. ปัจจัยใดบ้างส่งผลต่อทิศทางการไหลของน้ำในแบบจำลอง แนวคำตอบ ลม และขอบทวีปจำลอง

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
4. ให้นักเรียนศึกษาการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร จากหนังสือเรียนหน้า 68 - 69 จากนั้นนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมที่ 9.1 โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

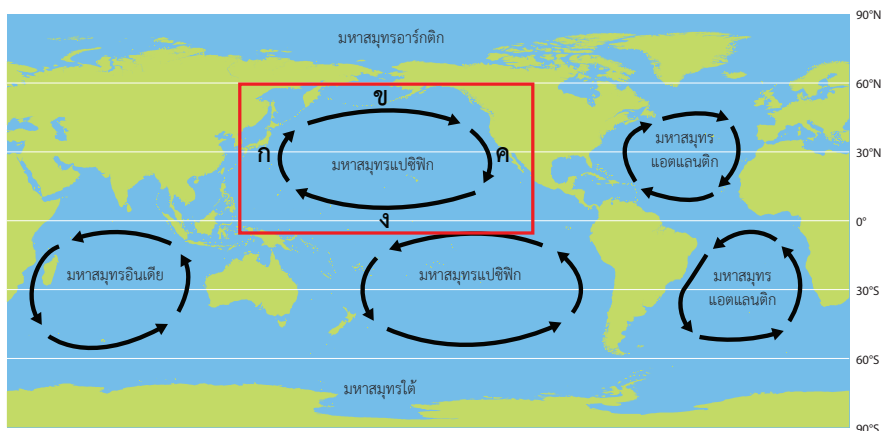
แนวทางการอภิปราย

- การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรได้ผลจากลมและขอบทวีปเช่นเดียวกับในแบบจำลอง นอกจากนี้ การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรยังได้รับผลจากแรงคอริโอลิสอีกด้วย
- ในแถบศูนย์สูตรลมค้าในแอตแลนติกที่พัดผ่านผิวหน้ามหาสมุทรทำให้น้ำผิวหน้าเคลื่อนที่ไปตามทิศทางลมเกิดเป็นกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร แต่แรงคอริโอลิสส่งผลให้กระแสน้ำบนซีกโลกเหนือไหลเบี่ยงออกไปทางขวาของทิศทางลมและกระแสน้ำบนซีกโลกใต้ไหลเบี่ยงออกไปทางซ้ายของทิศทางลม ดังนั้น กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรในแถบศูนย์สูตรจะไหลไปทางทิศตะวันตก ดังรูป 9.8 ในหนังสือเรียนหน้า 69
- เมื่อกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลไปชนกับขอบทวีปน้ำบางส่วนจะไหลย้อนกลับมาทางทิศตะวันออกเกิดเป็นกระแสน้ำไหลย้อนกลับไปตามแนวเส้นศูนย์สูตร ในขณะที่น้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามขอบทวีปขึ้นไปยังละติจูดที่สูงขึ้น
- เมื่อกระแสน้ำไหลขึ้นไปถึงบริเวณละติจูด 30 - 60 องศา จะได้รับอิทธิพลจากลมตะวันตกในเฟอร์เรลเซลล์และแรงคอริโอลิสทำให้กระแสน้ำโดยรวมไหลไปทางทิศตะวันออกตามแนวเส้นละติจูด
- เมื่อกระแสน้ำไหลไปชนกับขอบทวีปที่อยู่ด้านตะวันออกของมหาสมุทร น้ำส่วนหนึ่งจะไหลไปตามขอบทวีปไปยังละติจูดที่สูงขึ้น ในขณะที่น้ำอีกส่วนหนึ่งจะไหลไปตามขอบทวีปกลับมายังแถบศูนย์สูตรอีกครั้งทำให้เกิดเป็นกระแสน้ำที่หมุนเวียนเป็นวง
- กระแสน้ำที่หมุนเวียนเป็นวงในมหาสมุทร มี 5 วงหลัก ครอบคลุมพื้นผิวมหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรแอตแลนติก โดยในซีกโลกเหนือกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลเป็นวงตามเข็มนาฬิกา ส่วนในซีกโลกใต้กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลเป็นวงทวนเข็มนาฬิกา ดังรูป 9.9 ในหนังสือเรียนหน้า 69
- ลม แรงคอริโอลิส และขอบเขตทวีป เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการไหลเป็นวงของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร

- ลมค้าพัดให้น้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลไปตามทิศทางลม แต่แรงคอริโอลิสส่งผลให้กระแสน้ำบนซีกโลกเหนือไหลเบี่ยงออกไปทางขวาของทิศทางลม และกระแสน้ำบนซีกโลกใต้ไหลเบี่ยงออกไปทางซ้ายของทิศทางลม ดังนั้น โดยรวมกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรในแถบศูนย์สูตรจะไหลไปทางทิศตะวันตก
 - กระแสน้ำที่ไหลไปทางทิศตะวันตกจนกระทั่งชนกับขอบทวีป น้ำบางส่วนจะไหลย้อนกลับมาจากทิศตะวันออกเกิดเป็นกระแสน้ำไหลย้อนกลับไปตามแนวเส้นศูนย์สูตร ในขณะที่น้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามขอบทวีปขึ้นไปยังละติจูดที่สูงขึ้น
 - กระแสน้ำที่ไหลขึ้นไปถึงบริเวณละติจูด 30 - 60 องศา จะได้รับอิทธิพลจากลมตะวันตกในเฟอร์เรลเซลล์และแรงคอริโอลิสจะทำให้กระแสน้ำโดยรวมไหลไปทางทิศตะวันออกตามแนวเส้นละติจูด
 - กระแสน้ำที่ไหลไปชนกับขอบทวีปที่อยู่ด้านตะวันออกของมหาสมุทร น้ำส่วนหนึ่งจะไหลไปตามขอบทวีปไปยังละติจูดที่สูงขึ้น ในขณะที่น้ำอีกส่วนหนึ่งจะไหลไปตามขอบทวีปกลับมายังแถบศูนย์สูตรอีกครั้งทำให้กระแสน้ำไหลเป็นวง
5. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 70
- ถ้าเรือบรรทุกน้ำมันล่มบริเวณศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก นักเรียนคิดว่าชายฝั่งบริเวณใดมีโอกาสได้รับผลกระทบมากที่สุด เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** ชายฝั่งบริเวณประเทศปาปัวนิวกินี อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และออสเตรเลียมีโอกาสได้รับผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากบริเวณศูนย์สูตร น้ำผิวหน้ามหาสมุทรส่วนใหญ่จะไหลไปทางตะวันตก
6. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายความรู้เกี่ยวกับการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร โดยใช้คำถามชวนคิดในหนังสือเรียนหน้า 70
- หากพิจารณาเฉพาะรูปแบบการหมุนเวียนอากาศในแถบขั้วโลกและแรงคอริโอลิส กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณขั้วโลกเหนือจะมีรูปแบบการไหลอย่างไร
- แนวคำตอบ** บริเวณขั้วโลกเหนือกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีการไหลเป็นวงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เนื่องจากลมตะวันออกจากขั้วโลกที่มีทิศทางพัดออกจากขั้วโลกเป็นแนวโค้งไปทางทิศตะวันออกจะพัดพาให้เกิดกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลเวียนไปตามทิศทางลม แต่อิทธิพลจากแรงคอริโอลิสจะทำให้กระแสน้ำไหลเบี่ยงออกไปทางขวาของทิศทางลม ส่งผลให้กระแสน้ำโดยรวมไหลเป็นวงตามเข็มนาฬิกา



- ครูให้ความรู้แก่นักเรียนเพิ่มเติมว่า “กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณขั้วโลกเหนือเกิดขึ้นไม่ชัดเจนเนื่องจากในบางช่วงของปีมีน้ำแข็งปกคลุมผิวหน้ามหาสมุทร นอกจากนี้มหาสมุทรบริเวณขั้วโลกเหนือมีขอบทวีปอยู่โดยรอบทำให้นอกจากการไหลเป็นวงแล้ว ยังมีการไหลของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งมีความซับซ้อน”
- ครูกำหนดให้นักเรียนกระแสน้ำที่หมุนเวียนเป็นวงบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ (ในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง) ดังรูป 9.9 ในหนังสือเรียนหน้า 69 และกำหนดกระแสน้ำ ก และ ข ดังเช่นในรูป จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายตามความคิดของตนเองว่าน้ำในกระแสน้ำ ก ข ค และ ง จะมีอุณหภูมิเหมือนหรือแตกต่างจากน้ำโดยรอบอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น



- ครูให้นักเรียนหาคำตอบจากข้อ 8 โดยศึกษาการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่พัดพาน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันไปยังบริเวณต่าง ๆ ของโลก รวมทั้งรูปแบบการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร จากหนังสือเรียนหน้า 70 จากนั้นนำอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้
 - น้ำในกระแสน้ำ ก มีอุณหภูมิเหมือนหรือแตกต่างจากน้ำโดยรอบอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำในกระแสน้ำ ก มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำโดยรอบ เนื่องจากกระแสน้ำ ก พัดพาน้ำในแถบศูนย์สูตรซึ่งน้ำมีอุณหภูมิสูงไปยังแถบละติจูดที่สูงขึ้นซึ่งน้ำมีอุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้น้ำในกระแสน้ำ ก มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำโดยรอบ

- เรียกกระแสน้ำที่มีการไหลเช่นเดียวกับกระแสน้ำ ก ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำอุ่น

- น้ำในกระแสน้ำ ข มีอุณหภูมิเหมือนหรือแตกต่างจากน้ำโดยรอบอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำในกระแสน้ำ ข มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำโดยรอบ เนื่องจากน้ำในกระแสน้ำ ข และน้ำโดยรอบอยู่ในแถบละติจูดเดียวกัน ส่งผลให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

- น้ำในกระแสน้ำ ค มีอุณหภูมิเหมือนหรือแตกต่างจากน้ำโดยรอบอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำในกระแสน้ำ ค มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำโดยรอบ เนื่องจากกระแสน้ำ ค พัดพาน้ำในแถบละติจูดสูงซึ่งน้ำมีอุณหภูมิต่ำไปยังแถบศูนย์สูตรซึ่งน้ำมีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้น้ำในกระแสน้ำ ค มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำโดยรอบ

- เรียกกระแสน้ำที่มีการไหลเช่นเดียวกับกระแสน้ำ ค ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำเย็น

- น้ำในกระแสน้ำ ง มีอุณหภูมิเหมือนหรือแตกต่างจากน้ำโดยรอบอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำในกระแสน้ำ ง มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำโดยรอบ เนื่องจากน้ำในกระแสน้ำ ง และน้ำโดยรอบอยู่ในแถบละติจูดเดียวกัน ส่งผลให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

- ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบการไหลของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรโดยสังเกตรูป 9.10 ในหนังสือเรียนหน้า 71 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- ลูกศรสีแดง สีน้ำเงิน และสีดำ แทนกระแสน้ำใดบ้าง

แนวคำตอบ ลูกศรสีแดงแทนกระแสน้ำอุ่น ลูกศรสีน้ำเงินแทนกระแสน้ำเย็น และลูกศรสีดำแทนกระแสน้ำทั่วไป

- กระแสน้ำอุ่นมีรูปแบบการไหลที่เหมือนกันอย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำอุ่นมีทิศทางการไหลไปยังละติจูดที่สูงขึ้นเสมอ

- กระแสน้ำเย็นมีรูปแบบการไหลที่เหมือนกันอย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำเย็นมีทิศทางการไหลไปยังละติจูดที่ต่ำลงเสมอ

- กระแสน้ำทั่วไปมีรูปแบบการไหลที่เหมือนกันอย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำทั่วไปมีทิศทางการไหลขนานไปในแนวเดียวกับเส้นละติจูดเสมอ

- มีกระแสน้ำใดหรือไม่ ที่ไหลโดยไม่ชนกับขอบทวีป

แนวคำตอบ กระแสน้ำรอบทวีปแอนตาร์กติกา

11. ครูให้ความรู้นักเรียนเพิ่มเติมว่า “การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรเป็นการหมุนเวียนของน้ำในสัดส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับน้ำทั้งหมดในมหาสมุทร โดยน้ำส่วนใหญ่จะหมุนเวียนอยู่ในระดับลึก เรียกว่า การหมุนเวียนของน้ำลึก” จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การหมุนเวียนของน้ำลึกเกิดขึ้นได้อย่างไร” และให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.3



กิจกรรม 9.3 แบบจำลองการหมุนเวียนของน้ำลึก

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการหมุนเวียนของน้ำโดยใช้แบบจำลอง

เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. กล่องพลาสติกใส ขนาด กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร	2	กล่อง
2. สีส้มอาหาร	1	ขวด
3. หลอดหยด	2	อัน
4. น้ำ	4	ลิตร
5. น้ำแข็ง	0.5	กิโลกรัม
6. เกลือ	10	กรัม
7. ปีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร	1	ใบ
8. ขวดน้ำพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร	2	ใบ
9. แท่งแก้วคนสาร	2	อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

- ครูอาจให้นักเรียนเตรียมขวดน้ำพลาสติกและตัดปากขวดมาล่วงหน้า เพื่อความรวดเร็วในการทำกิจกรรม
- ครูอาจเตรียมน้ำสีไว้ให้นักเรียนในชั้นเรียน เพื่อความรวดเร็วในการทำกิจกรรม

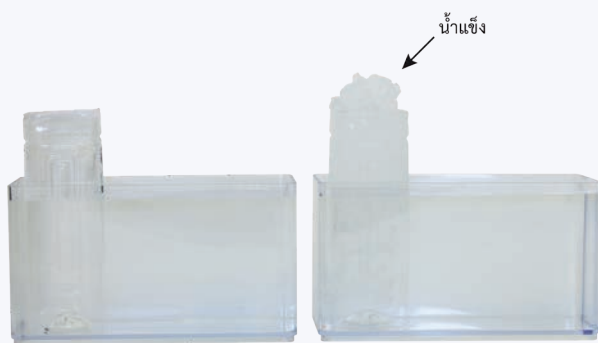
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ครูควรทำกิจกรรมด้วยตนเองก่อนนำไปสอนในชั้นเรียน
- ครูอาจใช้สีผสมอาหารแบบผงหรือแบบน้ำก็ได้ แต่ควรผสมให้สีผสมอาหารมีความเข้มข้นเหมาะสม ซึ่งเมื่อหยดน้ำสีผสมลงในแบบจำลอง น้ำสีจะไม่จมลงด้านล่างและมีความเข้มข้นมากพอที่จะสังเกตเห็นการเคลื่อนที่

3. ครูอาจให้นักเรียนนำกระดาษขาวมาวางเป็นฉากหลังเพื่อช่วยให้สังเกตเห็นการเคลื่อนที่ของน้ำสีในแบบจำลองได้ชัดเจนขึ้น
4. ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนหยดสีที่บริเวณผิวน้ำใกล้ ๆ ขวด เนื่องจากถ้าหยดที่ผิวน้ำซึ่งไกลจากขวด จะทำให้สังเกตเห็นว่าน้ำผิวน้ำในแบบจำลองเคลื่อนที่เข้าหาขวดและจมตัวลง ซึ่งอาจทำให้นักเรียนสับสนกับการเกิดกระแสน้ำผิวน้ำมหาสมุทรในกิจกรรม 9.2

วิธีทำกิจกรรม

1. เตรียมน้ำสีโดยเติมน้ำ 100 มิลลิตร ลงในบีกเกอร์ จากนั้นหยดสียผสมอาหาร 10 หยด คนให้เข้ากัน
2. เติมน้ำลงในกล่องพลาสติกใสทั้งสองใบ โดยให้ระดับน้ำต่ำกว่าขอบด้านบนของกล่องประมาณ 2.5 เซนติเมตร จากนั้นเติมเกลือ 5 กรัม คนให้เข้ากัน
3. นำขวดน้ำพลาสติกทั้งสองใบมาตัดส่วนบนออก ดังรูป
4. ขวดใบแรกใส่น้ำจนเกือบเต็ม ขวดอีกใบใส่น้ำแข็งจนเต็ม จากนั้นเติมน้ำจนกระทั่งระดับน้ำเกือบถึงขอบด้านบน
5. นำขวดในข้อ 4 ค่อย ๆ วางลงในกล่องพลาสติกใสใบที่ 1 และใบที่ 2 ดังรูป โดยพยายามให้น้ำในกล่องพลาสติกใสนิ่งมากที่สุด

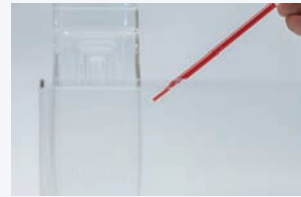


แบบจำลองที่ 1

แบบจำลองที่ 2

6. กำหนดให้อุปกรณ์ชุดแรกเป็นแบบจำลองที่ 1 และอุปกรณ์อีกชุดเป็นแบบจำลองที่ 2

7. ใช้หลอดหยดดูดน้ำสี แล้วนำไปหยดลงใกล้ขวดในแบบจำลองทั้ง 2 ชุด โดยให้หลอดหยดจุ่มอยู่ใต้ผิวน้ำและเอียงทำมุมกับผิวน้ำ ดังรูป สังเกตการเคลื่อนที่ของน้ำสีในแบบจำลองทั้ง 2 ชุด เป็นเวลาประมาณ 3 นาที บันทึกผล
8. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน



ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การเคลื่อนที่ของน้ำสี	
แบบจำลองที่ 1	แบบจำลองที่ 2

สรุปผลการทำกิจกรรม

ในแบบจำลองที่ 1 น้ำสีลอยอยู่บริเวณผิวน้ำและค่อย ๆ แผ่ออก ส่วนในแบบจำลองที่ 2 น้ำสีส่วนหนึ่งลอยอยู่ที่ผิวน้ำและค่อย ๆ แผ่ออก ในขณะที่น้ำสีอีกส่วนหนึ่งจมตัวด้านล่างและไหลไปตามพื้นกล่องพลาสติก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในแบบจำลองที่ 2 น้ำที่อยู่โดยรอบขวดพลาสติกมีอุณหภูมิต่ำลงทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงจมตัวลงด้านล่างและไหลไปตามพื้นกล่องพลาสติก ส่วนในแบบจำลองที่ 1 น้ำสีมีความหนาแน่นไม่แตกต่างจากน้ำในกล่องพลาสติก ใส่มากนักจึงไม่จมตัวลงด้านล่าง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. น้ำสีในแบบจำลองที่ 1 และ 2 มีการเคลื่อนที่เหมือนหรือต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ในแบบจำลองที่ 1 น้ำสีลอยอยู่บริเวณผิวน้ำและค่อย ๆ แผ่ออก ส่วนในแบบจำลองที่ 2 น้ำสีส่วนหนึ่งลอยอยู่ที่ผิวน้ำและค่อย ๆ แผ่ออก ในขณะที่น้ำสีอีกส่วนหนึ่งจมตัวด้านล่างและไหลไปตามพื้นกล่องพลาสติก

2. ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 มีปัจจัยใดที่แตกต่างกัน และปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำอย่างไร

แนวคำตอบ ขวดพลาสติกในแบบจำลองที่ 1 บรรจุน้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับน้ำที่อยู่ในกล่องพลาสติกใส แต่ขวดพลาสติกในแบบจำลองที่ 2 บรรจุน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำที่อยู่ในกล่องพลาสติกใส ส่งผลให้น้ำที่อยู่โดยรอบขวดในแบบจำลองที่ 2 มีอุณหภูมิต่ำลง จึงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและจมตัวลงด้านล่าง

12. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
13. ให้นักเรียนศึกษาการเกิดกระแสน้ำลึก จากหนังสือเรียนหน้า 74 จากนั้นนำเสนออภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรม 9.3 โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอภิปราย

น้ำในมหาสมุทรมีการไหลคล้ายกับในแบบจำลองที่ 2 โดยน้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่ไหลไปยังแถบขั้วโลกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์น้อยลงและลมที่พัดเหนือผิวน้ำทำให้น้ำสูญเสียความร้อนให้กับบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำจึงต่ำลง ประกอบกับกระแสลมที่พัดอย่างรุนแรงเหนือน้ำในแถบขั้วโลกทำให้น้ำบางส่วนเกิดการระเหยและยังทำให้น้ำบางส่วนกลายเป็นน้ำแข็งโดยที่เกลือไม่ถูกกักรวมอยู่ในน้ำแข็งส่งผลให้ความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำต่ำลงและความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของน้ำเพิ่มขึ้น น้ำจึงจมตัวลงด้านล่างและไหลไปตามพื้นมหาสมุทรเกิดเป็นกระแสน้ำลึก

14. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.11 ภาพจำลองการหมุนเวียนเชื่อมต่อกันระหว่างกระแสน้ำลึกและกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้

- แถบสีส้มและแถบสีเขียวแทนสิ่งใดบ้าง

แนวคำตอบ แถบสีส้มแทนกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร และแถบสีเขียวแทนกระแสน้ำลึก

- กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรและกระแสน้ำลึกมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรและกระแสน้ำลึกมีการไหลเวียนที่สัมพันธ์ โดยกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีการจมตัวลงด้านล่างเกิดเป็นกระแสน้ำลึก และกระแสน้ำลึกมีการยกตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเกิดเป็นกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทร

- บริเวณใดบ้างที่เกิดการจมตัวของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรเกิดเป็นกระแสน้ำลึก

แนวคำตอบ บริเวณทะเลอาบราดอร์ ทะเลกรีนแลนด์ ทะเลเรอส และทะเลเวดเดลล์

- กระแสน้ำลึกยกตัวขึ้นสู่ผิวน้ำบริเวณใดบ้าง

แนวคำตอบ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย และตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก

15. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับกระแสน้ำลึก โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 70
- เพราะเหตุใด น้ำผิวน้ำมหาสมุทรที่ไหลไปยังแถบขั้วโลกจึงมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น
- แนวคำตอบ** เนื่องจากในแถบขั้วโลก น้ำผิวน้ำมหาสมุทรได้รับรังสีดวงอาทิตย์น้อยลง ประกอบกับลมที่เหนือผิวน้ำทำให้น้ำสูญเสียความร้อนให้กับบรรยากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง นอกจากนี้กระแสน้ำที่พัดอย่างรุนแรงเหนือมหาสมุทรในแถบขั้วโลกทำให้น้ำบางส่วนเกิดการระเหยและยังทำให้น้ำบางส่วนกลายเป็น้ำแข็งโดยที่เกลือไม่ถูกกักรวมอยู่ในน้ำแข็งส่งผลให้ความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำต่ำลงและความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของน้ำเพิ่มขึ้น
16. ครูให้ความรู้นักเรียนเพิ่มเติมว่า “การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรช่วยให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังบริเวณขั้วโลก ซึ่งหากไม่มีการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร อุณหภูมิอากาศบริเวณขั้วโลกจะต่ำกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรมายังช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของสารอาหารและแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำไปยังบริเวณต่าง ๆ ของมหาสมุทรอีกด้วย ซึ่งการหมุนเวียนที่กล่าวมาข้างต้นเกิดขึ้นครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง อย่างไรก็ตาม ที่บริเวณขอบของมหาสมุทรอาจพบการยกตัวของในระดับลึกขึ้นสู่ผิวน้ำ หรือการจมตัวของน้ำผิวน้ำลงสู่ด้าน” จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การยกตัวหรือจมตัวของน้ำบริเวณขอบของมหาสมุทรเกิดขึ้นได้อย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.4



กิจกรรม 9.4 น้ำเกิดการยกตัวหรือจมตัวได้อย่างไร

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการยกตัวและจมตัวของน้ำโดยใช้แบบจำลอง

เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

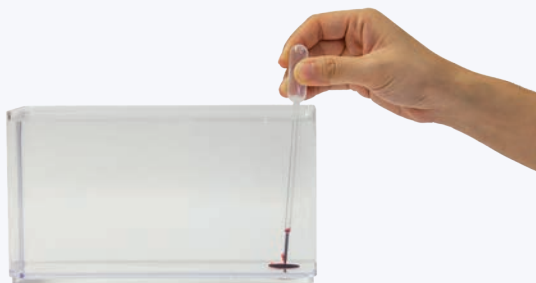
- | | |
|--|---------|
| 1. กล่องพลาสติกใส ขนาด กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร | 1 กล่อง |
| 2. สีผสมอาหาร | 1 ขวด |
| 3. หลอดหยด | 1 อัน |
| 4. น้ำ | 2 ลิตร |
| 5. หลอดแบบงอได้ | 1 หลอด |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรทำกิจกรรมด้วยตนเองก่อนนำไปสอนในชั้นเรียน
2. ครูอาจให้นักเรียนเตรียมได้รเป่าผมหรือพัดลมขนาดเล็กมาใช้แทนการเป่าลมโดยใช้หลอด
3. ครูอาจใช้สีผสมอาหารแบบน้ำหรือแบบผงก็ได้

วิธีทำกิจกรรม

1. ใส่น้ำลงในกล่องพลาสติกใสจนเกือบเต็ม
2. ใช้หลอดหยดดูดสีผสมอาหาร จุ่มปลายหลอดหยดลงไปที่พื้นกล่องพลาสติกใส จากนั้นปีบจุกยางเพื่อให้สีผสมอาหารจมอยู่ที่พื้นกล่องพลาสติกใส ดังรูป

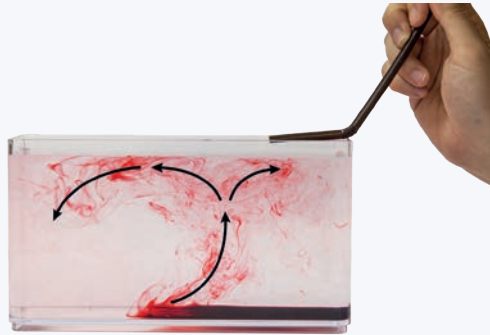


3. วางหลอดดูดน้ำโดยให้หลอดเกือบขนานกับผิวน้ำ ดังรูป จากนั้นเป่าลมอย่างต่อเนื่องสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทำกิจกรรม



4. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อเป่าลมน้ำสีจะยกตัวขึ้นด้านบน เมื่อน้ำสียกตัวขึ้นถึงผิวน้ำ น้ำสีจะเคลื่อนที่แยกออกจากกัน โดยน้ำสีบางส่วนจะเคลื่อนที่เข้าหาขอบก่องด้านที่เป่าลม ในขณะที่น้ำสีส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางลมและชนกับขอบก่องด้านตรงข้ามกับที่เป่าลม จากนั้นน้ำสีจะจมตัวลงด้านล่าง

คำถามท้ายกิจกรรม

น้ำมีการเคลื่อนที่อย่างไร

แนวคำตอบ น้ำสีบริเวณพื้นก่องยกตัวขึ้นด้านบนจนผิวน้ำ จากนั้นน้ำสีเคลื่อนที่แยกออกจากกัน โดยน้ำสีบางส่วนจะเคลื่อนที่เข้าหาขอบก่องด้านที่เป่าลม ในขณะที่น้ำสีส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางลมและชนกับขอบก่องด้านตรงข้ามกับที่เป่าลม จากนั้นจึงจมตัวลงด้านล่าง

17. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
18. ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากการทำกิจกรรมกับการเกิดน้ำผุดและน้ำจืดในธรรมชาติ โดยให้นักเรียนสังเกตรูป 9.12 ในหนังสือเรียนหน้า 77 จากนั้นครูนำอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้
 - ลูกศรสีดำและลูกศรสีน้ำเงินแทนสิ่งใด
แนวคำตอบ ลูกศรสีดำ แทน ลม และลูกศรสีน้ำเงิน แทน การไหลของน้ำ
 - รูป (ก) และรูป (ข) แสดงการไหลของน้ำบนซีกโลกใด
แนวคำตอบ รูป (ก) แสดงการไหลของน้ำบนซีกโลกเหนือ และรูป (ข) แสดงการไหลของน้ำบนซีกโลกใต้

คำถามอภิปรายในรูป 10.12 (ก)

- น้ำที่อยู่ชั้นบนสุดมีทิศทางการไหลเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ น้ำไหลเบี่ยงออกไปทางขวาของทิศทางลม เนื่องจากแรงคอริโอลิสบนซีกโลกเหนือทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเบี่ยงออกไปทางขวา

- น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมาเกิดการไหลได้อย่างไร

แนวคำตอบ น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมาถูกน้ำชั้นบนเหนี่ยวนำให้เกิดการไหล

- อัตราเร็วและทิศทางการไหลของน้ำในชั้นที่อยู่ถัดลงมาเป็นอย่างใด เมื่อเทียบกับน้ำชั้นที่อยู่ด้านบน

แนวคำตอบ น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมามีอัตราเร็วน้อยกว่าน้ำชั้นบน และมีทิศทางเบี่ยงออกไปทางขวาเมื่อเทียบกับทิศทางการไหลของน้ำชั้นที่อยู่ด้านบน

- น้ำมีทิศทางการไหลสุทธิไปทางใดเมื่อเทียบกับทิศทางลม

แนวคำตอบ ทิศทางสุทธิของน้ำจะไหลไปทางขวาของทิศทางลม

คำถามอภิปรายในรูป 10.12 (ข)

- น้ำที่อยู่ชั้นบนสุดมีทิศทางการไหลเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ น้ำไหลเบี่ยงออกไปทางซ้ายของทิศทางลม เนื่องจากแรงคอริโอลิสบนซีกโลกใต้ทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเบี่ยงออกไปทางซ้าย

- น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมาเกิดการไหลได้อย่างไร

แนวคำตอบ น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมาถูกน้ำชั้นบนเหนี่ยวนำให้เกิดการไหล

- อัตราเร็วและทิศทางการไหลของน้ำในชั้นที่อยู่ถัดลงมาเป็นอย่างใด เมื่อเทียบกับน้ำชั้นที่อยู่ด้านบน

แนวคำตอบ น้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมามีอัตราเร็วน้อยกว่าน้ำชั้นบน และมีทิศทางเบี่ยงออกไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับทิศทางการไหลของน้ำชั้นที่อยู่ด้านบน

- น้ำมีทิศทางการไหลสุทธิไปทางใดเมื่อเทียบกับทิศทางลม

แนวคำตอบ ทิศทางสุทธิของน้ำจะไหลไปทางซ้ายของทิศทางลม

19. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่าบนซีกโลกเหนือ หากมีลมพัดในทิศทางขนานกับชายฝั่ง จะส่งผลต่อการยกตัวหรือจมตัวของน้ำบริเวณนั้นหรือไม่ อย่างไร

20. ครูให้นักเรียนหาคำตอบโดยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดน้ำผุดน้ำจืดในหนังสือเรียนหน้า 77 และรูป 9.13 ในหนังสือเรียนหน้า 78 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้รูป 9.13 และตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้

- การหมุนเวียนของน้ำดังรูป 9.13 เกิดขึ้นบนซีกโลกใด ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ซีกโลกเหนือ ทราบได้จากทิศทางการไหลของน้ำบริเวณผิวน้ำมหาสมุทรไหลไปทางขวาของทิศทางลมทั้งในรูป (ก) และ (ข)

- ลูกศรสีชมพูและลูกศรสีฟ้าแทนสิ่งใดบ้าง

แนวคำตอบ ลูกศรสีชมพูแทนทิศทางลม และลูกศรสีฟ้าแทนทิศทางการไหลของน้ำ

- หากลมพัดขนานไปกับชายฝั่งดังรูป (ก) จะส่งผลต่อการหมุนเวียนของน้ำในบริเวณนั้นอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลออกจากชายฝั่งทำให้น้ำที่อยู่ด้านล่างยกตัวขึ้นมาแทนที่

- การหมุนเวียนของน้ำในรูป (ก) มีชื่อเรียกว่าอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผุด

- หากลมพัดขนานไปกับชายฝั่งดังรูป (ข) จะส่งผลต่อการหมุนเวียนของน้ำในบริเวณนั้นอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลเข้าหาชายฝั่งทำให้จมตัวลงด้านล่าง

- การหมุนเวียนของน้ำในรูป (ข) มีชื่อเรียกว่าอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำจม

- หากกำหนดให้ตำแหน่งของชายฝั่งและทิศทางของลมยังคงเหมือนเดิม แต่เปลี่ยนจากซีกโลกเหนือเป็นซีกโลกใต้ การหมุนเวียนของน้ำในรูป (ก) และ (ข) จะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ ในรูป (ก) น้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลเข้าหาชายฝั่งและจมตัวลงด้านล่าง ส่วนในรูป (ข) น้ำผิวหน้ามหาสมุทรไหลออกจากชายฝั่งส่งผลให้น้ำที่อยู่ด้านล่างยกตัวขึ้น เนื่องจากบนซีกโลกใต้กระแสน้ำไหลไปทางซ้ายของทิศทางลม

21. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสำคัญของการเกิดน้ำผุดและน้ำจม จากหนังสือเรียนหน้า 78 - 79 จากนั้นนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- การเกิดน้ำผุดส่งผลต่อน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณนั้นอย่างไร

แนวคำตอบ การเกิดน้ำผุดทำให้น้ำที่อยู่ด้านล่างซึ่งมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารอาหารปริมาณมากยกตัวขึ้นด้านบน ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและเป็นอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ จึงเกิดความอุดมสมบูรณ์และมีสัตว์น้ำชุกชุมจนเป็นแหล่งทำการประมงที่สำคัญ

หมายเหตุ ครูอาจอธิบายนักเรียนเพิ่มเติมว่า “น้ำที่อยู่ด้านล่างมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารอาหารมากเนื่องจากจุลินทรีย์ในน้ำชั้นล่างใช้แก๊สออกซิเจนย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็นสารอาหารพร้อมกับปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา”

- บริเวณใดบ้างที่เกิดความอุดมสมบูรณ์เนื่องจากน้ำผุด

แนวคำตอบ บริเวณชายฝั่งประเทศเปรู

- ในรูป 9.17 แสดงพื้นที่บริเวณใดบนโลก

แนวคำตอบ ชายฝั่งด้านตะวันตกของทวีปอเมริกาบริเวณประเทศเปรู

- แถบสีในรูปแบบสิ่งใด

แนวคำตอบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บนผิวน้ำ

- บริเวณใดคลอโรฟิลล์บนผิวน้ำมีความเข้มข้นมาก

แนวคำตอบ บริเวณชายฝั่งประเทศเปรู

- บริเวณชายฝั่งประเทศเปรูสมควรพัดในทิศทางใด

แนวคำตอบ พัดขนานกับชายฝั่งในทิศตะวันออกเฉียงใต้

- การเกิดน้ำจืดมีความสำคัญอย่างไร

แนวคำตอบ การเกิดน้ำจืดเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำที่อยู่ด้านล่างซึ่งช่วยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลลึกสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

- เพราะเหตุใดน้ำผิวน้ำมหาสมุทรจึงมีออกซิเจนละลายอยู่มาก

แนวคำตอบ น้ำผิวน้ำมหาสมุทรมีออกซิเจนละลายอยู่มากเพราะได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชและการเติมออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำโดยคลื่นและลม

- เพราะเหตุใดน้ำที่อยู่ด้านล่างจึงมีออกซิเจนละลายอยู่น้อย

แนวคำตอบ น้ำที่อยู่ด้านล่างมีออกซิเจนละลายอยู่น้อยเพราะถูกสิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในการหายใจและย่อยสลายสารอินทรีย์ ประกอบกับไม่มีกระบวนการที่ช่วยเติมออกซิเจนกลับเข้าสู่ผิวน้ำ

22. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า “แพลงก์ตอน เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำและไม่สามารถเคลื่อนที่ต้านทานกระแสน้ำได้ทำให้ตัวมันลอยไปกับกระแสน้ำ สิ่งมีชีวิตหลายชนิดในมหาสมุทรถูกจัดว่าเป็นแพลงก์ตอน เช่น แมงกะพรุน แบคทีเรีย เคย ไรทะเล ตัวอ่อนของปลา แพลงก์ตอนบางชนิดมีคลอโรฟิลล์อยู่ในเซลล์ทำให้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้จึงเรียกแพลงก์ตอนชนิดนี้ว่า แพลงก์ตอนพืช”

23. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำผิวน้ำมหาสมุทรแต่ละบริเวณมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 79

- น้ำผุดและน้ำจืดเกิดขึ้นได้ทุกบริเวณของมหาสมุทรหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ น้ำผุดและน้ำจืดไม่สามารถเกิดขึ้นได้ทุกบริเวณของมหาสมุทร เนื่องจากการเกิดน้ำผุดและน้ำจืดจำเป็นต้องมีลมพัดในทิศทางขนานกับชายฝั่ง

24. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรในลักษณะอื่น ๆ เช่น การหมุนเวียนของน้ำผิวน้ำมหาสมุทร จะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร” เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อ 9.3 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรกับลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศ

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร 2. การหมุนเวียนของน้ำลึก 3. น้ำผุด และน้ำจม	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การสังเกต 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ผลการสังเกตการเคลื่อนที่ของเศษพลาสติกในกิจกรรม 9.2 การเคลื่อนที่ของน้ำสีในกิจกรรม 9.3 และ 9.4 2. การอธิบายการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร การหมุนเวียนของน้ำลึก น้ำผุด และน้ำจมในธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง 3. การอธิบายการหมุนเวียนของน้ำจากแบบจำลอง ในกิจกรรม 9.2 9.3 และ 9.4 โดยใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุน 4. มีส่วนร่วมในการคิด ออกความเห็น และตัดสินใจร่วมกับผู้อื่น รวมทั้งมีการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: 1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 2. การยอมรับความเห็นต่าง 3. ความซื่อสัตย์	1. การใช้เหตุผลและหลักฐานเพื่ออธิบายการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร การหมุนเวียนของน้ำลึก น้ำผุด และน้ำจม 2. การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย 3. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลอง ในกิจกรรม 9.2 9.3 และ 9.4 โดยไม่ดัดแปลงข้อมูล

9.3 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรกับลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์ข้อมูลและอธิบายผลจากการหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร
2. อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 3
2. เว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา
 - เอลนีโญ <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=17>
 - ลานีญา <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>
3. วิดีทัศน์เกี่ยวกับเอลนีโญและลานีญา <https://www.youtube.com/watch?v=WPA-KpldDVc>

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.10 ในหนังสือเรียนหน้า 71 จากนั้นทบทวนความรู้เกี่ยวกับกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้
 - บริเวณใดของโลกที่มีความร้อนมาก และบริเวณใดของโลกที่มีความร้อนน้อย
แนวคำตอบ บริเวณศูนย์สูตรมีความร้อนมาก บริเวณละติจูดสูง ๆ ไปจนถึงแถบขั้วโลกมีความร้อนน้อย
 - เพราะเหตุใดกระแสน้ำที่ไหลจากละติจูดต่ำลงไปยังละติจูดที่สูงกว่าจึงเรียกว่ากระแสน้ำอุ่น
แนวคำตอบ เพราะน้ำในกระแสน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำโดยรอบ
 - เพราะเหตุใดกระแสน้ำที่ไหลจากละติจูดสูงขึ้นไปยังละติจูดที่ต่ำกว่าจึงเป็นกระแสน้ำเย็น
แนวคำตอบ เพราะน้ำในกระแสน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำโดยรอบ
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นส่งผลต่อภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมบริเวณที่กระแสน้ำนั้นไหลผ่านอย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.5



กิจกรรม 9.5 กระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นกับลมฟ้าอากาศ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายและเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน

เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ชุดข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณฝน 1 ชุด
2. กระดาษกราฟ 3 แผ่น

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

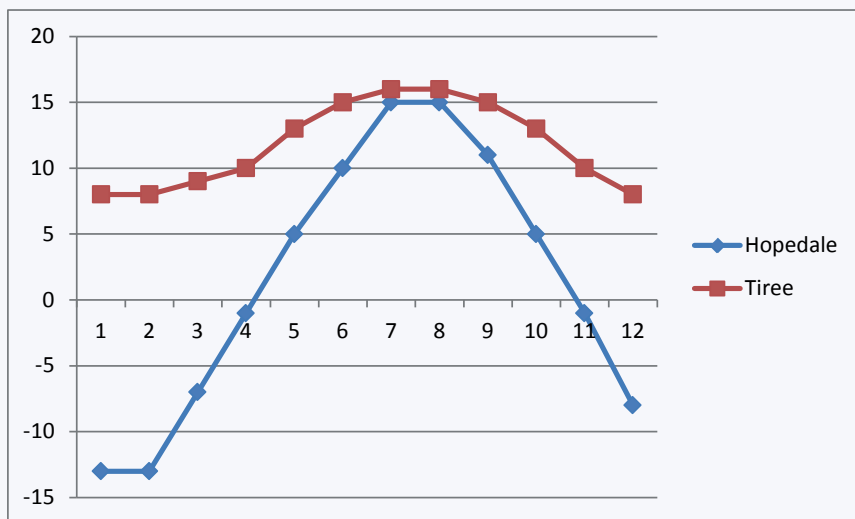
1. ครูอาจให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการสร้างกราฟและนำเสนอผลการทำกิจกรรม
2. ครูควรเน้นย้ำกับนักเรียนว่ากราฟที่สร้างขึ้นต้องสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของทั้งสองเมืองได้ โดยอาจสร้างกราฟทั้งหมด 3 กราฟ กราฟแรกแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของทั้งสองเมือง กราฟที่สองแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดของทั้งสองเมือง และกราฟที่สามแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนของทั้งสองเมือง

วิธีทำกิจกรรม

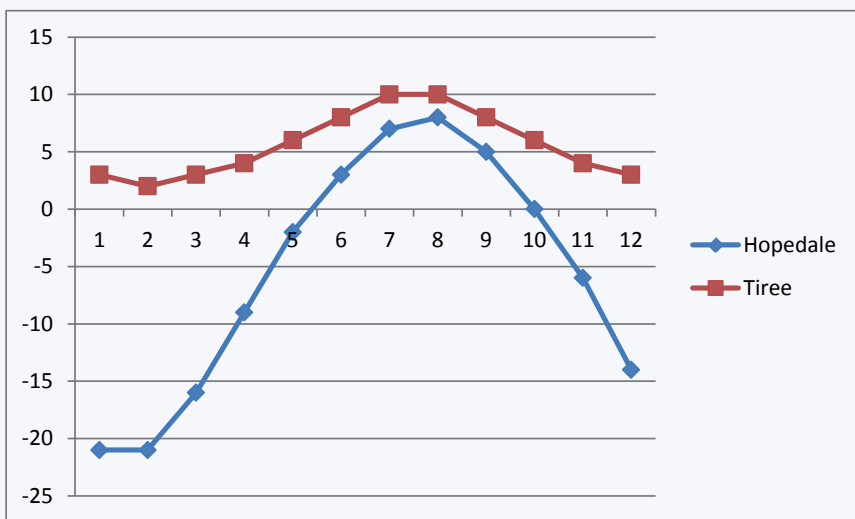
1. เลือกเมืองที่อยู่บริเวณชายฝั่งในแถบละติจูดเดียวกัน 2 เมือง จากชุดข้อมูลที่กำหนดให้ โดยบริเวณหนึ่งมีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่าน และอีกบริเวณหนึ่งมีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน
2. จัดกระทำข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนของทั้งสองเมือง
3. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

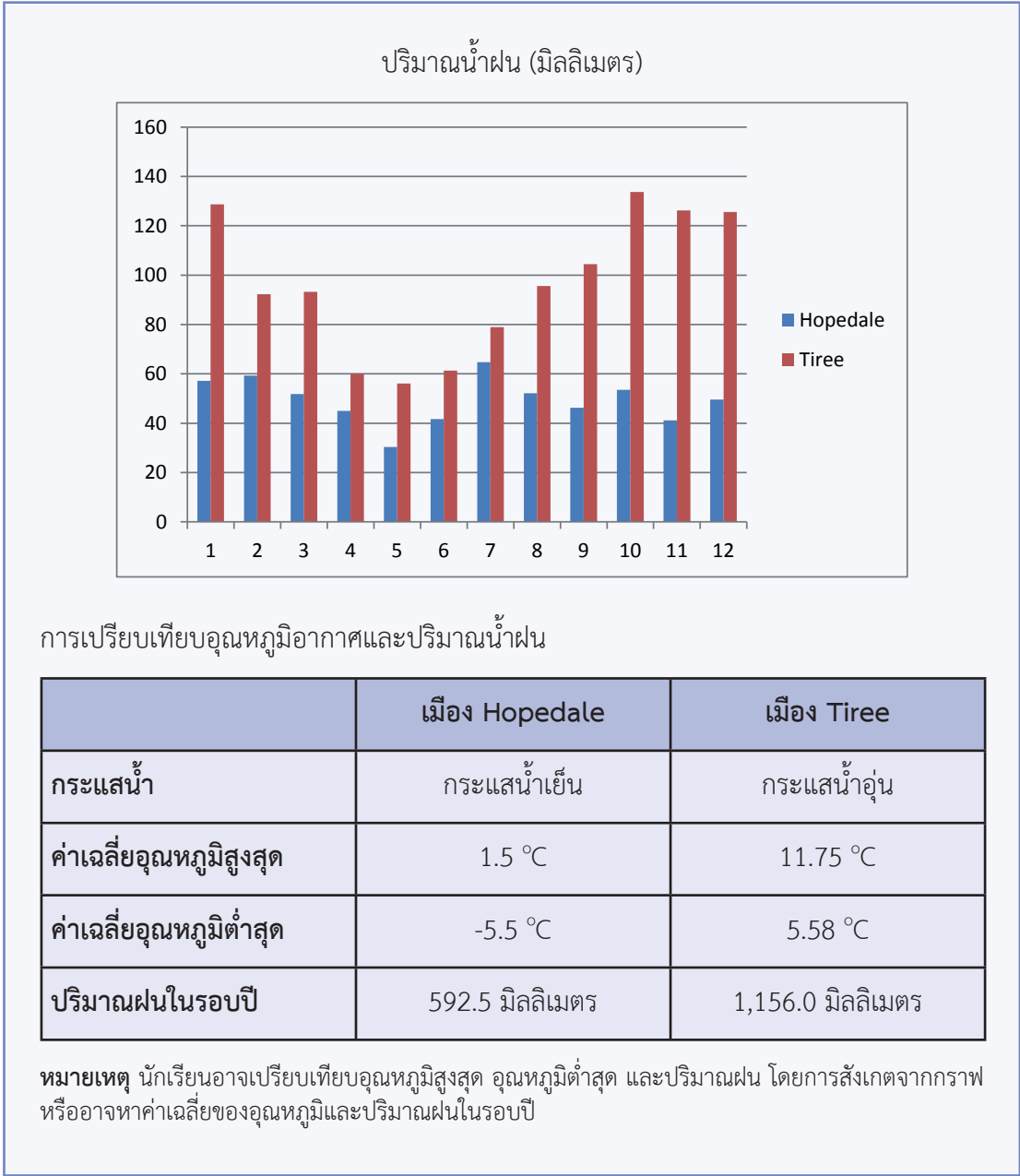
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Hopedale และ Tiree
อุณหภูมิสูงสุด (°C)

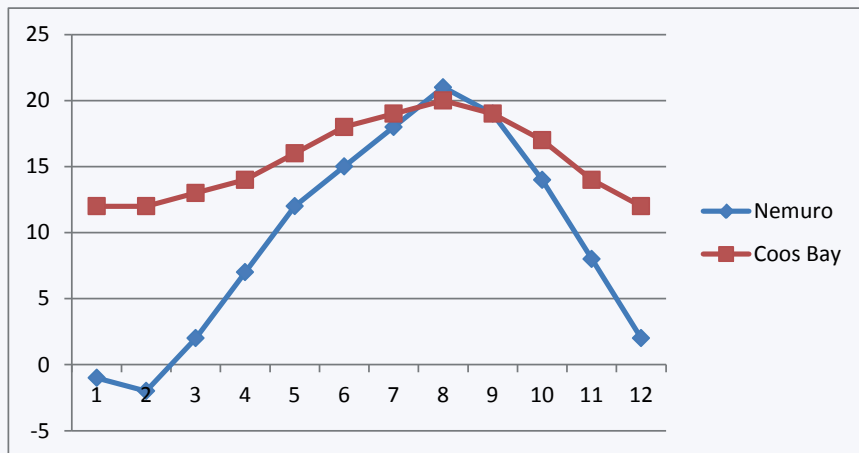


อุณหภูมิต่ำสุด (°C)

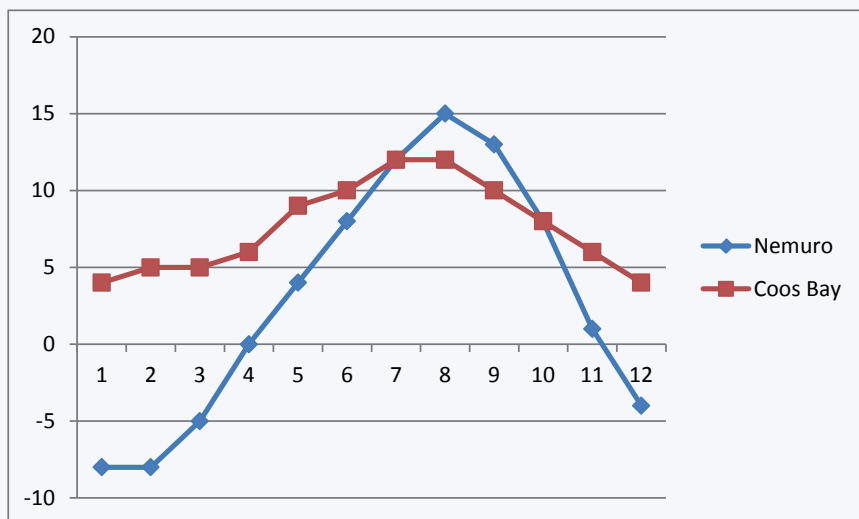


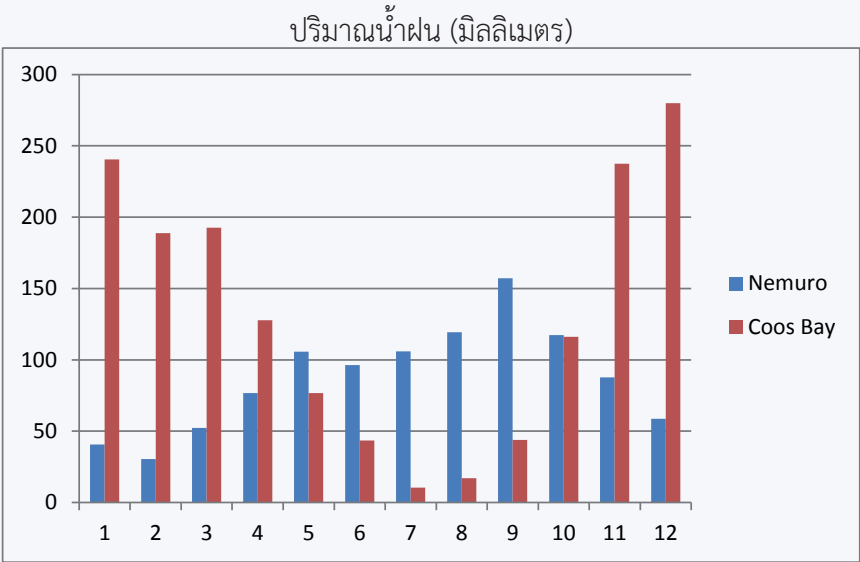


กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Nemuro และ Coos Bay
อุณหภูมิสูงสุด (°C)



อุณหภูมิต่ำสุด (°C)



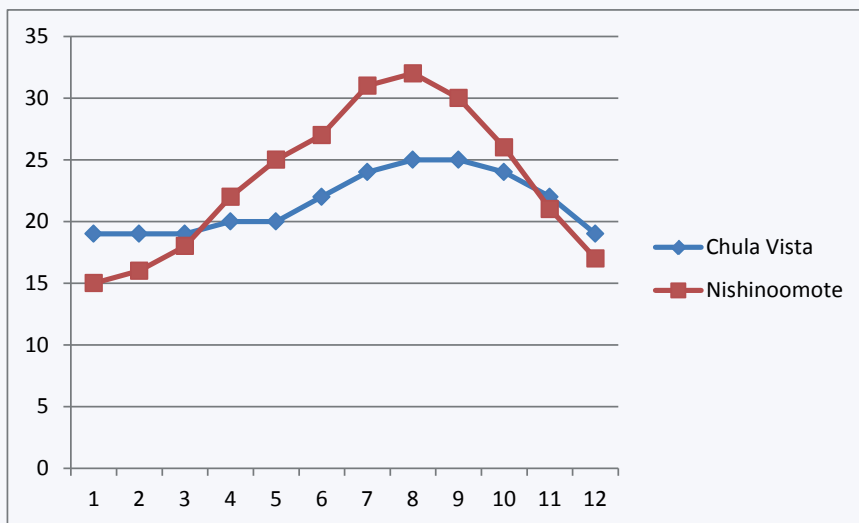


การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน

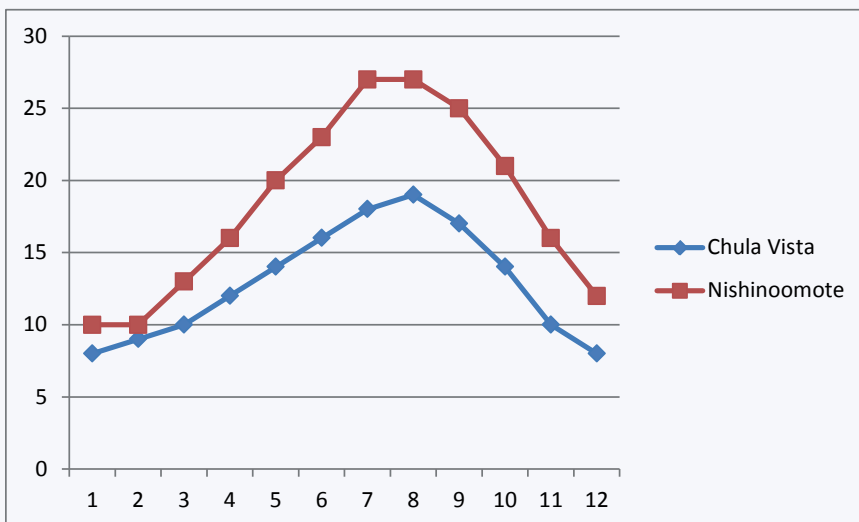
	เมือง Nemuro	เมือง Coos Bay
กระแสน้ำ	กระแสน้ำเย็น	กระแสน้ำอุ่น
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด	9.58 °C	15.5 °C
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด	3.00 °C	7.58 °C
ปริมาณฝนในรอบปี	1,048.5 มิลลิเมตร	1,574.7 มิลลิเมตร

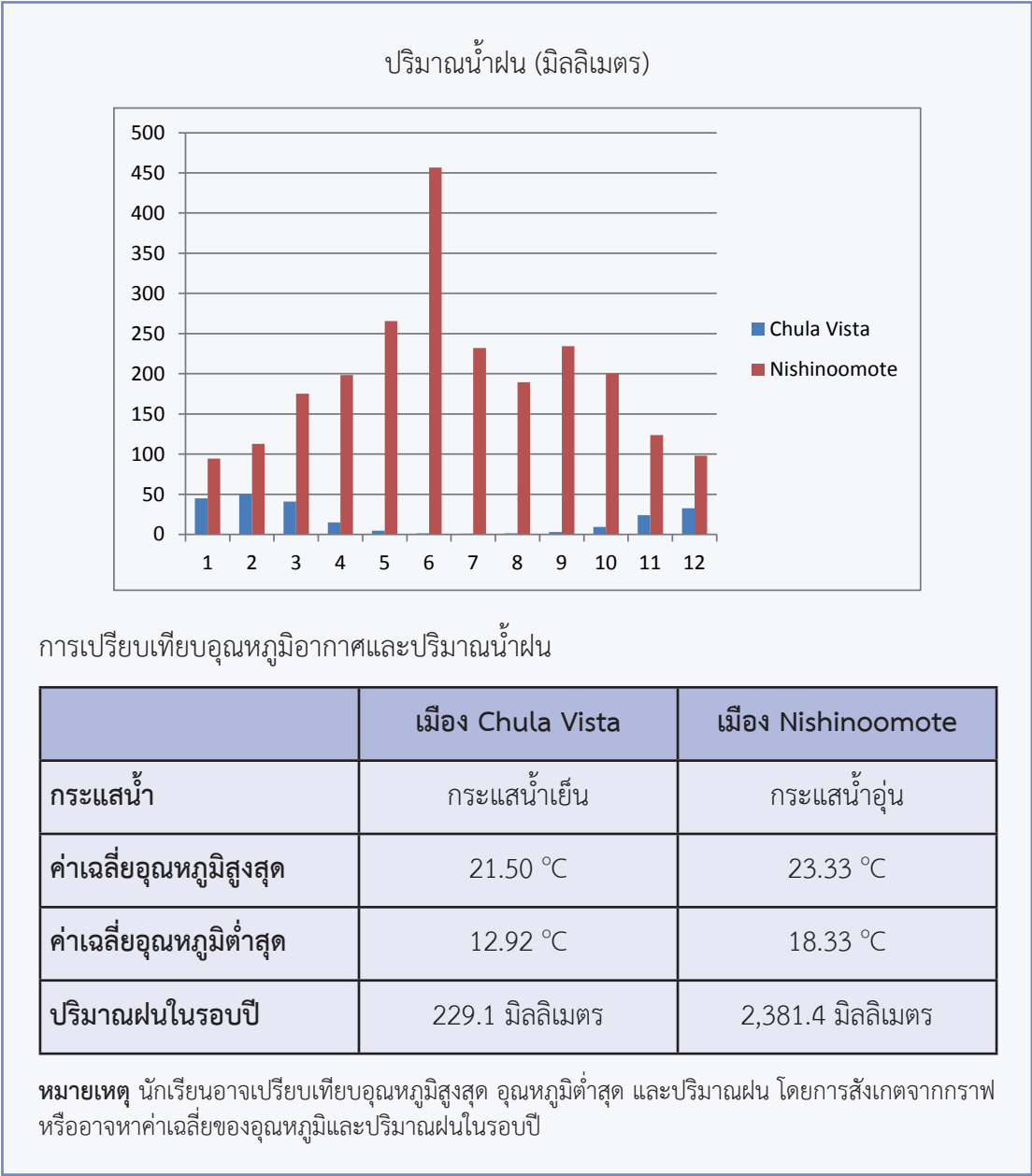
หมายเหตุ นักเรียนอาจเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน โดยการสังเกตจากกราฟ หรืออาจหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและปริมาณฝนในรอบปี

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Chula Vista และ Nishinoomote
อุณหภูมิสูงสุด (°C)

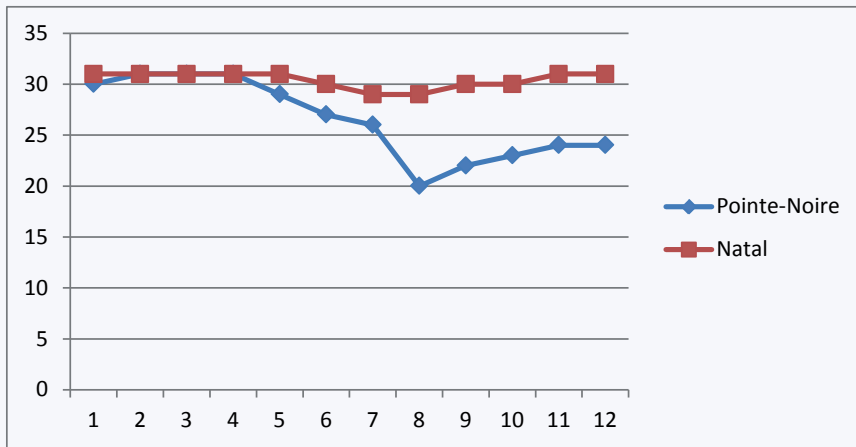


อุณหภูมิต่ำสุด (°C)

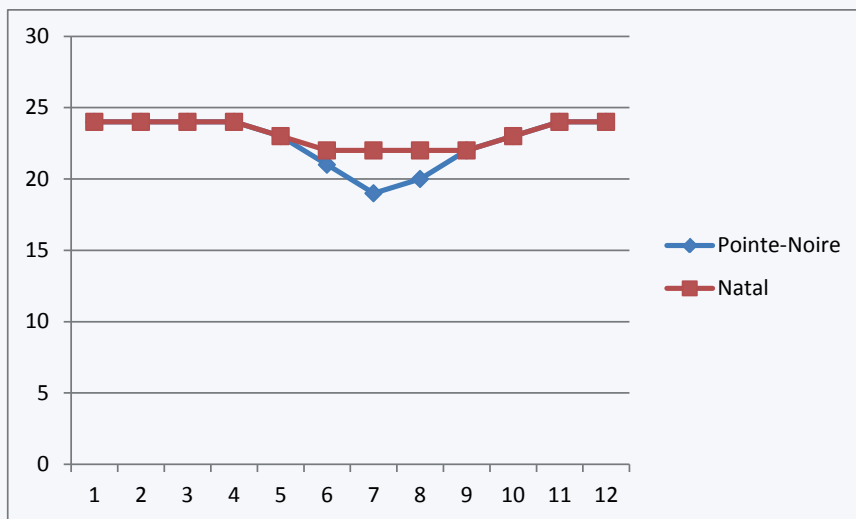


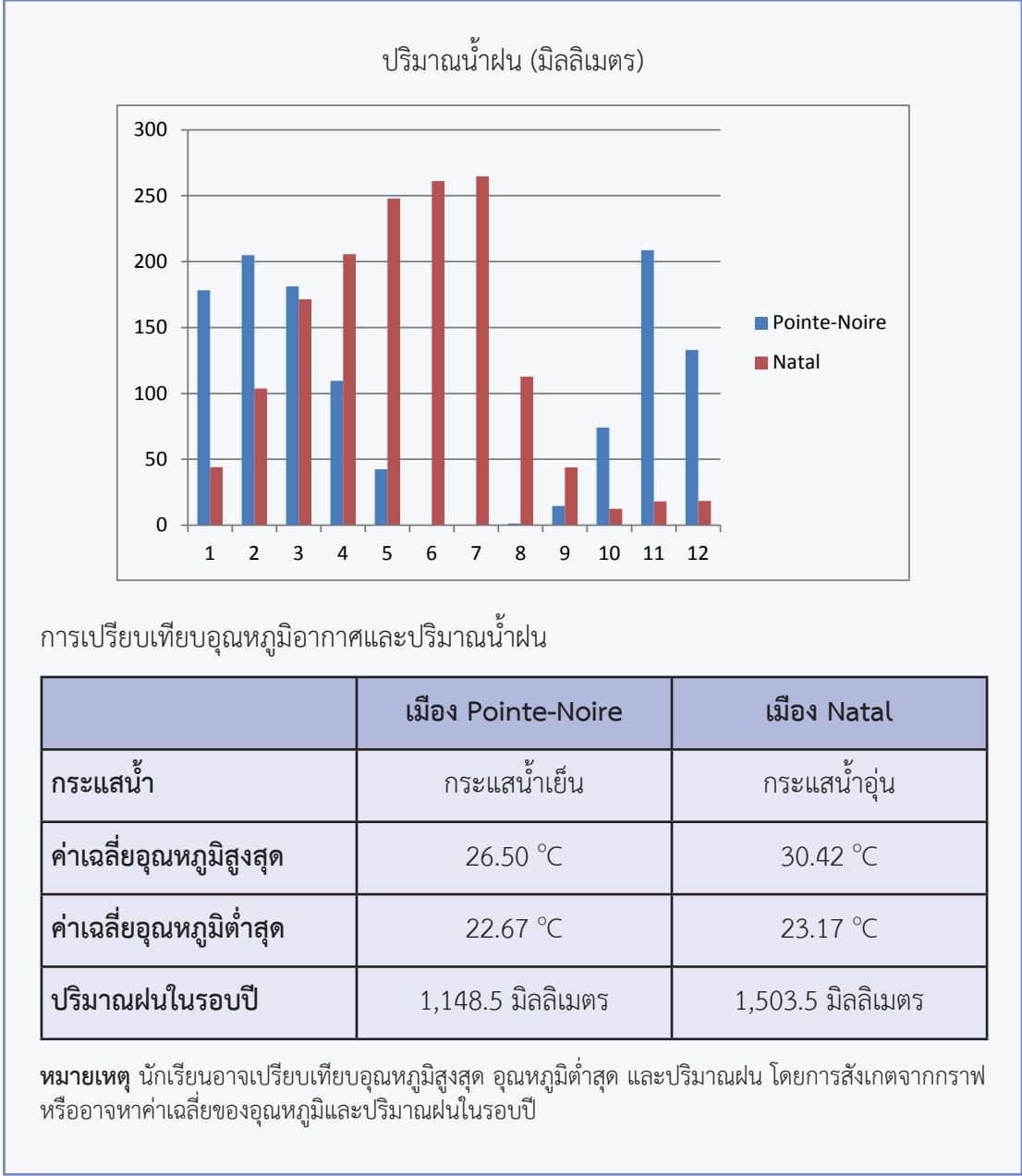


กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Pointe-Noire และ Natal
อุณหภูมิสูงสุด (°C)

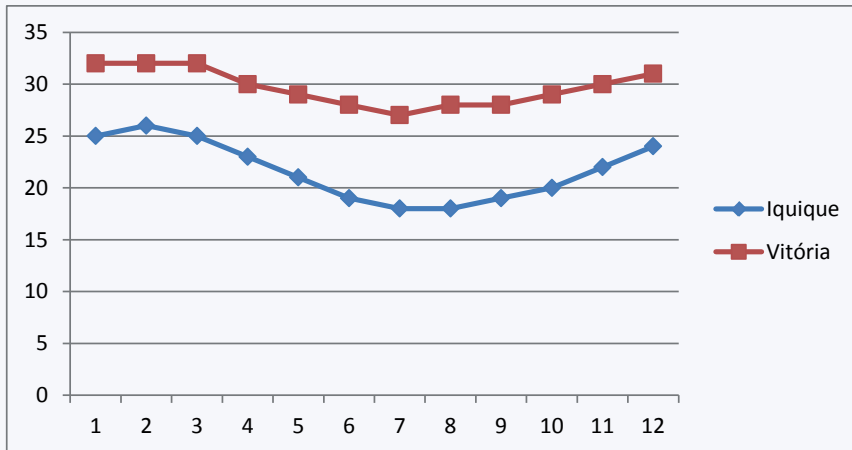


อุณหภูมิต่ำสุด (°C)

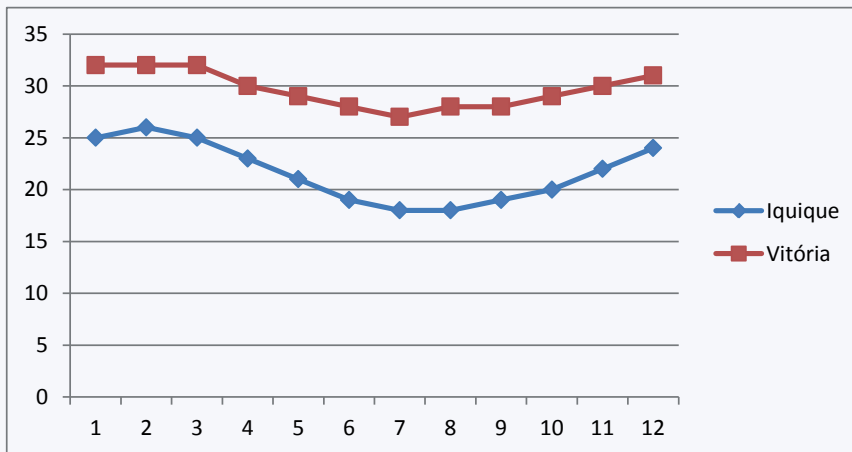




กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Iquique และ Vitória
อุณหภูมิสูงสุด (°C)

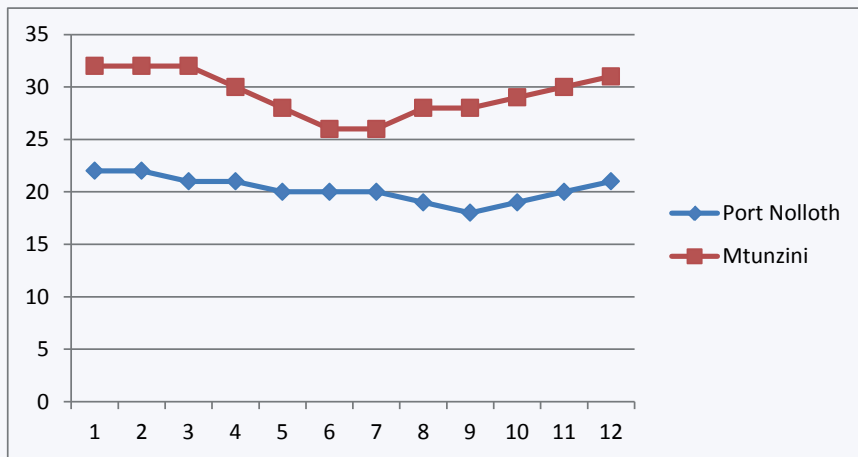


อุณหภูมิต่ำสุด (°C)

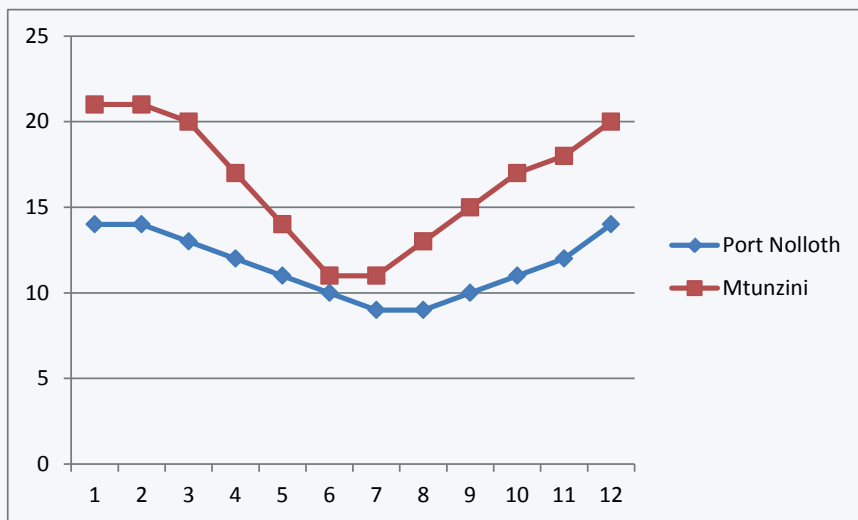




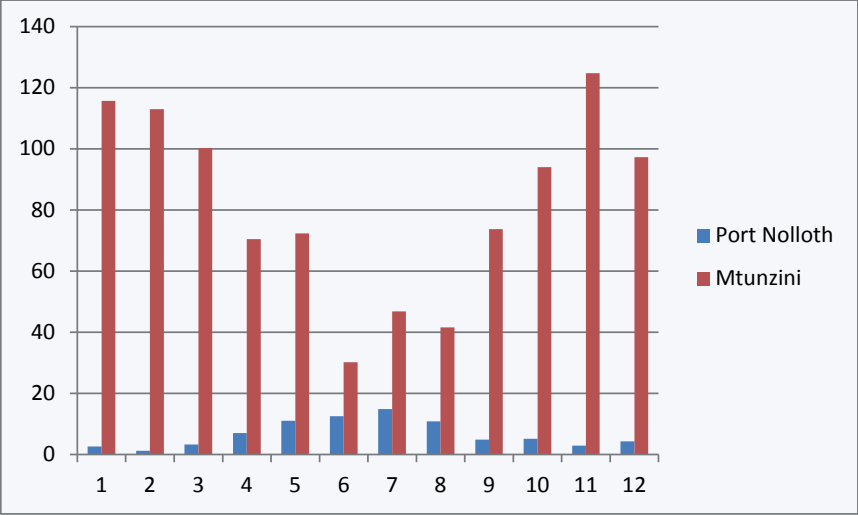
กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนของเมือง Port Nolloth และ Mtunzini
อุณหภูมิสูงสุด (°C)



อุณหภูมิต่ำสุด (°C)



ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)



การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน

	เมือง Port Nolloth	เมือง Mtunzini
กระแสน้ำ	กระแสน้ำเย็น	กระแสน้ำอุ่น
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด	20.25 °C	29.33 °C
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด	11.58 °C	16.50 °C
ปริมาณฝนในรอบปี	80.7 มิลลิเมตร	980.1 มิลลิเมตร

หมายเหตุ นักเรียนอาจเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณฝน โดยการสังเกตจากกราฟ หรืออาจหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและปริมาณฝนในรอบปี

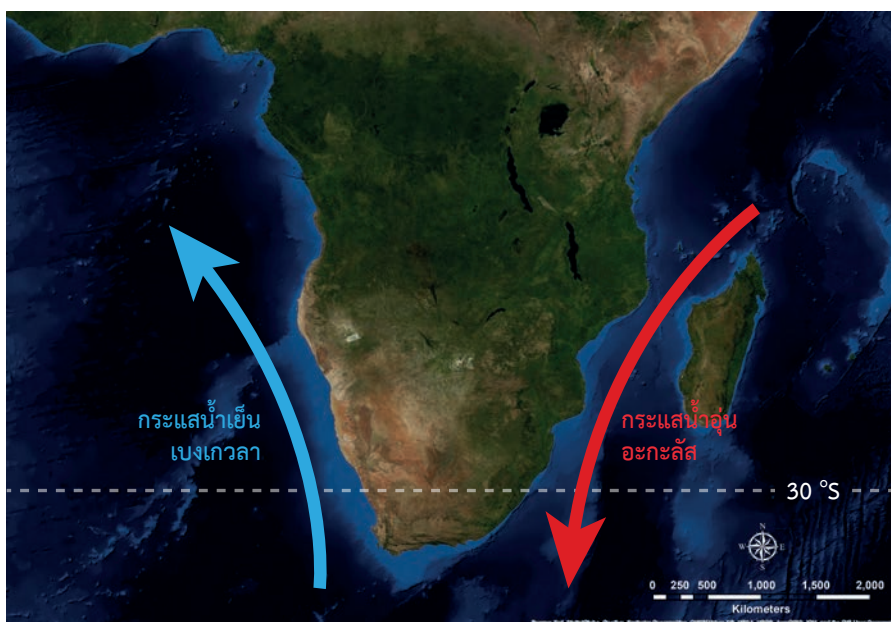
สรุปผลการทำกิจกรรม

ในแถบละติจูดเดียวกัน พื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านจะมีอุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนมากกว่าพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน เนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำไปยังอากาศทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำจึงระเหยกลายเป็นไอเข้าสู่อากาศได้มากส่งผลให้มีปริมาณฝนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ส่วนพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนจากอากาศไปยังน้ำทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง น้ำจึงระเหยกลายเป็นไอเข้าสู่อากาศได้น้อยส่งผลให้มีปริมาณฝนน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. อุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนของทั้งสองเมืองแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ อุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนของทั้งสองเมืองแตกต่างกัน โดยพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านจะมีอุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนโดยเฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน
2. กระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศและปริมาณฝนหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ กระแสน้ำส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศและปริมาณฝน โดยพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำไปยังอากาศทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำจึงระเหยกลายเป็นไอเข้าสู่อากาศได้มากส่งผลให้มีปริมาณฝนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ส่วนพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนจากอากาศไปยังน้ำทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง น้ำจึงระเหยกลายเป็นไอเข้าสู่อากาศได้น้อย ส่งผลให้มีปริมาณฝนน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงด้านบน
4. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.15 ในหนังสือเรียนหน้า 81 โดยครูให้นักเรียนสังเกตบริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่อยู่บริเวณละติจูด 30 องศาใต้ ดังรูป จากนั้นครูนำอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้



- จากรูป เป็นบริเวณใดของโลก

แนวคำตอบ ทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกา

- หากพิจารณาจากแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศตามเขตละติจูด ทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกาบริเวณละติจูดที่ 30 องศาใต้ ควรมีภูมิอากาศแบบใด

แนวคำตอบ ภูมิอากาศแบบแห้งแล้งจนถึงทะเลทราย

หมายเหตุ หากนักเรียนไม่สามารถตอบได้ครูอาจให้นักเรียนกลับไปทบทวนเกี่ยวกับภูมิอากาศในการหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางในหนังสือเรียนหน้า 49

- พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกและตะวันออกของทวีปแอฟริกาบริเวณละติจูด 30 องศาใต้ มีสภาพแวดล้อมสอดคล้องกับแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศตามเขตละติจูดหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกมีสภาพเป็นทะเลทรายสอดคล้องกับแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศตามเขตละติจูด แต่พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกมีสภาพเป็นป่าซึ่งไม่สอดคล้องกับแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศตามเขตละติจูด

- เพราะเหตุใด พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกจึงมีสภาพเป็นป่า

แนวคำตอบ เพราะบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกมีกระแสน้ำอุ่นอะกะลัสไหลผ่านจึงทำให้พื้นที่ชายฝั่งบริเวณนี้มีปริมาณน้ำฝนมากจึงมีสภาพเป็นป่า

- พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกมีสภาพแวดล้อมต่างจากพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินอย่างไร ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกมีสภาพเป็นป่ามากกว่าพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินสังเกตได้จากรูป 9.15 โดยพื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกมีสีเขียวเข้ม ส่วนพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินมีสีน้ำตาลอ่อนปนสีเขียว

- เพราะเหตุใด พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกจึงมีสภาพเป็นป่ามากกว่าพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดิน

แนวคำตอบ เพราะบริเวณชายฝั่งได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำอุ่นอะกะลัสมากกว่า จึงมีสภาพเป็นป่ามากกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

- กระแสน้ำเย็นเบนเกวลาส่งผลต่อพื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกหรือไม่ ทราบได้อย่างไร

แนวคำตอบ กระแสน้ำเย็นเบนเกวลาส่งผลให้พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกมีสภาพเป็นทะเลทรายมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน สังเกตได้จากรูป 9.15 โดยพื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินมีสีน้ำตาลอ่อนปนสีเขียว

- เพราะเหตุใด พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกมีสภาพเป็นทะเลทรายมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

แนวคำตอบ เพราะบริเวณชายฝั่งได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำเย็นเบนเกวลามากกว่าจึงมีสภาพเป็นทะเลทรายมากกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

5. ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนใช้โปรแกรมแกรมนานาสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น google earth เพื่อสำรวจพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอื่น ๆ ในแถบละติจูดเดียวกัน ซึ่งบริเวณหนึ่งมีกระแสน้ำอุ่นและอีกบริเวณหนึ่งมีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน เพื่อเปรียบเทียบสภาพแวดล้อม
6. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนเกี่ยวกับผลจากกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรต่อสภาพลมฟ้าอากาศ โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 82
 - พื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านและพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน จะมีสภาพลมฟ้าอากาศแตกต่างกันอย่างไร
 - แนวคำตอบ** พื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำอุ่นไหลผ่านมีอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนมากกว่าพื้นที่ชายฝั่งที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน
7. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับผลจากกระแสน้ำอุ่นบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของประเทศอังกฤษผลจากกระแสน้ำเย็นบริเวณชายฝั่งรัฐแคลิฟอร์เนีย และปัจจัยอื่นส่งผลต่อภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ชายฝั่ง ดังนี้
 - ชายฝั่งด้านตะวันตกของประเทศอังกฤษมีกระแสน้ำอุ่นแอตแลนติกเหนือไหลผ่านทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีอากาศอบอุ่นและมีแนวโน้มฝนตกมากกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน
 - บริเวณชายฝั่งรัฐแคลิฟอร์เนียมีกระแสน้ำเย็นแคลิฟอร์เนียไหลผ่าน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งในฤดูร้อนไม่สูงมากจนเกินไป
 - ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ชายฝั่งได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัยร่วมกันพื้นที่ชายฝั่งบางพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำเป็นปัจจัยหลักทำให้ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมมีความสอดคล้องกับกระแสน้ำอุ่นหรือกระแสน้ำเย็นอย่างชัดเจน แต่พื้นที่ชายฝั่งบางพื้นที่อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นเป็นปัจจัยหลัก เช่น มรสุม การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก
8. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.16 ในหนังสือเรียนหน้า 83 และให้ความรู้เพิ่มเติมว่า “ชายฝั่งประเทศญี่ปุ่นบริเวณที่กระแสน้ำอุ่นกุโรชิโอและกระแสน้ำเย็นโอยาชิโอไหลมาบรรจบกันจะทำให้มีสัตว์น้ำชุกชุม” จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “การไหลมาบรรจบกันของกระแสน้ำอุ่นกุโรชิโอและกระแสน้ำเย็นโอยาชิโอส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีสัตว์น้ำชุกชุมได้อย่างไร” จากนั้นครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้
 - น้ำในกระแสน้ำใดมีอุณหภูมิเหมาะสมและไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต
 - แนวคำตอบ** น้ำในกระแสน้ำอุ่นมีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ส่วนน้ำในกระแสน้ำเย็นมีอุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต
 - น้ำในกระแสน้ำใดถูกสิ่งมีชีวิตนำสารอาหารไปใช้มากกว่า
 - แนวคำตอบ** น้ำในกระแสน้ำอุ่น
 - กระแสน้ำใดมีสารอาหารเหลืออยู่ในน้ำมากกว่า
 - แนวคำตอบ** น้ำในกระแสน้ำเย็นมีสารอาหารเหลืออยู่มากกว่า

- เมื่อกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลมาบรรจบกันจะส่งผลให้น้ำบริเวณนั้นเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

แนวคำตอบ อุณหภูมิไม่เย็นจนเกินไปและมีสารอาหารในน้ำในปริมาณที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

- ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการไหลมาบรรจบกันของกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นดังนี้
 - บริเวณที่กระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลมาบรรจบกัน จะทำให้บริเวณนั้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ซึ่งเป็นอาหารให้กับสัตว์น้ำชนิดอื่นในมหาสมุทร เมื่อแพลงก์ตอนพืชมีจำนวนมากจะส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีสัตว์น้ำชุกชุม
 - บริเวณที่กระแสน้ำอุ่นกุโรซิโอและกระแสน้ำเย็นโอยาซิโอไหลมาบรรจบกันมีชื่อเรียกว่าคูริลแบงค์ (Kuril bank) ซึ่งอยู่นอกชายฝั่งประเทศญี่ปุ่น
 - นอกจากนี้บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของทวีปอเมริกาเหนือ ยังมีกระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีมไหลมาบรรจบกับกระแสน้ำเย็นลาบราดอร์ บริเวณดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า แกรนด์แบงค์ (Grand bank) ซึ่งมีสัตว์น้ำชุกชุมเช่นเดียวกัน
 - การไหลมาบรรจบกันของกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นยังก่อให้เกิดสภาพลมฟ้าอากาศที่เป็นหมอกปกคลุมไปทั่วบริเวณทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นต่ำ การเดินทางโดยเรือในบริเวณนี้จึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุทางทะเล
- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “หากการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนไปจะส่งผลกระทบต่อภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร” จากนั้นครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.17 ในหนังสือเรียนหน้า 84 จากนั้นนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้
 - มหาสมุทรในรูปคือมหาสมุทรใด
แนวคำตอบ มหาสมุทรแปซิฟิก
 - น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณใดมีอุณหภูมิสูงและบริเวณใดมีอุณหภูมิต่ำ
แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูง และน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิต่ำ
 - เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิสูง
แนวคำตอบ ลมค้าพัดพาน้ำผิวหน้ามหาสมุทรซึ่งมีอุณหภูมิสูงไหลมาสะสมบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตก
 - น้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลต่อลมฟ้าอากาศบริเวณนั้นอย่างไร
แนวคำตอบ อากาศเหนือพื้นน้ำบริเวณนี้มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เกิดเมฆและฝนฟ้าคะนอง

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิต่ำ

แนวคำตอบ น้ำชั้นล่างซึ่งมีอุณหภูมิต่ำยกตัวขึ้นมาแทนที่น้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่ถูกพัดออกไป

- น้ำชั้นล่างที่ยกตัวขึ้นมาส่งผลความอุดมสมบูรณ์ของมหาสมุทรบริเวณนั้นอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำชั้นล่างเป็นน้ำที่มีสารอาหารสูง เมื่อน้ำชั้นล่างยกตัวขึ้นมาส่งผลให้บริเวณชายฝั่งประเทศเปรูและเอควาดอร์มีความอุดมสมบูรณ์และสัตว์น้ำชุกชุมจึงเป็นแหล่งประมงที่สำคัญ

11. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.18 ในหนังสือเรียนหน้า 83 และรูป 9.19 ในหนังสือเรียนหน้า 85 และร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “หากลมค้าอ่อนกำลังกว่าปกติหรือมีกำลังแรงกว่าปกติจะส่งผลต่อการหมุนเวียนน้ำในแถบศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิกอย่างไร” จากนั้นนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

คำถามอภิปรายรูปใน 9.18

- ลมค้าอ่อนกำลังลงกว่าปกติหรือมีกำลังแรงกว่าปกติ

แนวคำตอบ ลมค้าอ่อนกำลังลงกว่าปกติ

- อุณหภูมิพื้นผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกและชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ และน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ

แนวคำตอบ เพราะลมค้าอ่อนกำลังกว่าปกติทำให้น้ำอุ่นบริเวณพื้นผิวหน้ามหาสมุทรแปซิฟิกถูกพัดไปยังชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้น้อยลง

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ

แนวคำตอบ เพราะเกิดน้ำผุดน้อยลง

- ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีชื่อเรียกว่าอย่างไร

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์เอลนีโญ

คำถามอภิปรายรูปใน 9.19

- ลมค้าอ่อนกำลังลงกว่าปกติหรือมีกำลังแรงกว่าปกติ

แนวคำตอบ ลมค้ามีกำลังแรงกว่าปกติ

- อุณหภูมิน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกและชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

แนวคำตอบ น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ

แนวคำตอบ เพราะลมค้ามีกำลังแรงกว่าปกติทำให้น้ำอุ่นบริเวณผิวหน้ามหาสมุทรแปซิฟิกถูกพัดไปยังชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้มากขึ้น

- เพราะเหตุใด น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ

แนวคำตอบ เพราะเกิดน้ำผุดมากขึ้น

- ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีชื่อเรียกว่าอย่างไร

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์ลานีญา

12. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลกระทบต่อลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง” จากนั้นครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 9.6



กิจกรรม 9.6 เอลนีโญและลานีญาส่งผลกระทบอย่างไรบ้าง

จุดประสงค์กิจกรรม

สืบค้นข้อมูล และอธิบายผลของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่มีต่อสภาพลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

เวลา 2 ชั่วโมง

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลมาล่วงหน้า
2. ครูเตรียมแผนที่โลกขนาด A4 เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาลงบนแผนที่ โดยสามารถดาวน์โหลดแผนที่โลกได้จาก QR code ของบทในคู่มือครู

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจให้นักเรียนทำการวิเคราะห์ข้อมูลลงบนแผนที่โดยใช้สัญลักษณ์หรือสีแทนผลกระทบที่เกิดขึ้นในบริเวณต่าง ๆ บนโลก

วิธีทำกิจกรรม

1. สืบค้นตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่มีต่อลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา
3. วิเคราะห์และอธิบายการหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทรกับผลกระทบที่เกิดขึ้น
4. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างเหตุการณ์ผลกระทบจากเอลนีโญ

ปี พ.ศ. 2540 - 2541 ประเทศไทยประสบกับสภาวะความแห้งแล้ง มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติทั่วประเทศ

ที่มา : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=50>

ผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญในปี พ.ศ. 2540

1. ภูมิภาคที่ได้รับความแห้งแล้ง

ตอนเหนือและตะวันออกของออสเตรเลีย ช่วงเดือนเมษายน – พฤศจิกายน 2540 บริเวณตอนเหนือและตะวันออกของทวีปมีฝนรวมต่ำกว่าค่าปกติ ทำให้เกิดความแห้งแล้งทั่วประเทศ ประกอบกับช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม ทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติ จึงก่อให้เกิดไฟป่าขึ้นในบริเวณรัฐวิกตอเรียและนิวเซาท์เวลส์เป็นเวลาหลายสัปดาห์

ตอนใต้ของแอฟริกาตะวันตก มีฝนต่ำกว่าปกติตั้งแต่เดือนกรกฎาคมพร้อมกับฤดูฝนได้เริ่มช้ากว่าปกติ

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่ได้รับความแห้งแล้งมากโดยเฉพาะช่วงเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ได้แก่ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย สิงคโปร์ บรูไนและปาปัวนิวกินี และได้เกิดไฟป่าในอินโดนีเซีย และรัฐซาราวักของมาเลเซียตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงปลายปี 2540 บริเวณอื่น ๆ ที่ได้รับความแห้งแล้งคือ ประเทศไทย บางส่วนของพม่า ลาว เขมรและเวียดนาม

สหรัฐอเมริกาตะวันออก แห้งแล้งช่วงเดือนเมษายน – ตุลาคม ต่อจากนั้นเป็นฤดูหนาวที่หนาวน้อย

อเมริกากลาง มีสภาพอากาศแล้งปกคลุมช่วงเดือนมิถุนายน – ตุลาคม
ตอนเหนือของอเมริกาใต้ มีอากาศร้อนและแห้งแล้งในช่วงครึ่งหลังของปี

2. ภูมิภาคที่ได้รับฝนมากหรือน้ำท่วม

คาบสมุทรอินเดีย มีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมต่อเนื่องเกือบตลอดจนถึงสิ้นปี บริเวณนี้
ได้แก่ประเทศอินเดีย บังกลาเทศ เนปาลและศรีลังกา

แอฟริกาตะวันออก ได้รับฝนชุกมากในช่วงตุลาคม – ธันวาคม ทำให้เกิดน้ำท่วมหนักโดย
เฉพาะบริเวณประเทศเคนยา อุ간다 รวันดาและตอนเหนือของแทนซาเนีย

อเมริกาใต้ ตอนกลางและตอนใต้ของอเมริกาใต้ส่วนมากมีฝนสูงกว่าค่าปกติมากช่วงเดือน
มิถุนายนถึงสิ้นปี บางบริเวณของชิลีตอนกลางได้รับฝนภายใน 1 วัน เท่ากับปริมาณฝน
รวมเฉลี่ยของทั้งปี และบริเวณชายฝั่งทางใต้ของเอกวาดอร์และทางเหนือของเปรู ได้รับ
ฝนชุกมากและก่อให้เกิดน้ำท่วมช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม

อเมริกาเหนือ มีฝนตกชุกและเกิดน้ำท่วมเป็นบางบริเวณจากทางรัฐแคลิฟอร์เนียพัดไป
ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกาถึงบริเวณรัฐฟลอริดาในระยะครึ่งหลังของปี 2540

3. ผลกระทบที่มีต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อน

มหาสมุทรแอตแลนติก เอลนีโญทำให้พายุที่มีความรุนแรงระดับพายุโซนร้อนและ
พายุเฮอริเคนที่เกิดทางเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติกมีจำนวนลดลงค่อนข้างชัดเจน
โดยในปี พ.ศ. 2540 มีพายุโซนร้อนเกิดขึ้น 7 ลูก (ปกติประมาณ 9 ลูก) และที่รุนแรงเป็น
พายุเฮอริเคนจำนวน 3 ลูก (ปกติประมาณ 6 ลูก) และโดยรวมแล้วพายุหมุนเขตร้อนที่
เกิดขึ้นในฤดูพายุหมุนเขตร้อนในแอตแลนติกเหนือ ปี 2540 เกิดขึ้นเพียง 52 % ของค่า
ปกติเท่านั้น ผลกระทบของเอลนีโญต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแอตแลนติก
ปรากฏชัดที่สุดระหว่างเดือนสิงหาคม – ตุลาคม เมื่อมีเพียงจำนวน 3 ลูก ที่ได้ก่อตัวขึ้น
ในช่วงนี้

ด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ เอลนีโญช่วยเอื้อต่อการก่อตัวพร้อมกับขยาย
พื้นที่ของการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนทางด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ
ในปี 2540 ได้เกิดพายุโซนร้อนจำนวน 17 ลูก (ปกติ 16 ลูก) ที่รุนแรงถึงระดับเป็นพายุ
เฮอริเคนจำนวน 9 ลูก (ปกติ 9 ลูก) และเป็นพายุเฮอริเคนที่รุนแรงมากจำนวน 7 ลูก
(ปกติ 5 ลูก) นอกจากนี้พื้นที่ที่เกิดพายุหมุนเขตร้อนได้แผ่ขยายกว้างออกไปจากปกติ โดย
มีจำนวน 4 ลูก ที่ได้ก่อตัวและเคลื่อนตัวทางตะวันตกของเส้นแวง 135 องศาตะวันตก
และมีพายุเฮอริเคนที่รุนแรงจำนวน 2 ลูก ทำให้ความเสียหายให้กับทวีปอเมริกาเหนือ
ด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ พายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้ในปี
2540 มีรูปแบบและลักษณะที่ผิดปกติมาก โดยเฉพาะบริเวณด้านตะวันออกของประเทศ

ฟิลิปปินส์ กล่าวคือ พายุมักจะมีเส้นทางการเคลื่อนตัวขึ้นไปในแนวทิศเหนือมากกว่าที่จะเคลื่อนมาทางตะวันตกผ่านประเทศฟิลิปปินส์ลงสู่ทะเลจีนใต้ จึงทำให้พายุที่พัดผ่านประเทศฟิลิปปินส์ลงสู่ทะเลจีนใต้มีจำนวนน้อยกว่าปกติมาก ขณะที่พายุได้ผ่านจำนวน 2 ลูกเคลื่อนเข้าสู่ประเทศญี่ปุ่นเร็วกว่าปกติในเดือนมิถุนายน สำหรับประเทศจีนฤดูพายุหมุนเขตร้อนเกิดล่าช้ามาก และเป็นกรณีที่เกิดได้น้อยที่มีพายุหมุนเขตร้อน (พายุไต้ฝุ่น “ลินดา”) เคลื่อนผ่านปลายแหลมยูนนานและภาคใต้ของประเทศไทยในตอนต้นเดือนพฤศจิกายน 2540 ซึ่งพายุลูกนี้ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของทางใต้ของเวียดนามเป็นอย่างมาก จากการที่จำนวนพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านประเทศฟิลิปปินส์มีน้อย จึงทำให้ฟิลิปปินส์ประสบกับความแห้งแล้ง และยังส่งผลถึงประเทศใกล้เคียงเช่นเวียดนามและไทยด้วย เนื่องจากพายุที่เคลื่อนผ่านฟิลิปปินส์จะมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่เวียดนามและไทยได้ในเวลาต่อมา หลาย ๆ ลักษณะที่กล่าวมาก็ได้เกิดขึ้นในช่วงปีเอลนีโญ 2525 – 2526 ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่สูงว่ารูปแบบการเกิดของพายุหมุนเขตร้อนในปี 2540 เกี่ยวข้องกับการยับยั้งตัวไปของการหมุนเวียนของอากาศในภูมิภาคนี้ ซึ่งสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอลนีโญ

ผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญในปี พ.ศ. 2541 (ช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม)

1. ภูมิภาคที่มีอุณหภูมิสูงหรือฝนน้อยกว่าปกติ

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศไทย พม่า ลาว เวียดนาม เขมร มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซียและบรูไน มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติตลอดทั้งช่วง 3 เดือน พร้อมกับมีฝนต่ำกว่าค่าปกติบริเวณประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย บรูไนและฟิลิปปินส์

ทวีปออสเตรเลีย บริเวณด้านตะวันออก ตะวันตก และบางพื้นที่ทางตอนกลางของออสเตรเลียได้รับฝนต่ำกว่าค่าปกติค่อนข้างมากในช่วงมกราคม – มีนาคม ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะตามบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ

เอเชียตะวันออก ด้านตะวันออกของประเทศจีนต่อเนื่องถึงประเทศเกาหลีเหนือและใต้ รวมทั้งประเทศญี่ปุ่น มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม

ตอนเหนือของอเมริกาใต้ มีอุณหภูมิสูงและฝนต่ำกว่าค่าปกติตลอดทั้งช่วง

ตอนใต้ของแอฟริกาตะวันตก ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม มีอุณหภูมิสูงและฝนต่ำกว่าค่าปกติ

เกาะมาดากัสการ์ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม มีอุณหภูมิสูงและฝนต่ำกว่าค่าปกติ

ยุโรปตะวันตก มีอุณหภูมิสูงและฝนต่ำกว่าค่าปกติในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม

2. ภูมิภาคที่มีอุณหภูมิต่ำหรือฝนมากกว่าปกติ

อุรุกวัยและอาร์เจนตินา มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติและมีฝนตกหนักในประเทศอุรุกวัยต่อเนื่องถึงทางเหนือของอาร์เจนตินาในเดือนมกราคม ส่วนเดือนกุมภาพันธ์มีอุณหภูมิต่ำและฝนตกหนักทางเหนือของอาร์เจนตินา

สหรัฐอเมริกา ในเดือนมกราคมมีฝนตกหนักทางด้านตะวันออกไปถึงทางใต้ของประเทศ และในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม บริเวณฝนหนักได้เพิ่มพื้นที่ขึ้นคือ พาดจากทางตะวันตกทางใต้ ไปถึงทางตะวันออก

ที่มา : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=17>

ปี 2015 -ปัจจุบัน อากาศที่แปรปรวนดังกล่าวทำให้เกิดภัยธรรมชาติในหลายประเทศ อาทิ เหตุการณ์อุทกภัยครั้งรุนแรงในรอบ 50 ปี ในหลายประเทศในภูมิภาคอเมริกาใต้ หรือวิกฤติไฟป่าที่อินโดนีเซีย นอกจากนี้เอลนีโญยังได้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร เช่น ปริมาณฝนที่มากขึ้นในภูมิภาคอเมริกาซึ่งเป็นผู้ผลิตและส่งออกธัญพืชรายใหญ่ ทำให้ผลผลิตต่อไร่โดยเฉลี่ยของผู้ปลูกถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 2-5% อีกทั้งราคาสัญญาซื้อขายล่วงหน้าของกากถั่วเหลือง

ที่มา : <https://www.posttoday.com/finance/invest/434051>

ตัวอย่างเหตุการณ์ผลกระทบจากลานีญา

2542 - 2543 ประเทศไทยมีฝนชุกกว่าปกติ และอุณหภูมิในฤดูหนาวลดลงทำลายสถิติหลายจังหวัดในเดือนธันวาคม 2542

ที่มา : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=50>

ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์มีแนวโน้มที่จะมีฝนมากและมีน้ำท่วม ขณะที่บริเวณแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออกมีฝนน้อยและแห้งแล้ง นอกจากนี้พื้นที่ในบริเวณเขตร้อนจะได้รับผลกระทบแล้ว ปรากฏว่าลานีญายังมีอิทธิพลไปยังพื้นที่ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปด้วย โดยพบว่าแอฟริกาใต้มีแนวโน้มที่จะมีฝนมากกว่าปกติและมีความเสี่ยงต่ออุทกภัยมากขึ้น ขณะที่บริเวณตะวันออกของแอฟริกาและตอนใต้ของอเมริกาใต้มีฝนน้อยและเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้ง และในสหรัฐอเมริกาช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาจะแห้งแล้งกว่าปกติทางตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงปลายฤดูร้อนต่อเนื่องถึงฤดูหนาว บริเวณที่ราบตอนกลางของประเทศในช่วงฤดูใบไม้ร่วงและทางตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงฤดูหนาว แต่บางพื้นที่ทางตอนเหนือและตะวันออกมีฝนมากกว่าปกติในช่วงฤดูหนาว ส่วนผลกระทบของลานีญาที่มีต่อรูปแบบของอุณหภูมิปรากฏว่าในช่วงลานีญาอุณหภูมิผิวพื้นบริเวณเขตร้อนโดยเฉลี่ยจะลดลง และมีแนวโน้มต่ำกว่าปกติ ในช่วงฤดูหนาวของซีกโลกเหนือทางตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ขณะที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของมหาสมุทรรวมถึงพื้นที่

ทางตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลียมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ส่วนทางตอนเหนือของสหรัฐอเมริกาต่อเนื่องถึงตอนใต้ของแคนาดามีอากาศหนาวเย็นกว่าปกติ พายุเฮอริเคนในมหาสมุทรแอตแลนติกและอ่าวเม็กซิโกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และสหรัฐอเมริกาและหมู่เกาะแคริบเบียนมีโอกาสประสบกับพายุเฮอริเคนมากขึ้น

ที่มา : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>

ในปีลานีญาปริมาณฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่สูงกว่าปกติ โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝนเป็นระยะที่ลานีญามีผลกระทบต่อสภาวะฝนของประเทศไทยชัดเจนกว่าช่วงอื่น และพบว่าในช่วงกลางและปลายฤดูฝนลานีญามีผลกระทบต่อสภาวะฝนของประเทศไทยไม่ชัดเจน สำหรับอุณหภูมิปรากฏว่าลานีญามีผลกระทบต่ออุณหภูมิในประเทศไทยชัดเจนกว่าฝน โดยทุกภาคของประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทุกฤดู และพบว่าลานีญาที่มีขนาดปานกลางถึงรุนแรงส่งผลให้ปริมาณฝนของประเทศไทยสูงกว่าปกติมากขึ้น ขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติมากขึ้น

ที่มา : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>

การเกิดลานีญาในสหรัฐอเมริกาและทางตอนเหนือของอเมริกาใต้ ปี ค.ศ. 2012 ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดทำสถิติต่ำสุดในรอบ 17 ปี เหลือเพียง 123 บุษเซลต่อเอเคอร์ (bushels/acres) เมื่อเทียบกับผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1995 – 2015 ที่ 144 บุษเซลต่อเอเคอร์

ที่มา : <https://www.posttoday.com/finance/invest/434051>

สำหรับประเทศไทย ผลกระทบขนาดรุนแรงที่มีต่อฝนและอุณหภูมิใน 3 ฤดู ฝ่ายวิชาการภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่า

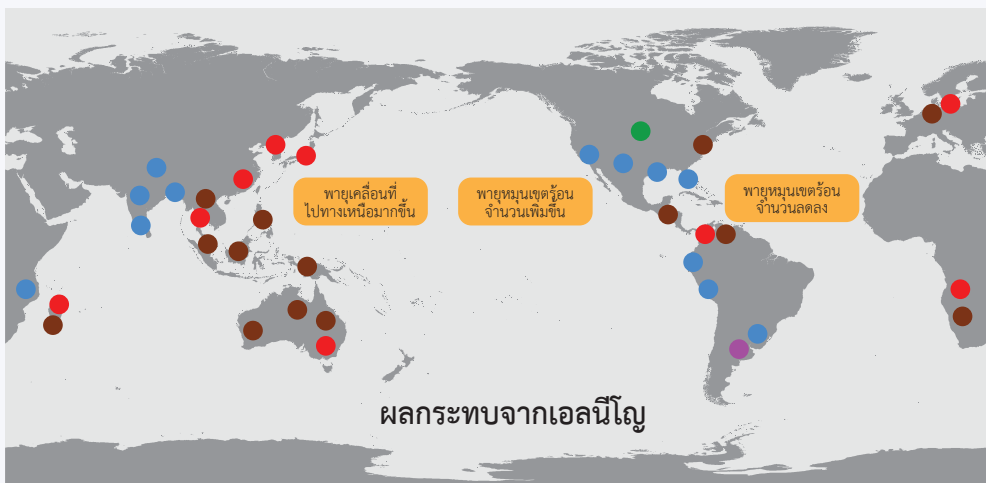
ฤดูฝนปีที่เกิดลานีญา (ม.ย. - ต.ค.) ฝนจะสูงกว่าปกติเว้นแต่ทางบริเวณของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีฝนอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติ

ฤดูหนาวปลายปีที่เกิดลานีญา - ต้นปีหลังเกิดลานีญา (พ.ย. - ก.พ.) ทั่วประเทศจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ สำหรับฝนในฤดูหนาวของประเทศตอนบนมีอุณหภูมิในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติ เว้นแต่ตามบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกที่จะมีฝนสูงกว่าปกติ และฝนในภาคใต้ทั้ง 2 ฝั่งในครึ่งแรกของฤดู (พ.ย. - ธ.ค.) จะมีฝนสูงกว่าปกติ แต่ฝนจะลดลงในครึ่งหลังของฤดู (ม.ค. - ก.พ.) โดยอาจจะมีฝนอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติ

ฤดูร้อนปีหลังเกิดลานีญา (มี.ค. - พ.ค.) ทั่วประเทศจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทั่วประเทศ และจะมีฝนตกลงมาบ้าง อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าปกติทั่วประเทศซึ่งจะทำให้อากาศไม่ร้อนมาก

ที่มา : https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet4/june22/la_nina.htm

ตัวอย่างการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา



สรุปผลการทำกิจกรรม

ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดความแห้งแล้งมากขึ้น และพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ไปทางเหนือมากขึ้น ในขณะที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้นจนทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมและดินถล่มมากขึ้น และพายุหมุนเขตร้อนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนในพื้นที่ที่ห่างไกลออกไปอาจมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าปกติ เกิดความแห้งแล้งหรือมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น และในมหาสมุทรแอตแลนติกมีจำนวนพายุหมุนเขตร้อนลดลง

ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณฝนมากขึ้นจนทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมและดินถล่มมากขึ้น ในขณะที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดความแห้งแล้งมากขึ้น ส่วนในพื้นที่ที่ห่างไกลออกไปอาจมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ เกิดความแห้งแล้งหรือมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ผลผลิตทางการเกษตรลดลง และในมหาสมุทรแอตแลนติกมีจำนวนพายุหมุนเขตร้อนเพิ่มขึ้น

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกและตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้รับผลกระทบอะไรบ้าง

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้นจนทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมและดินถล่มมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดฝนตกน้อยลงทำให้มีความแห้งแล้งมากขึ้น

2. ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกและตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้รับผลกระทบอะไรบ้าง

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดความแห้งแล้งมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีปริมาณฝนมากขึ้นจนทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมและดินถล่มมากขึ้น

3. ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลกระทบต่อพื้นที่อื่น ๆ หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลกระทบต่อพื้นที่อื่น ๆ ด้วย โดยอาจมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าปกติ เกิดความแห้งแล้งหรือมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้นหรือลดลง และในมหาสมุทรแอตแลนติกอาจมีจำนวนพายุหมุนเขตร้อนเพิ่มขึ้นหรือลดลง

4. ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาก่อให้เกิดผลกระทบได้อย่างไร

แนวคำตอบ ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวของมหาสมุทรเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยบริเวณที่น้ำผิวของมหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ อากาศเหนือพื้นน้ำบริเวณนี้จึงมีอุณหภูมิและความชื้นสูง ส่งผลให้เกิดฝนตกและน้ำท่วมมากขึ้น บริเวณที่น้ำผิวของมหาสมุทรมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ทำให้ปริมาณฝนน้อยลงและเกิดความแห้งแล้ง

5. ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ในช่วงที่เกิดเอลนีโญ ประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงและแห้งแล้งมากกว่าปกติ และในช่วงที่เกิดลานีญา ประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำและเกิดฝนตกมากกว่าปกติ

13. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังด้านบน
14. ให้นักเรียนศึกษาผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา จากหนังสือเรียนหน้า 86 - 87 จากนั้นนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรม 9.3 โดยมีแนวทางในการอภิปรายดังนี้

แนวทางการอภิปราย

ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ น้ำผิวของมหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณฝนน้อยลงและเกิดความแห้งแล้ง ส่งผลกระทบชัดเจนในประเทศอินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และปาปัวนิวกินี ในขณะที่บริเวณน้ำผิวของมหาสมุทรบริเวณตอนกลางและชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ จึงเกิดเมฆและมีปริมาณฝนตกเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มในหลายพื้นที่ เช่น ในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ชาวประมงในบริเวณนั้นจับปลาได้น้อยลงเนื่องจากเกิดน้ำผุดน้ำ湧น้อยลง

ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาน้ำผิวของมหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ จึงเกิดเมฆและมีปริมาณฝนตกเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มในหลายพื้นที่ เช่น บริเวณประเทศอินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และปาปัวนิวกินี และพื้นที่ใกล้เคียง ในขณะเดียวกัน บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดน้ำผุดน้ำ湧มากขึ้น ส่งผลให้น้ำผิวของมหาสมุทรในบริเวณนี้มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทำให้ปริมาณฝนน้อยลงจึงเกิดภัยแล้งในประเทศเปรู เอกวาดอร์ และพื้นที่ใกล้เคียง อย่างไรก็ตาม การเกิดน้ำผุดน้ำ湧ในบริเวณนี้ยังคงทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์และมีสัตว์น้ำชุม

สำหรับในประเทศไทย ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญนั้นมีปริมาณฝนของประเทศต่ำกว่าปกติ และอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าปกติในบางพื้นที่ ประเทศไทยเคยประสบกับปรากฏการณ์เอลนีโญที่

รุนแรง ในปี พ.ศ. 2540 - 2541 ทำให้อุณหภูมิอากาศสูงกว่าปกติและเกิดภัยแล้งทั่วทั้งประเทศส่วนในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญานั้นจะมีฝนตกมากกว่าปกติและอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าปกติ ซึ่งในปี พ.ศ. 2542 - 2543 เกิดปรากฏการณ์ลานีญาที่รุนแรง ส่งผลให้มีฝนตกชุกมากกว่าปกติในหลายพื้นที่ของประเทศ ทำให้เกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม และอุณหภูมิอากาศในฤดูหนาวลดลงจนทำลายสถิติอุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่เคยบันทึกไว้ในหลายจังหวัด

15. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 87 ดังนี้

- ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ชายฝั่งด้านตะวันออกและชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้รับผลกระทบอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดความแห้งแล้งมากขึ้น พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีโอกาสเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มมากขึ้น และชาวประมงจับปลาได้น้อยลง

- ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ชายฝั่งด้านตะวันออกและชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้รับผลกระทบอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีโอกาสเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มมากขึ้น พื้นที่ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดความแห้งแล้งมากขึ้น

16. ครูอภิปรายกับนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่มีต่อประเทศไทย โดยใช้คำถามชวนคิดในหนังสือเรียนหน้า 88 ดังนี้

- เพราะเหตุใด ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ประเทศไทยจึงมีฝนตกมากกว่าปกติและอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าปกติ

แนวคำตอบ เนื่องจากน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ อากาศเหนือผิวน้ำบริเวณนี้จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ความกดอากาศมีค่าต่ำกว่าปกติ ทำให้ความกดอากาศบริเวณตอนบนของประเทศจีนและความกดอากาศเหนือมหาสมุทรมีค่าแตกต่างกันมากขึ้น อากาศจึงสามารถเคลื่อนที่จากทางตอนบนของประเทศจีนผ่านประเทศไทยไปยังมหาสมุทรได้มากขึ้น ส่งผลให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำลงกว่าปกติ หรืออาจมีฝนตกมากขึ้นหากอากาศเย็นเคลื่อนที่มายังประเทศไทยในช่วงที่มีอากาศชื้นปกคลุมประเทศไทยอยู่

17. ครูให้นักเรียนสังเกตรูป 9.20 และ 9.21 จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- รูป 9.20 และ 9.21 แสดงข้อมูลในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ใด

แนวคำตอบ รูป 9.20 แสดงข้อมูลในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และรูป 9.21 แสดงข้อมูลในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา

- พื้นที่สีต่าง ๆ ในรูปแบบสิ่งใด
 แนวคำตอบ พื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศซึ่งแปลความหมายได้ดังนี้

สี	สภาพลมฟ้าอากาศ	สี	สภาพลมฟ้าอากาศ
ฟ้า	อากาศเย็น	ส้ม	อากาศร้อน
เขียวแก่	ชุ่มชื้นหรือฝนมาก	น้ำตาลอ่อน	แห้งแล้ง
ฟ้าอ่อน	อากาศเย็นและแห้งแล้ง	น้ำตาลเข้ม	อากาศร้อนและแห้งแล้ง
น้ำเงิน	อากาศเย็นและ ชุ่มชื้นหรือฝนมาก	เขียวอ่อน	อากาศร้อนและ ชุ่มชื้นหรือฝนมาก

- รูป 9.20 (ก) และ 9.20 (ข) แตกต่างกันอย่างไร
 แนวคำตอบ รูป 9.20 (ก) และ 9.20 (ข) แสดงพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยรูป 9.20 (ก) แสดงช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ และรูป 9.20 (ข) แสดงช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม
- โดยส่วนใหญ่แล้ว ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ พื้นที่ที่ห่างไกลออกไปจากมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไร
 แนวคำตอบ มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือเกิดความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น

- รูป 9.21 (ก) และ 9.21 (ข) แตกต่างกันอย่างไร
 แนวคำตอบ รูป 9.21 (ก) และ 9.21 (ข) แสดงพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยรูป 9.21 (ก) แสดงช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ และรูป 9.21 (ข) แสดงช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม
- โดยส่วนใหญ่แล้ว ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา พื้นที่ที่ห่างไกลออกไปจากมหาสมุทรแปซิฟิกเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไร
 แนวคำตอบ มีอุณหภูมิต่ำลงหรือเกิดความชุ่มชื้นเพิ่มมากขึ้น

18. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ส่งผลเสียเพียงอย่างเดียวหรือไม่” จากนั้นนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- หากพื้นที่ที่แห้งแล้งได้รับหยาดน้ำฟ้าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลอย่างไรต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร
 แนวคำตอบ ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น

- หากบริเวณชายฝั่งเกิดน้ำผุดมากขึ้น จะส่งผลอย่างไรต่อปริมาณผลผลิตทางการประมง
- แนวคำตอบ** ผลผลิตผลผลิตทางการประมงเพิ่มมากขึ้น

19. ครุสุภภาพรวมภายในบทที่ 9 ดังนี้

การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรเป็นกระบวนการหนึ่งในการถ่ายโอนความร้อนระหว่างบริเวณต่าง ๆ ของโลก ดังนั้น การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรจึงมีผลต่อภูมิอากาศของพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ในบางช่วงเวลาที่การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดความแปรปรวนของสภาพลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศซึ่งส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตได้เช่นกัน

แนวทางการวัดและประเมินผล

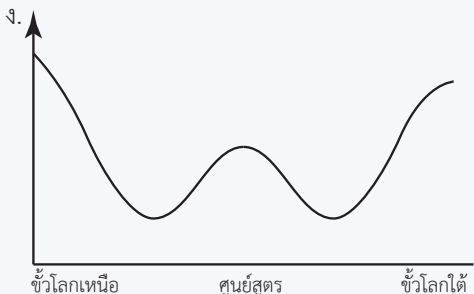
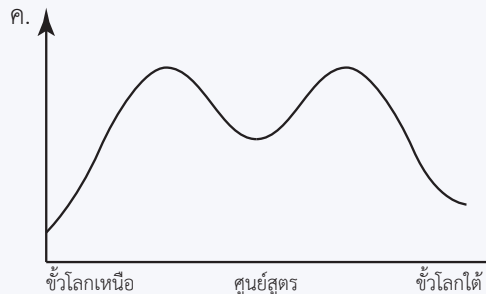
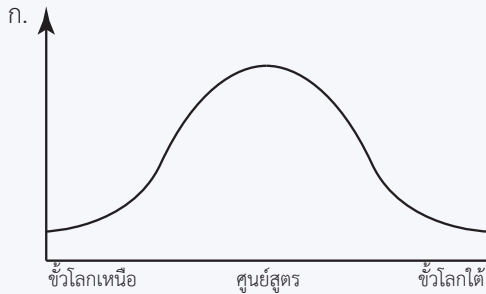
KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K : 1. ผลจากการหมุนเวียนของน้ำผิวน้ำมหาสมุทร 2. ผลจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	1. การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 2. การตอบคำถาม และการนำเสนอผลการอภิปราย 3. แบบฝึกหัด
P: 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 3. ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การสร้างกราฟอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน และผลงานการแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาลงในแผนที่โลก 2. การแปลความหมายข้อมูลเพื่อสรุปความสัมพันธ์ดังนี้ - ความสัมพันธ์ของสภาพลมฟ้าอากาศบริเวณชายฝั่งกับกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น - ความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญากับการเปลี่ยนแปลงสภาพลมฟ้าอากาศในพื้นที่โดยรอบ 3. ข้อมูลผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่จากการสืบค้น มาจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย 4. การอธิบายผลจากกระแสน้ำอุ่น กระแสน้ำเย็น ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา โดยใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุน

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
	5. มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปดังนี้ - ผลจากกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นกับสภาพลมฟ้าอากาศ - ผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา
A: 1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 2. การยอมรับความเห็นต่าง	1. การใช้เหตุผลและหลักฐานเพื่ออธิบายผลจากกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา 2. การรับฟังความเห็นของผู้อื่นในการร่วมอภิปราย



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ใช้กราฟต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1.1 และ 1.2



1.1 กราฟในข้อใดแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรจากชั่วโลกเหนือไปยังชั่วโลกใต้ได้ถูกต้อง เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ กราฟ ก. เนื่องจากน้ำผิวหน้ามหาสมุทรแถบศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงและแถบขั้วโลกมีอุณหภูมิต่ำ

1.2 กราฟในข้อใดแสดงการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำผิวหน้ามหาสมุทรจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้ได้ถูกต้อง เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ กราฟ ค. เนื่องจากน้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณแถบละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้มีความเค็มสูง แถบศูนย์สูตรมีความเค็มปานกลาง และแถบขั้วโลกมีความเค็มต่ำ โดยบริเวณขั้วโลกเหนือมีความเค็มต่ำกว่าบริเวณขั้วโลกใต้

2. เติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

2.1 น้ำในมหาสมุทร ถ้าใช้การเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ เป็นเกณฑ์ จะแบ่งได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ น้ำชั้นล่าง

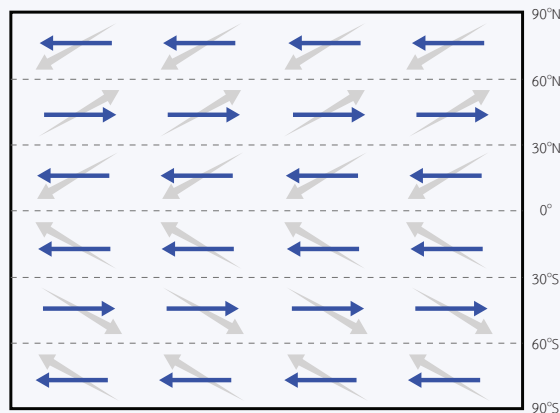
2.2 น้ำชั้นที่อยู่ด้านบนสุดของมหาสมุทรได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ประกอบกับมีแรงกระทำจาก คลื่น กระแสน้ำ และ น้ำขึ้นน้ำลง ทำให้มี อุณหภูมิ และ ความเค็ม ใกล้เคียงกันทุกระดับ ความลึก

2.3 น้ำชั้นที่อยู่ด้านบนสุดของมหาสมุทรจะมีความเค็มน้อยกว่าน้ำที่อยู่ลึกลงไปเนื่องจาก ได้รับน้ำจืดเข้ามาผสม

2.4 อุณหภูมิและความเค็มของน้ำชั้นที่อยู่ถัดลงมาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามความลึก โดยอุณหภูมิจะ ลดลง อย่างรวดเร็วตามความลึก ในขณะที่ความเค็มจะ เพิ่มขึ้น อย่างรวดเร็วตามความลึก

2.5 น้ำชั้นที่อยู่ล่างสุดของมหาสมุทรจะมีอุณหภูมิและความเค็มเกือบคงที่ตามความลึก เนื่องจาก เป็นน้ำที่จมตัวและเคลื่อนที่มาจากแถบขั้วโลกซึ่งน้ำในแถบนี้เป็นน้ำที่มี อุณหภูมิต่ำและความเค็มสูง ทำให้มีความหนาแน่นมากจึงจมตัวลงด้านล่างโดยไม่เกิด การผสมกับมวลน้ำในบริเวณอื่น

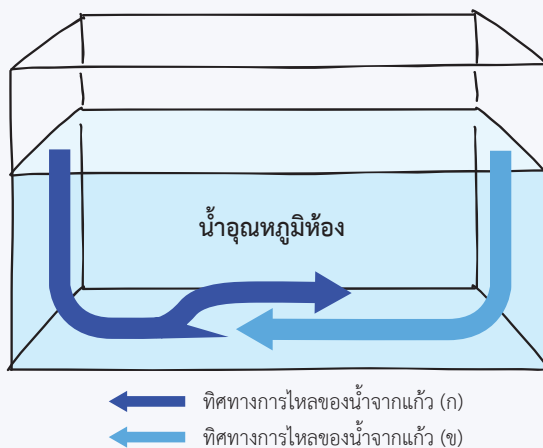
3. หากพื้นผิวโลกปกคลุมด้วยมหาสมุทรทั้งหมดโดยโลกยังคงหมุนรอบตัวเองและมีการหมุนเวียนของอากาศบริเวณใกล้พื้นโลก (ลูกศรสีเทา) การหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรควรจะเป็นอย่างไร ให้อาตรลูกศรแทนการไหลของกระแสน้ำ



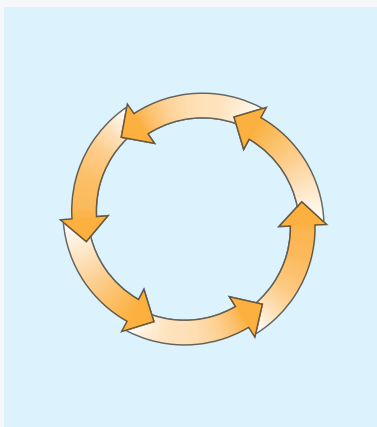
4. การหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้ามหาสมุทรที่เกิดขึ้นในข้อ 3 จะยังคงมีกระแสน้ำอุ่นหรือกระแสน้ำเย็นหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่มีกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำในกระแสน้ำจะเท่ากับอุณหภูมิน้ำโดยรอบ

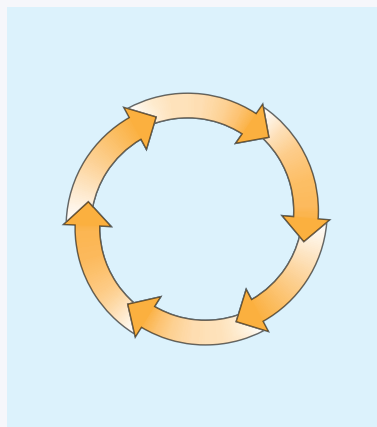
5. จากรูปการทดลองด้านล่าง หากเทน้ำในแก้ว (ก) ลงในกล่องพลาสติกใสด้านซ้าย และเทน้ำในแก้ว (ข) ลงในกล่องพลาสติกใสด้านขวา การไหลของน้ำในกล่องพลาสติกจะเป็นอย่างไร เขียนลูกศรการไหลของน้ำ



6. การเกิดพายุหมุนเขตร้อนส่งผลต่อการเกิดน้ำมุด น้ำจม สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมอย่างไร หากกำหนดให้ลูกศรสีเหลืองแทนทิศทางลมที่พัดเหนือผิวหน้ามหาสมุทรบนซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ในขณะที่เกิดพายุหมุนเขตร้อน ดังรูป



ทิศทางลมในซีกโลกเหนือ



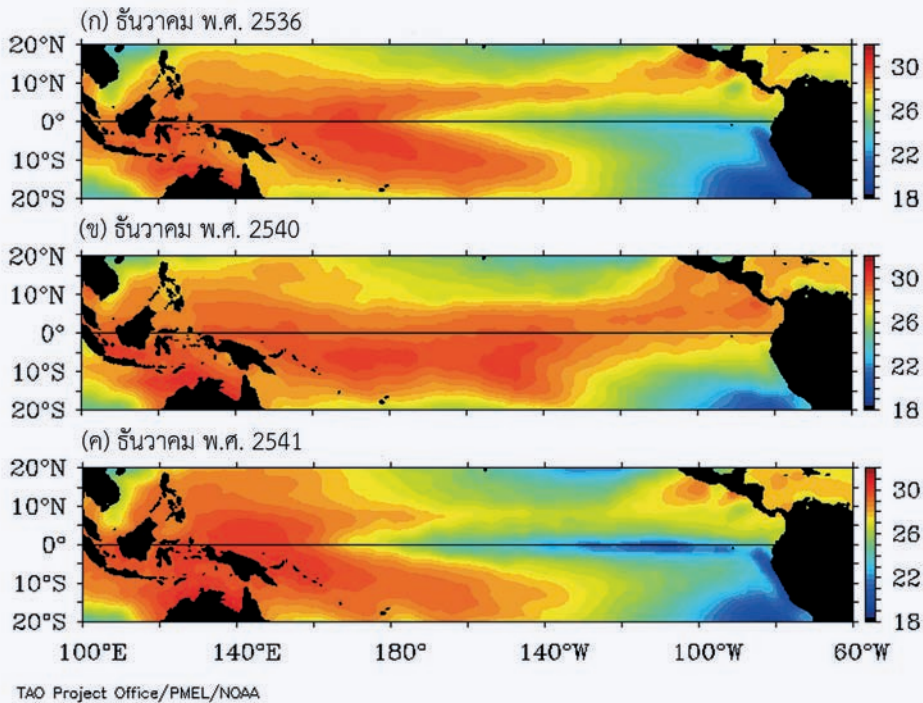
ทิศทางลมในซีกโลกใต้

แนวคำตอบ พายุหมุนเขตร้อนส่งผลให้เกิดน้ำผุด โดยกระแสน้ำบนซีกโลกเหนือมีทิศทางการไหลสุทธิไปทางขวาของทิศทางลม และกระแสน้ำบนซีกโลกใต้มีทิศทางการไหลสุทธิไปทางซ้ายของทิศทางลม ส่งผลให้น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณที่เกิดพายุหมุนเขตร้อนไหลแยกออกจากกัน น้ำที่อยู่ด้านล่างจึงสามารถยกตัวขึ้นมาแทนที่ เป็นผลให้น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณนั้นมีสารอาหารมากและเกิดความอุดมสมบูรณ์ขึ้นในบริเวณนั้น

7. วงกลมคำตอบที่ถูกต้องจากตัวเลือกกำหนดให้

ข้อ	ข้อความ	ตัวเลือก
7.1	ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญน้ำอุ่นผิวหน้ามหาสมุทรเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร	☐ ไหลไปทางตะวันตกมากขึ้น ☐ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ☒ ไหลไปทางตะวันตกน้อยลง
7.2	ขณะเกิดปรากฏการณ์ลานีญาน้ำอุ่นผิวหน้ามหาสมุทรเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร	☒ ไหลไปทางตะวันตกมากขึ้น ☐ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ☐ ไหลไปทางตะวันตกน้อยลง
7.3	อุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลางเป็นอย่างไรเมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ	☒ สูงขึ้น ☐ ลดลง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง
7.4	อุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลางเป็นอย่างไรเมื่อเกิดปรากฏการณ์ลานีญา	☐ สูงขึ้น ☒ ลดลง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง
7.5	ปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ส่งผลต่อประเทศไทยอย่างไร	☐ ฝนตกหนัก ☒ ฝนแล้ง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง
7.6	ปรากฏการณ์ลานีญาที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ส่งผลต่อประเทศไทยอย่างไร	☒ ฝนตกหนัก ☐ ฝนแล้ง ☐ ไม่เปลี่ยนแปลง

8. จากรูปด้านล่างซึ่งแสดงข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวน้ำมหาสมุทรที่ทำการตรวจวัดในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2536 2540 และ 2541 ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 8.1 และ 8.2



- 8.1 ระบุว่ารูปใดเป็นอุณหภูมิพื้นผิวน้ำมหาสมุทรในสภาวะปกติ ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา

แนวคำตอบ รูป (ก) สภาวะปกติ รูป (ข) ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และรูป (ค) ขณะเกิดปรากฏการณ์ลานีญา

- 8.2 ระบุผลที่เกิดขึ้นต่อสภาพลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ในบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกและชายฝั่งด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกในสภาวะต่าง ๆ

แนวคำตอบ ในสภาวะปกติ ชายฝั่งด้านตะวันออกเกิดน้ำผุดทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ ในบริเวณนี้ ส่วนชายฝั่งด้านตะวันตกเกิดความชุ่มชื้นมีฝนตก

ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ชายฝั่งด้านตะวันออกเกิดน้ำผุดน้อยลงจึงมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลงและน้ำผิวน้ำมหาสมุทรบริเวณนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติทำให้เกิดฝนตกมากขึ้นจึงมีโอกาสเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มมากขึ้น ส่วนชายฝั่งด้านตะวันตกน้ำผิวน้ำมหาสมุทรมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทำให้มีฝนตกน้อยลงและเกิดความแห้งแล้ง

ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ชายฝั่งด้านตะวันออกเกิดน้ำผุดมากขึ้น ส่งผลให้น้ำผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณนี้มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติจึงมีฝนน้อยและเกิดภัยแล้ง อย่างไรก็ตาม การเกิดน้ำผุดที่มากขึ้นทำให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ส่วนชายฝั่งด้านตะวันตก น้ำผิวหน้ามหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติทำให้มีฝนตกมากขึ้นจนทำให้เกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนโดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบรวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

1) แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

1.1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

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

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 (ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1)

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ได้ นอกจากนี้นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

1.2) แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความ

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

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็วและให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสดำเนินการได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จโดยสมบูรณ์ในบางเนื้อทำได้ยาก

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		
การอธิบายผลการทดลองก่อนลงข้อสรุป		

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

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

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

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

ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริงและสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลองตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอนไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนก
ระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน				
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงาน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียน และมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำถูกตำหนิหรือโต้แย้ง 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	ระดับ คุณภาพ
เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยง เนื้อหาบางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสมและสะกดคำ ไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้อง ปรับปรุง
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	ระดับ คุณภาพ
ด้านการอธิบาย	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

บรรณานุกรม

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- Ahrens, C. D. (2009). **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and Environment.** 9th ed. Canada: Thomson Brook/Cole.
- Ahrens, C. D. and Robert Henson (2016). **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and Environment.** 11th ed. Canada: Thomson Brook/Cole.
- Alan P. Trujillo and Harold V. Thurman. (2014). **Essentials of Oceanography.** 7th ed. USA: Pearson Education.
- Keith A. Sverdrup, Alison B. Duxbury and Alyn C. Duxbury. (2006). **Fundamental of Oceanography.** 5th ed. USA: McGraw-Hill.
- Stefan Rahmstorf . (2006). Thermohaline **Ocean Circulation.** Encyclopedia of Quaternary Sciences. Elsevier, Amsterdam 2006.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. **ระบบเฝ้าระวัง ติดตามและพยากรณ์อากาศ:** สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2561 จาก <http://www.metalarm.tmd.go.th/monitor/typhoonSelect>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. **เอลนีโญ.** สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561. จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=17>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. **เอลนีโญ.** สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561. จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>
- โพสต์ทูเดย์. **เอลนีโญ และลานีญา ผลกระทบกับสินค้าโภคภัณฑ์เกษตร.** สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2561. จาก <https://www.posttoday.com/finance/invest/434051>
- EarthNow Project. **Effects of El Niño and La Niña on Phytoplankton and Fish:** Retrieved August 31, 2018, from <http://sphere.ssec.wisc.edu/20130315/>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). **Climate and Earth's Energy Budget:** สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561 จาก <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance>

National Aeronautics and Space Administration (NASA). **Tropical Cyclone**

Tracks: Retrieved August 11, 2018, from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/tropical-cyclone-tracks>

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

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

National Oceanic and Atmospheric Administration. **The science behind the polar vortex:** Retrieved August 2, 2018, from <https://www.noaa.gov/infographic/science-behind-polar-vortex>

Science Education through Earth Observation for High Schools (SEOS).

Nike Trainers and Rubber Ducks: Retrieved February 20, 2018, from <http://www.seos-project.eu/modules/oceancurrents/oceancurrents-c01-p02.html>

United States Geological Survey (USGS). **How much water is there on, in,**

and above the Earth?: Retrieved January 31, 2018, from

<https://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>

คณะกรรมการการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 3
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร. ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์ | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก อวกาศ และดาราศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. นายสุพจน์ วุฒิสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นางดาริกา วีรวินันทนกุล | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นางฤทัย เพลงวัฒนา | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นายนิทัศน์ ลิ้มผ่องใส | นักวิชาการอาวุโส สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 9. นางสาววิชุดาตรี กลับแสง | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10.นางสาวรัมภา ศรีบางพลี | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11.นางสาวกัญญจิต จันเสนา | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ โลก อวกาศ และดาราศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3 (ฉบับร่าง)

- | | |
|--|--|
| 1. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชจิศุภร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ดร.สงกรานต์ อักษร | กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม |
| 3. ดร.สรณ วิจารย์วรรณลักษณ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.มาลี สุทธิโอกาส | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ | นักวิชาการอิสระ |
| 6. นายวิทยา อินโท | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| 7. นางสาวชุนหิศา เทิดอวยพร | โรงเรียนวัดสุทธิวาราม กรุงเทพมหานคร |
| 8. นายประเดิม วันทอง | โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์ |
| 9. นางสาวไศริดา อุไพพานิช | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10.ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันตีพัฒน์ | นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11.นางสาวมนัญญา ลิกมลสวัสดิ์ | นักวิชาการอิสระ |

คณะบรรณาธิการ

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. ดร.สงกรานต์ อักษร | กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม |
| 2. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชจิศุภร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ดร.สรณ วิจารย์วรรณลักษณ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นางฤทัย เพลงวัฒนา | ผู้อำนวยการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ