



หนังสือเรียน

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

## โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

### มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๔

ISBN 978-616-576-346-2

จำนวน ๓๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๖

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน  
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

---

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาต ให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๗

ว่าที่ร้อยตรี

(ธนู วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

# คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาพิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรสถานศึกษาและพิจารณาเลือกใช้หนังสือนี้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของตนได้ตามความเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรี



(ธนุ วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

# คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้ออกสู่กระบวนการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๓ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้ว จะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐาน และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๓ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องสมดุลพลังงาน การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น อดุณิคมวิทยา วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการจากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชนจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๓ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เจียรสุขสกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมโยงไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่ปรากฏในหนังสือเรียน การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

- คำถามสำคัญ
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน
- ขวนคิด
- ตรวจสอบความเข้าใจ
- กิจกรรม
- ลองทำดู
- ความรู้เพิ่มเติม
- ศัพท์น่ารู้
- สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน
- แบบฝึกหัดท้ายบท

### 1 คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

### 2 จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

### 3 ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหานั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

### 4 ขวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

### 5 ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

### 6 กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

### 7 ลองทำดู



การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

### 8 ความรู้เพิ่มเติม



ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

### 9 ศัพท์น่ารู้



ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติมและสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

10

## สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน



การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

11

## แบบฝึกหัดท้ายบท



คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

## สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

7

สมดุลพลังงาน  
ของโลก

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| <b>บทที่ 7 สมดุลพลังงานของโลก</b>                            | 1  |
| 7.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก                  | 3  |
| 7.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก | 8  |
| 7.2.1 สัณฐานของโลกและการเอียงของแกนหมุนโลก                   | 9  |
| 7.2.2 บรรยากาศ                                               | 14 |
| 7.2.3 ลักษณะของพื้นผิวโลก                                    | 18 |
| แบบฝึกหัดท้ายบท                                              | 23 |

8

การหมุนเวียน  
ของอากาศบนโลก

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| <b>บทที่ 8 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก</b>               | 25 |
| 8.1 การเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของอากาศ               | 27 |
| 8.1.1 แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ           | 27 |
| 8.1.2 แรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก              | 32 |
| 8.1.3 แรงสู่ศูนย์กลาง                                  | 37 |
| 8.1.4 แรงเสียดทาน                                      | 39 |
| 8.2 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก                          | 40 |
| 8.2.1 การหมุนเวียนอากาศแถบเขตร้อนหรือแฮดลีย์เซลล์      | 44 |
| 8.2.2 การหมุนเวียนอากาศแถบขั้วโลกหรือโพลาร์เซลล์       | 45 |
| 8.2.3 การหมุนเวียนอากาศแถบละติจูดกลางหรือเฟอร์เรลเซลล์ | 46 |
| 8.3 ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนอากาศกับภูมิอากาศ       | 48 |
| แบบฝึกหัดท้ายบท                                        | 50 |

## บทที่ 7 | สมดุลพลังงานของโลก (Earth's Energy Balance)



ipst.me/8894



โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะซึ่งมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลัก เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังโลก ชั้นบรรยากาศจะเป็นด่านแรกที่จะช่วยป้องกันไม่ให้อัตราส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านมาถึงพื้นผิวโลกทั้งหมด อีกทั้งยังมีกระบวนการอื่น ๆ ของพื้นผิวโลก ซึ่งช่วยให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต



## คำถามสำคัญ

- สมดุลพลังงานของโลกมีกระบวนการอย่างไร และมีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง
- ปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้แต่ละบริเวณบนโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน และแต่ละปัจจัยมีกลไกการทำงานอย่างไร

## สารบัญ

## บทที่

## เนื้อหา

## หน้า

## 9

การหมุนเวียนของน้ำ  
ในมหาสมุทร

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| บทที่ 9 การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร                   | 53 |
| 9.1 อุณหภูมิ ความเค็ม และการแบ่งชั้นน้ำของมหาสมุทร     | 55 |
| 9.2 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร                          | 65 |
| 9.2.1 การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร                | 65 |
| 9.2.2 การหมุนเวียนของน้ำลึก                            | 72 |
| 9.2.3 น้ำผุดและน้ำจม                                   | 75 |
| 9.3 การหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรกับลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ | 79 |
| 9.3.1 กระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นกับภูมิอากาศ          | 79 |
| 9.3.2 เอลนีโญและลานีญา                                 | 83 |
| แบบฝึกหัดท้ายบท                                        | 91 |

|             |     |
|-------------|-----|
| ภาคผนวก     | 95  |
| คำศัพท์     | 96  |
| บรรณานุกรม  | 98  |
| ที่มาของรูป | 100 |



## จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมฆ ละอองลอย และแก๊สเรือนกระจกกับการรับรังสีดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีคลื่นยาว
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของพื้นผิวโลกกับการรับและการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์



## ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

| ข้อที่ | ความรู้พื้นฐาน                                                                                                                                                         | คำตอบ |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1      | ดวงอาทิตย์ห่างจากโลกเป็นระยะทางไกลมาก ดังนั้นรังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกจึงเป็นรังสีขนาน                                                                                |       |
| 2      | ดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า                                                                                                                              |       |
| 3      | สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเรียงลำดับตามความยาวคลื่นจากมากไปน้อย ดังนี้ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด ช่วงคลื่นแสง รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา |       |
| 4      | โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงประมาณ 23.5 องศา กับเส้นตั้งฉากของระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์                                                              |       |
| 5      | วัตถุชนิดเดียวกันมีลักษณะพื้นผิวเหมือนกัน วัตถุที่มีสีขาวจะสะท้อนแสงได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีดำ                                                                            |       |
| 6      | ถ้าพื้นดินและพื้นน้ำได้รับรังสีดวงอาทิตย์เท่ากัน พื้นน้ำจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าพื้นดินเนื่องจากดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีกว่า                                   |       |
| 7      | การแผ่รังสีเป็นการถ่ายโอนพลังงานที่เกิดขึ้นในอวกาศเท่านั้น                                                                                                             |       |
| 8      | บรรยากาศประกอบด้วยแก๊สชนิดต่าง ๆ และละอองลอยในปริมาณคงที่                                                                                                              |       |

|    |                                                                                 |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|--|
| 9  | ไอน้ำในบรรยากาศ มีสมบัติเป็นแก๊สเรือนกระจก                                      |  |
| 10 | ถ้าโลกไม่มีแก๊สเรือนกระจกจะทำให้อุณหภูมิของโลกในเวลากลางวันและกลางคืนต่างกันมาก |  |

## บทนำ

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจน ส่วนองค์ประกอบที่เหลือมีสัดส่วนน้อยมาก เช่น แก๊สเรือนกระจก ละอองลอย บรรยากาศมีความสำคัญต่อโลกมากเพราะช่วยควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในเวลากลางวันและกลางคืนไม่ให้เกิดต่างกันมากและเหมาะสมกับการดำรงชีวิต ปัจจุบันโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งต่างกับดวงจันทร์ที่อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ในระยะใกล้เคียงกับโลก เนื่องจากบรรยากาศมีความหนาแน่นน้อยกว่าโลกมาก จึงพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนดวงจันทร์มีค่าประมาณ -23 องศาเซลเซียส โดยในช่วงกลางวันอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศอาจสูงถึงประมาณ 115 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในเวลากลางคืนอาจลดต่ำลงมาอยู่ที่ประมาณ -178 องศาเซลเซียส ข้อมูลข้างต้นจึงยืนยันว่าบรรยากาศมีอิทธิพลต่อการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ นักเรียนคิดว่ากระบวนการใดบ้างที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ

## 7.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก

ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของโลก แผ่รังสีในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น โดยรังสีดังกล่าวจะผ่านชั้นบรรยากาศก่อนมาถึงพื้นผิวโลก และโลกปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศทั้งในเวลากลางวันและกลางคืนโดยกระบวนการต่าง ๆ นักเรียนคิดว่ารังสีดวงอาทิตย์นั้นจะผ่านมายังพื้นผิวโลกได้ทั้งหมดหรือไม่ เพราะเหตุใด และมีกระบวนการใดบ้างที่เกี่ยวข้องในการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิต ให้ศึกษาจากกิจกรรม 7.1



## กิจกรรม 7.1 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานของโลก

## จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่โลกได้รับและปลดปล่อยกลับสู่อวกาศจากแผนภาพที่กำหนด
2. วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการรับและปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ



## วัสดุ-อุปกรณ์

แผนภาพแสดงกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก

## วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาแผนภาพแสดงกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการรับและปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศของโลกในภาพรวม
- ศึกษากระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก บรรยากาศ และเมฆ จากแผนที่กำหนด วิเคราะห์และระบุข้อมูลตามประเด็นต่อไปนี้
  - ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่โลกได้รับ และแหล่งพลังงาน
  - ปริมาณพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ แหล่งพลังงานและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
- ศึกษากระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นยาวของพื้นผิวโลก บรรยากาศ และเมฆ จากแผนที่กำหนด วิเคราะห์และระบุข้อมูลในประเด็นต่อไปนี้
  - แหล่งพลังงาน ช่วงคลื่น กระบวนการในการรับและปลดปล่อยพลังงาน และปริมาณพลังงาน

## ตัวอย่างการบันทึกผล

| พลังงาน                           | แหล่งพลังงาน | ช่วงคลื่น | กระบวนการในการรับและปลดปล่อยพลังงาน | ปริมาณพลังงาน |
|-----------------------------------|--------------|-----------|-------------------------------------|---------------|
| พลังงานที่โลกได้รับ               | ดวงอาทิตย์   | คลื่นสั้น | การแผ่รังสี                         | 100           |
| พลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ |              |           |                                     |               |
|                                   |              |           |                                     |               |
|                                   |              |           |                                     |               |

- จากการศึกษาในข้อ 3 วิเคราะห์และสรุปกระบวนการรับและปลดปล่อยพลังงานระหว่างพื้นผิวโลกและบรรยากาศ
- สรุปและอธิบายกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการรับและปลดปล่อยพลังงานของโลกกลับสู่อวกาศ

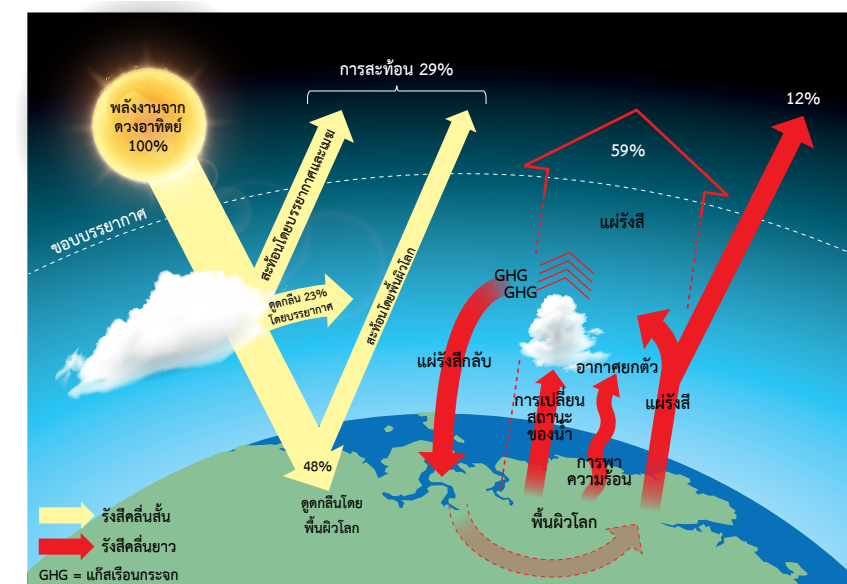


ipst.me/9373

## คำถามท้าทายกิจกรรม

- เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมาสู่ชั้นบรรยากาศโลก รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกทั้งหมดหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ถ้าพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100 ปริมาณพลังงานที่สะท้อนกลับสู่อวกาศทันทีที่มีค่าประมาณเท่าใด และปริมาณพลังงานที่โลกดูดกลืนไว้มีค่าประมาณเท่าใด และดูดกลืนไว้ที่ใดบ้าง
- ปริมาณพลังงานที่พื้นผิวโลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศโดยตรงมีค่าเท่าไร และปลดปล่อยกลับสู่อวกาศโดยกระบวนการใด
- พื้นผิวโลกปลดปล่อยพลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาวเข้าสู่บรรยากาศด้วยกระบวนการอะไรบ้าง
- พื้นผิวโลกได้รับพลังงานจากแหล่งใดบ้าง มีช่วงคลื่นเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
- ปริมาณพลังงานความร้อนในรูปรังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศมีค่าเท่าใด
- ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่โลกได้รับและที่โลกปลดปล่อยสู่อวกาศเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า โลกมีกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ ได้แก่ การสะท้อน การแผ่รังสี การพาความร้อน การเปลี่ยนสถานะของน้ำ พลังงานทั้งหมดที่โลกได้รับและพลังงานที่โลกปลดปล่อยสู่อวกาศมีปริมาณเท่ากัน ดังรูป 7.1

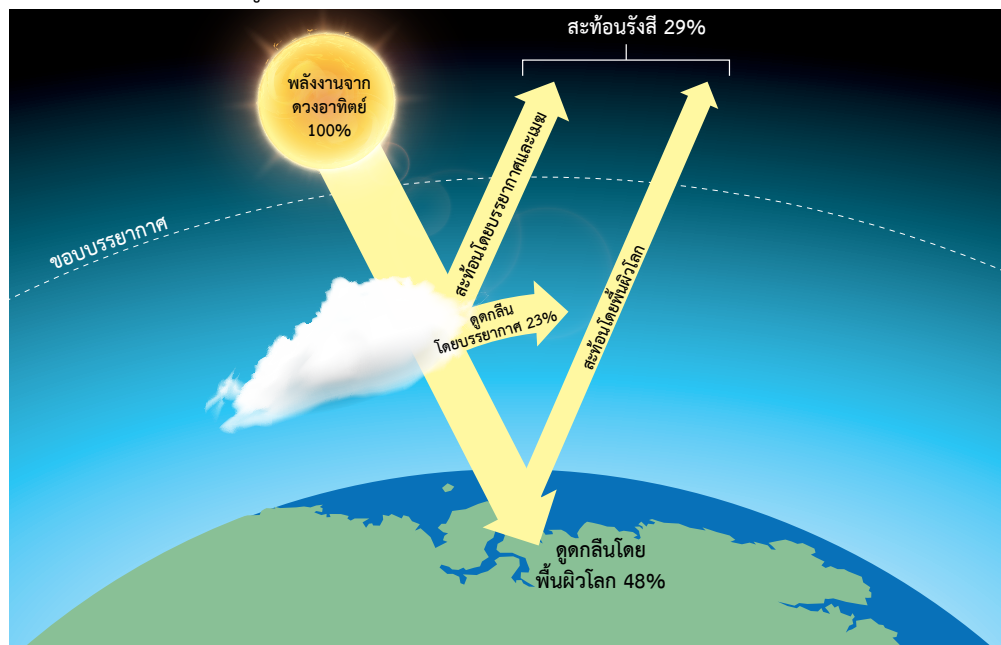


รูป 7.1 กระบวนการสมดุลพลังงานของโลก



จากรูป 7.1 เป็นแผนภาพแสดงกระบวนการสมมูลพลังงานของโลก เริ่มตั้งแต่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของรังสีคลื่นสั้น และสุดท้ายโลกปลดปล่อยพลังงานที่ดูดกลืนไว้กลับสู่อวกาศในรูปของรังสีคลื่นยาว ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

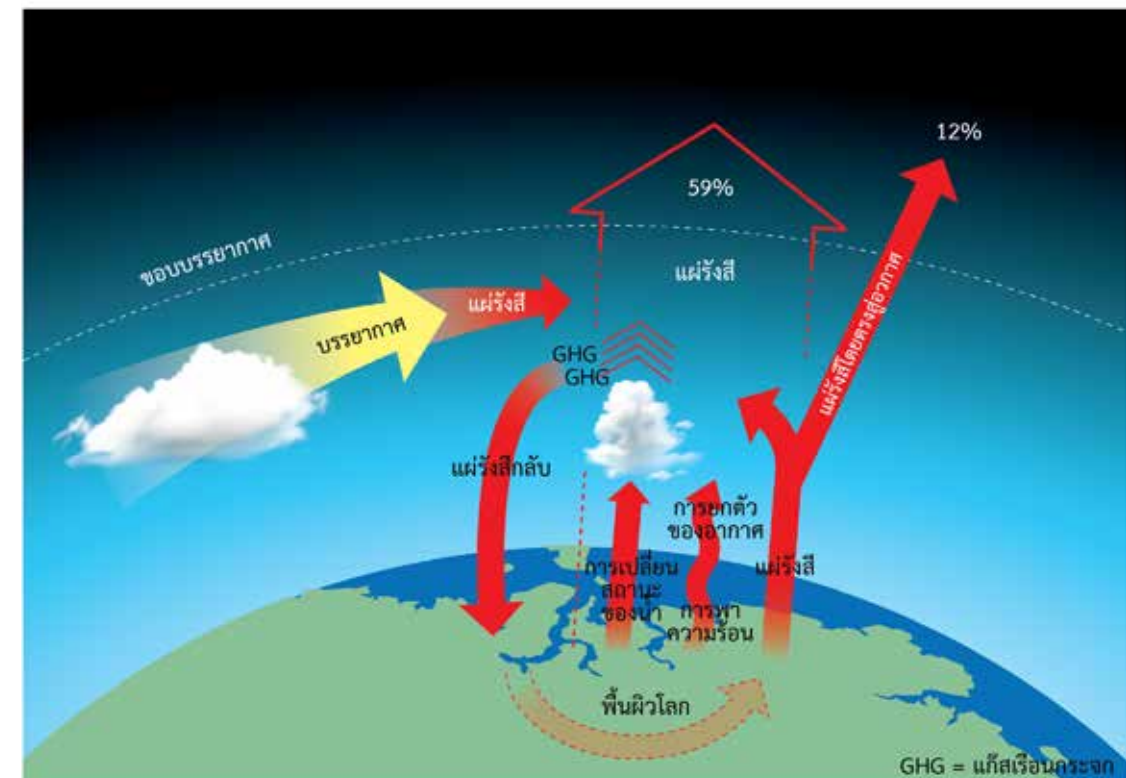
เมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์เข้ามาสู่บรรยากาศของโลก เมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ รวมทั้งพื้นผิวโลกจะสะท้อนรังสีส่วนใหญ่ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าช่วงคลื่นแสงกลับสู่อวกาศในทันที ส่วนพลังงานที่เหลือประมาณร้อยละ 71 จะถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลก ดังรูป 7.2 ก่อนที่พลังงานจะถูกปล่อยกลับสู่อวกาศอีกครั้งโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังรูป 7.3



รูป 7.2 กระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก บรรยากาศ และเมฆ

พลังงานที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้นั้น จะถูกปลดปล่อยกลับออกมาในรูปรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่มีช่วงคลื่นยาว พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งประมาณร้อยละ 12 จะถูกปลดปล่อยออกสู่อวกาศโดยตรงจากการแผ่รังสี ส่วนพลังงานความร้อนส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืนไว้โดยแก๊สเรือนกระจกและเมฆในบรรยากาศ รวมทั้งอยู่ในกระบวนการพาความร้อนที่ทำให้อากาศเกิดการยกตัวขึ้น และกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ทำให้เกิดเมฆ

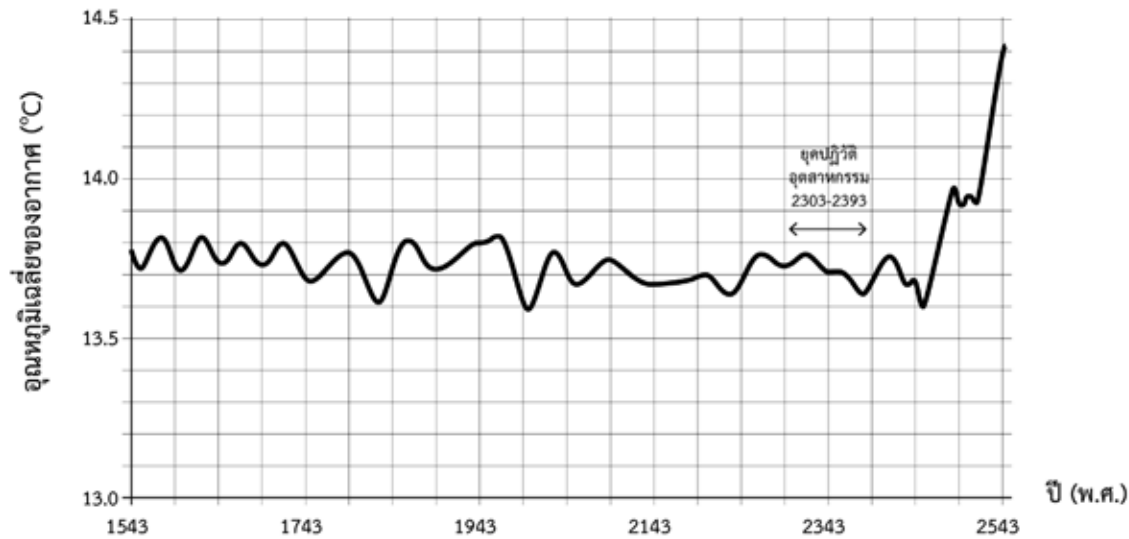
ส่วนบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนไว้ส่วนหนึ่งมายังพื้นผิวโลก จากนั้นพื้นผิวโลกจะดูดกลืนพลังงานดังกล่าวไว้ และในขณะเดียวกันพื้นผิวโลกยังคงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาใหม่ทุกวัน ซึ่งพื้นผิวโลกจะปลดปล่อยพลังงานนี้โดยการแผ่รังสีเข้าสู่บรรยากาศและกลับสู่อวกาศด้วยกระบวนการเดิมดังที่กล่าวมาข้างต้น ท้ายที่สุดบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศประมาณร้อยละ 59 ดังรูป 7.3



รูป 7.3 กระบวนการรับและปลดปล่อยรังสีคลื่นยาวของพื้นผิวโลก เมฆ และบรรยากาศ

จากกระบวนการทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โลกไม่ได้ดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาถึงบรรยากาศไว้ทั้งหมด จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในช่วงเวลากลางวันไม่สูงมากเกินไป และพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างบรรยากาศและพื้นผิวโลกนี้เองที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำจนเกินไป

จากข้อมูลข้างต้น พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่บรรยากาศโลกคิดเป็นร้อยละ 100 โลกจะค่อย ๆ ปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากัน โดยกระบวนการต่าง ๆ และทำให้เกิดสมดุลพลังงาน (energy balance) ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน ดังรูป 7.4 ซึ่งจะเห็นว่าโดยธรรมชาติแล้วอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามสมดุลพลังงานในแต่ละปี แต่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนเกือบคงที่ อย่างไรก็ตามตามสมดุลพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงได้ หากการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในยุคน้ำแข็งในอดีต ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามโลกจะปรับเข้าสู่สมดุลพลังงานใหม่แต่ต้องใช้ระยะเวลานาน ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมดุลพลังงานและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนี้ จะนำไปสู่ความเข้าใจและความตระหนักต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ดังที่จะศึกษาในบทที่ 10



รูป 7.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ ระหว่างปี พ.ศ. 1543 – 2543



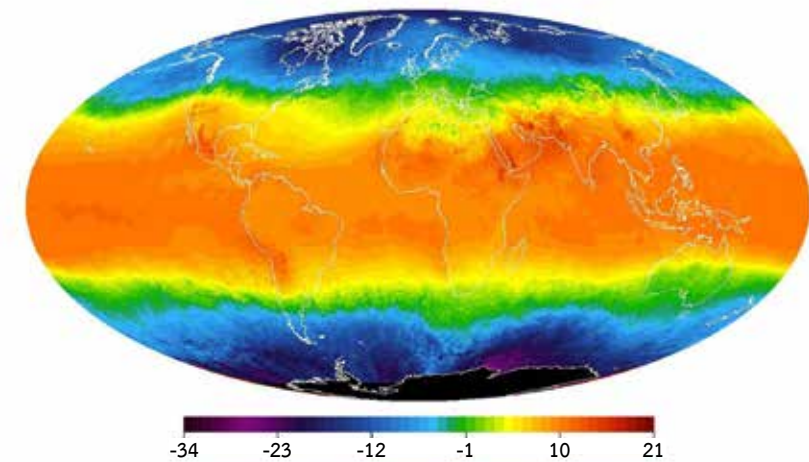
### ตรวจสอบความเข้าใจ

ถ้าโลกไม่มีกระบวนการปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศ จะส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศหรือไม่ อย่างไร

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของโลกดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศแต่ละบริเวณบนโลก ซึ่งมีอุณหภูมิไม่เท่ากันโดยบางบริเวณมีอุณหภูมิต่ำ อากาศหนาวเย็น บางบริเวณมีอุณหภูมิสูง อากาศร้อน เพราะเหตุใดแต่ละบริเวณบนโลกจึงมีอุณหภูมิของอากาศแตกต่างกันและมีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะได้ศึกษาจากหัวข้อต่อไปนี้

## 7.2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก

บริเวณต่าง ๆ ของโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศแตกต่างกันดังรูป 7.5 ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณขั้วโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศต่ำกว่าบริเวณศูนย์สูตร ทั้งนี้การที่บริเวณต่าง ๆ ของโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศแตกต่างกันนั้น เนื่องจากได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ส่งผลให้พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลกแตกต่างกัน มีดังต่อไปนี้



รูป 7.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ (°C) ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 ที่ความสูง 3,000 เมตร

### 7.2.1 สัณฐานโลกและการเอียงของแกนหมุนโลก

ปัจจัยแรกที่ทำให้แต่ละบริเวณของโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน เนื่องจากสัณฐานของโลกคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงเป็นมุม  $23.5^\circ$  จากแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลกส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลกอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 7.2



### กิจกรรม 7.2 มุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวกับขนาดของพื้นที่รับแสง

#### จุดประสงค์กิจกรรม

1. เปรียบเทียบขนาดของมุมที่แสงตกกระทบพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด
2. 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. เทปกาสองหน้าแบบบาง                                  | 1 ม้วน   |
| 5. ไมโครเมตรหรือชนิดครึ่งวงกลม                         | 2 อัน    |
| 6. เลเซอร์ชี้ดาว                                       | 2 ด้าม   |
| 7. ไฟฉายขนาดเล็ก                                       | 1 กระบอก |

- |                         |       |
|-------------------------|-------|
| 8. ขาดัง                | 1 อัน |
| 9. ที่จับ               | 2 อัน |
| 10. ลูกโลกจำลองขนาดใหญ่ | 1 ลูก |

**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 ติดตั้งบริเวณเส้นศูนย์สูตรและให้จุดกึ่งกลางของไม้โปรแทรกเตอร์อยู่ตรงกับเส้นศูนย์สูตร และชุดที่ 2 วางที่ตำแหน่งละติจูด 60 องศา ตรงกับตำแหน่งจุดกึ่งกลางของไม้โปรแทรกเตอร์ และวางชุดอุปกรณ์ทั้ง 2 ชุด ในแนวลองจิจูดเดียวกัน ดังรูป 2



รูป 2

- 1.4 นำเลเซอร์ชี้ดาวมายึดติดกับขาตั้ง โดยจัดให้เลเซอร์ด้ามแรกอยู่ในแนวเดียวกับเส้นศูนย์สูตร และอีกด้ามหนึ่งอยู่ในแนวเดียวกับละติจูด 60 องศา

2. จัดอุปกรณ์ในข้อ 1.3 และ 1.4 ให้มีระยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ดังรูป 3



รูป 3

3. เปิดเลเซอร์ทั้ง 2 ด้ามพร้อมกัน สังเกตตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับระนาบพื้นผิววัดมุมระหว่างแสงเลเซอร์กับพื้นผิว ณ ตำแหน่งละติจูดที่กำหนดและบันทึกผล

**หมายเหตุ** ระวังอย่าให้แสงเลเซอร์เข้าตา

**ตอนที่ 2**

1. จัดชุดอุปกรณ์ดังนี้
  - 1.1 นำแผ่นพลาสติกใสมาหุ้มลูกโลกตั้งแต่บริเวณศูนย์สูตรถึงบริเวณขั้วโลก
  - 1.2 นำกระบอกลไฟฉายมายึดติดกับขาตั้ง จัดให้จุดกึ่งกลางของปากกระบอกลไฟฉายอยู่ในระดับเส้นศูนย์สูตร
  - 1.3 จัดอุปกรณ์ในข้อ 1.1 และ 1.2 ดังรูป 4



รูป 4

2. เปิดไฟฉายและปรับระยะห่างระหว่างปากกระบอกลไฟฉายและลูกโลก เพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ใช้ปากกาเขียนแผ่นใสวาดเส้นแสดงขอบเขตพื้นที่รับแสง
3. ปรับระดับของกระบอกลไฟฉาย ให้จุดกึ่งกลางของปากกระบอกลไฟฉายตรงกับจุดสังเกตบริเวณละติจูด 60 องศา ทั้งนี้ให้ระยะห่างเท่ากับข้อ 2 เปิดไฟฉาย สังเกตพื้นที่รับแสง และใช้ปากกาเขียนแผ่นใสวาดเส้นแสดงขอบเขตพื้นที่รับแสง



คำถามท้ายกิจกรรม

- 1. มุมระหว่างแสงเลเซอร์ตกกระทบกับพื้นผิวลูกโลกบริเวณศูนย์สูตร และละติจูด 60 องศา แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- 2. ขนาดของพื้นที่ที่แสงไฟฉายตกกระทบบริเวณศูนย์สูตร และละติจูด 60 องศา แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- 3. ขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับพื้นผิว และขนาดของพื้นที่ที่แสงตกกระทบมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า ขนาดของมุมระหว่างแสงตกกระทบกับพื้นผิวเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด และขนาดของมุมมีความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ที่แสงตกกระทบ

โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลม จึงส่งผลให้มุมที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวโลกและขนาดของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์บริเวณละติจูดต่าง ๆ แตกต่างกัน ดังรูป 7.6 ทำให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกในแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน โดยบริเวณพื้นผิวโลกที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับแนวระนาบมีพื้นที่ที่ได้รับแสงน้อยทำให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณที่รังสีตกกระทบในแนวเฉียง ซึ่งมีพื้นที่ที่ได้รับแสงมากกว่า



ก  
ฮ

ศัพท์น่ารู้

ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ คือ พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในหนึ่งหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (จุลต่อวินาทีต่อตารางเมตร หรือ วัตต์ต่อตารางเมตร)

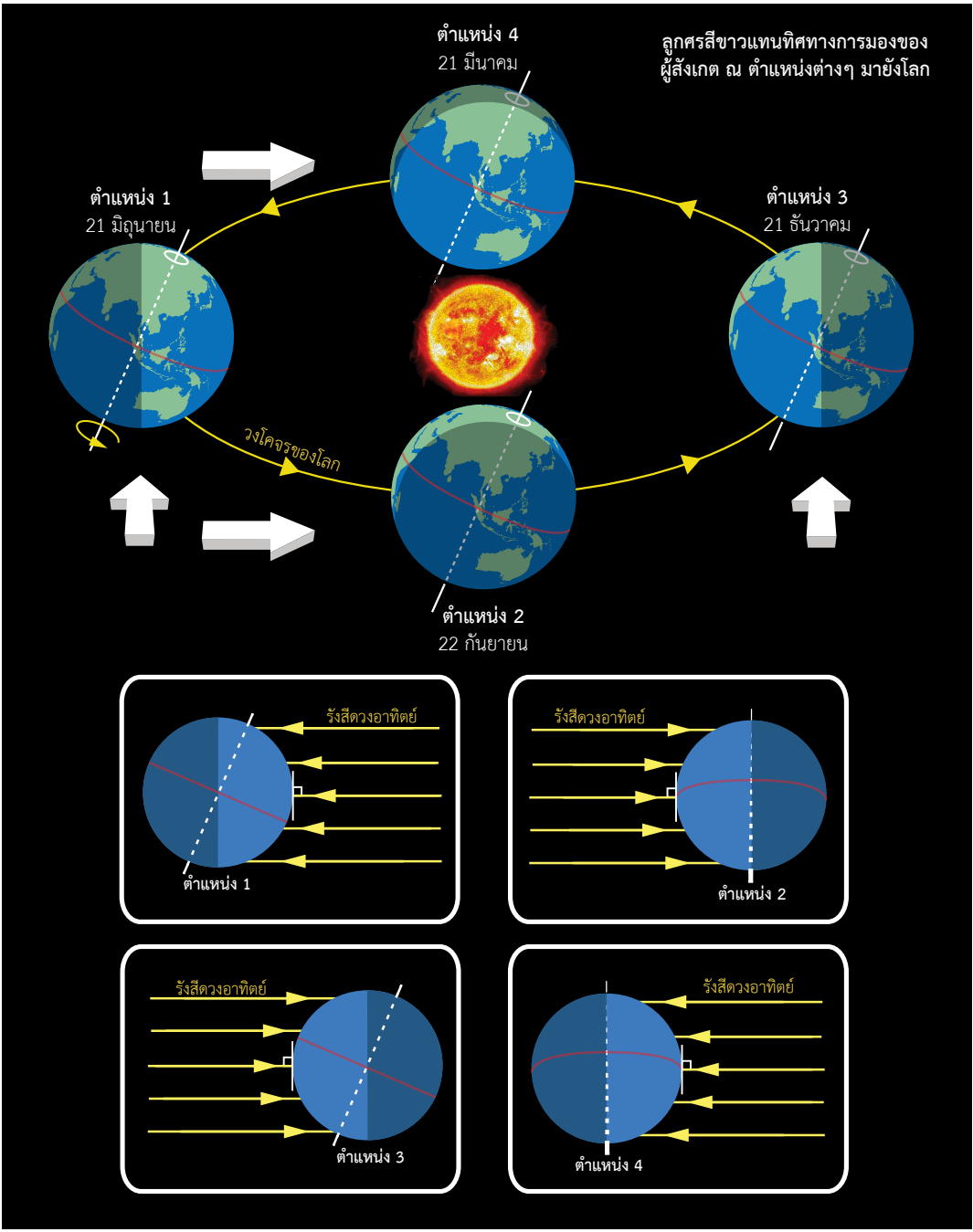
รูป 7.6 รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวโลกแต่ละบริเวณ ด้วยมุมที่ต่างกัน

❓

ตรวจสอบความเข้าใจ

หากมุมในการรับรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ นักเรียนคิดว่าระหว่างบริเวณแถบศูนย์สูตรกับบริเวณขั้วโลก บริเวณใดมีพลังงานต่อพื้นที่มากกว่ากัน

นอกจากสัณฐานของโลกที่คล้ายทรงกลมแล้ว การที่แกนหมุนโลกเอียงทำมุม 23.5 องศา กับแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ และการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้ตำแหน่งที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากกับพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปในรอบ 1 ปี ดังรูป 7.7



รูป 7.7 บริเวณที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปในรอบ 1 ปี

จากรูป จะสังเกตเห็นว่าในรอบ 1 ปี ตำแหน่งที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั่งฉากกับพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของโลกในวงโคจร ดังนี้

- ตำแหน่งที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั่งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาเหนือ
- ตำแหน่งที่ 2 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั่งฉากที่เส้นศูนย์สูตร
- ตำแหน่งที่ 3 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั่งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาใต้
- ตำแหน่งที่ 4 รังสีดวงอาทิตย์ตกตั่งฉากที่เส้นศูนย์สูตร

และเมื่อโลกโคจรครบรอบกลับมาที่ตำแหน่งที่ 1 รังสีดวงอาทิตย์จะตกตั่งฉากที่ละติจูด 23.5 องศาเหนือเป็นดังนี้ในรอบ 1 ปี

### ตรวจสอบความเข้าใจ

ในรอบ 1 ปี รังสีดวงอาทิตย์จะตกกระทบพื้นผิวโลกในแนวตั้งฉาก ณ บริเวณเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด

การที่โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน นักเรียนคิดว่ายังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่ส่งผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก

7.2.2 บรรยากาศ

บรรยากาศมีทั้งไอน้ำ ฝุ่น เขม่า ละอองเกลือ และเมฆ นักเรียนคิดว่าสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรมต่อไปนี้

### กิจกรรม 7.3 แสงกับควัน

**จุดประสงค์กิจกรรม**  
ทดลองและอธิบายผลของละอองลอยที่มีต่อความสว่างของแสง

**วัสดุ-อุปกรณ์**

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| 1. ตู้ปลา ขนาด 8 นิ้ว                             | 1 ตู้    |
| 2. แผ่นพลาสติกลูกฟูก (ขนาดใหญ่กว่าตู้ปลาเล็กน้อย) | 1 แผ่น   |
| 3. ไฟฉาย                                          | 1 กระบอก |
| 4. รูป                                            | 1 ดอก    |
| 5. ไม้ขีดไฟ                                       | 1 กลั๊ก  |

- |                     |       |
|---------------------|-------|
| 6. ลักซ์มิเตอร์     | 1 อัน |
| 7. ขาดังพร้อมที่จับ | 2 ชุด |

วิธีการทำกิจกรรม

- จัดทำชุดอุปกรณ์ดังนี้
  - ยึดกระบอกไฟฉายกับขาตั้งชุดที่ 1 และยึดลักซ์มิเตอร์กับขาตั้งชุดที่ 2
  - วางขาตั้งที่ยึดกระบอกไฟฉายและขาตั้งที่ยึดลักซ์มิเตอร์ไว้ด้านตรงข้ามกันของตู้ปลา โดยจัดอุปกรณ์ทั้งสองให้ห่างจากผนังตู้ปลา ด้านละ 10 เซนติเมตร วางแผ่นพลาสติก ลูกฟูกปิดด้านบนของตู้ปลาให้สนิท ดังรูป



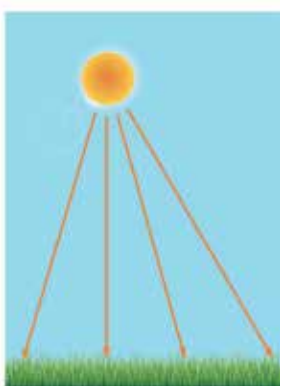
- เปิดไฟฉายแล้วเปิดลักซ์มิเตอร์เพื่อวัดความสว่างของแสง และบันทึกผล
- นำรูปที่จุดแล้วไปใส่ในตู้ปลา ทิ้งไว้ 3 นาที ให้มีควันกระจายเต็มตู้ปลา จากนั้นวัดความสว่างของแสง และบันทึกผล
- นำเสนอผลการทำกิจกรรมและอภิปรายผลร่วมกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

- ความสว่างของแสงก่อนปล่อยและหลังปล่อยควันรูป แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ความสว่างของแสงเปลี่ยนแปลงไปเพราะเหตุใด

จากกิจกรรมพบว่า ความสว่างของแสงที่ผ่านตัวกลางที่ไม่มีวันรูปและมีวันรูปมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งค่าความสว่างเป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เทียบเคียงได้กับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นปริมาณพลังงานในหนึ่งหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยบริเวณที่มีความสว่างมากจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก

ในบรรยากาศก็เป็นเช่นเดียวกัน เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศซึ่งมีไอน้ำ ฝุ่น เมฆ ละอองเกลือ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จัดเป็นละอองลอยซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในอากาศ มีทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็งหรือของเหลว ละอองลอยเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีคลื่นสั้นกลับสู่อวกาศและดูดกลืนรังสีบางส่วนไว้ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้น้อยลง ดังนั้นพื้นผิวโลกบริเวณใดที่มีละอองลอยมากบริเวณนั้นจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดน้อยกว่าบริเวณที่มีละอองลอยน้อย ดังรูป 7.8 (ก) และ (ข)



(ก)



(ข)



(ค)

รูป 7.8 รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก

- (ก) บริเวณที่ไม่มีเมฆและละอองลอยรังสีดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศมาถึงพื้นผิวโลกได้มาก
- (ข) ละอองลอยทำให้เกิดการสะท้อน กระเจิง และดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนก่อนถึงพื้นผิวโลก
- (ค) เมฆทำให้เกิดการสะท้อนและดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนก่อนถึงพื้นผิวโลก

บรรยากาศ นอกจากประกอบด้วยละอองลอยแล้วยังมีเมฆ ซึ่งเมฆและละอองลอยมีความเกี่ยวข้องกัน คือ ละอองลอยทำหน้าที่เป็นอนุภาคแกนกลางการควบแน่นที่ทำให้เกิดเมฆ เมฆมีหน้าที่ช่วยสะท้อนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์บางส่วนออกสู่อวกาศ ดังรูป 7.8 (ค) เมฆจึงมีผลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกเช่นเดียวกับละอองลอย โดยในตอนกลางวันของวันที่มีเมฆมาก พื้นผิวโลกมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อยและมีอุณหภูมิต่ำกว่าในวันที่ปราศจากเมฆ

นอกจากเมฆจะช่วยสะท้อนรังสีกลับสู่อวกาศแล้ว เมฆยังปล่อยพลังงานที่ดูดกลืนไว้โดยการแผ่รังสีกลับมายังพื้นผิวโลก ดังตัวอย่างที่สังเกตได้อย่างชัดเจนคือ ในช่วงเวลากลางคืนของวันที่มีเมฆมาก อุณหภูมิของอากาศจะสูงมากกว่าในวันที่มีเมฆน้อย

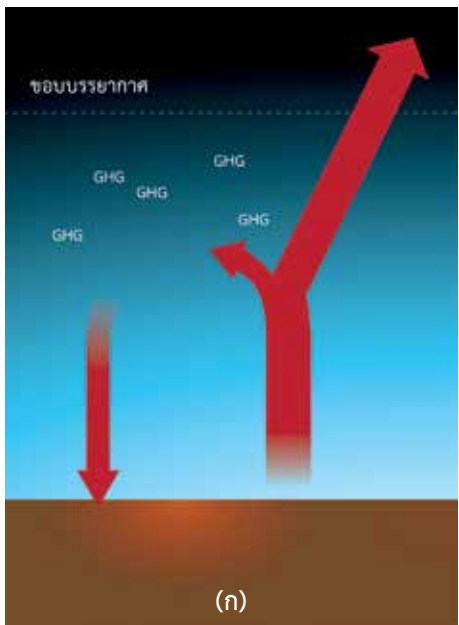


ตรวจสอบความเข้าใจ

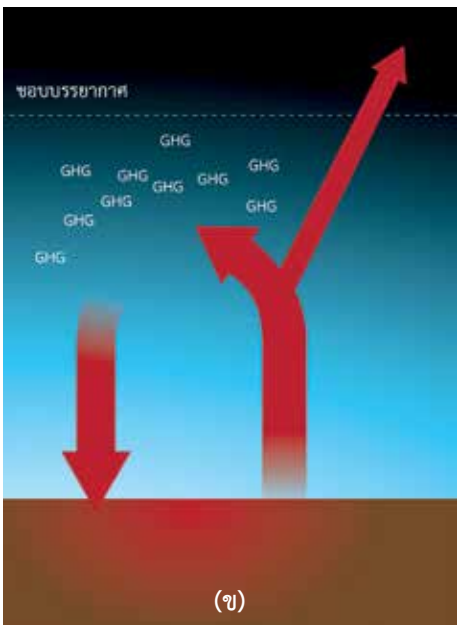
เมื่อเกิดไฟฟ้า พื้นที่ใกล้เคียงจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์เหมือนหรือแตกต่างจากก่อนเกิดไฟฟ้าอย่างไร เพราะเหตุใด

นอกจากเมฆและละอองลอยแล้ว บรรยากาศยังประกอบด้วยแก๊สเรือนกระจก ที่มีสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนของแก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน และแก๊สอาร์กอน ทั้งนี้ในยุคเริ่มแรกตามช่วงเวลาธรณีกาล บรรยากาศมีเพียงแก๊สฮีเลียมและแก๊สไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้นโดยยังไม่มีแก๊สเรือนกระจก ต่อมาเมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟทำให้มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเข้าสู่บรรยากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน ไอน้ำ และเมื่อโลกเย็นลงประกอบกับเกิดสิ่งมีชีวิตทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลง และมีวิวัฒนาการจนมีสัดส่วนดังเช่นปัจจุบัน

แก๊สเรือนกระจกมีสมบัติในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดบางส่วนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวโลก และแผ่รังสีนั้นกลับสู่พื้นผิวโลกอีกครั้ง พลังงานความร้อนส่วนนี้จะหมุนเวียนอยู่ภายในโลก ทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต แต่ถ้าบรรยากาศมีปริมาณแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจะทำให้แก๊สเรือนกระจกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและแผ่รังสีกลับมายังพื้นผิวโลกได้มากขึ้น ส่งผลให้มีพลังงานความร้อนหมุนเวียนอยู่ภายในโลกเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังรูป 7.9



(ก)



(ข)

รูป 7.9 แสดงกระบวนการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวโลกและการแผ่รังสีกลับมายังพื้นผิวโลกโดยบรรยากาศ (ก) สภาวะที่มีแก๊สเรือนกระจกในปริมาณปกติ (ข) สภาวะที่มีแก๊สเรือนกระจกในปริมาณที่มากกว่าปกติ  
หมายเหตุ GHG หมายถึง แก๊สเรือนกระจก (greenhouse gases)





ตรวจสอบความเข้าใจ

ถ้าในบรรยากาศไม่มีแก๊สเรือนกระจกจะส่งผลต่อพลังงานความร้อนที่หมุนเวียนอยู่ในโลกอย่างไร เพราะเหตุใด



ipst.me/9374



กิจกรรมลงมือทำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิอากาศ

จัดชุดทดลอง โดยติดตั้งชุดทดลองและชุดควบคุมดังรูป ในชุดทดลอง เท้าน้ำส้มสายชู ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 100 มิลลิลิตร ลงในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ผงฟู ( $\text{NaHCO}_3$ ) 1 ช้อนโต๊ะ ส่องไฟไปที่ขวดเก็บแก๊สและชุดควบคุมดังรูป จดบันทึกอุณหภูมิ ณ เวลาต่าง ๆ ดูตัวอย่างวิดิทัศน์การทดลองได้จาก QR CODE



การที่โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียง บรรยากาศมีเมฆ ละอองลอยและแก๊สเรือนกระจก ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก นอกจากนี้ลักษณะของพื้นผิวโลกแต่ละบริเวณที่แตกต่างกัน ยังมีผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์เช่นกัน ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากหัวข้อต่อไป

7.2.3 ลักษณะของพื้นผิวโลก

ในวันที่มีแดดจัด เมื่อมองไปยังพื้นน้ำจะรู้สึกสบายตากว่ามองไปยังพื้นคอนกรีต ดังรูป 7.10 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ให้ศึกษาจากกิจกรรมต่อไปนี้



(ก)



(ข)

รูป 7.10 ลักษณะพื้นผิวโลกที่แตกต่างกัน (ก) พื้นน้ำ และ (ข) พื้นคอนกรีต



กิจกรรม 7.4 พื้นผิวกับการสะท้อนแสง

จุดประสงค์กิจกรรม

เปรียบเทียบและอธิบายความแตกต่างของค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวที่กำหนด

วัสดุ-อุปกรณ์

- |                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| 1. ลักซ์มิเตอร์                              | 1 อัน  |
| 2. ดิน และน้ำแข็งใส อย่างละ                  | 1 ถาด  |
| 3. ใบไม้แห้งและใบไม้สดชนิดเดียวกัน อย่างละ   | 1 ถาด  |
| 4. กระดาษสีขาว และกระดาษสีดำ อย่างละ         | 1 แผ่น |
| 5. กระดาษผิวเรียบ และกระดาษผิวขรุขระ อย่างละ | 1 แผ่น |
| 6. ชุดขาตั้งพร้อมที่จับ                      | 1 ชุด  |

วิธีการทำกิจกรรม

- นำวัสดุที่เตรียมตามรายการวัสดุ-อุปกรณ์ มาจัดวางบนโต๊ะที่ละคู่ โดยให้มีปริมาณหรือขนาดเท่ากัน
- ยึดหัววัดของลักซ์มิเตอร์กับชุดขาตั้งพร้อมที่จับ โดยให้หัววัดอยู่ในแนวนานกับพื้น และห่างจากพื้นผิววัสดุ 10 เซนติเมตร
- หันหัววัดเข้าหาพื้นผิวของวัสดุ ดังรูป 1 ทำการวัดความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัสดุ 3 ครั้ง บันทึกค่า และหาค่าเฉลี่ย
- พลิกหัววัดของลักซ์มิเตอร์ขึ้นด้านบน ดังรูป 2 ทำการวัดความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัสดุ 3 ครั้ง บันทึกค่า และหาค่าเฉลี่ย



รูป 1



รูป 2

- 5. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 แต่เปลี่ยนชนิดวัสดุที่เตรียมไว้จนครบ โดยคงระยะห่างระหว่างวัสดุและหัววัดเท่าเดิมทุกครั้ง
- 6. คำนวณอัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัสดุต่อความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุแต่ละชนิด และบันทึกผล
- 7. นำเสนอผลการทำกิจกรรม และอภิปรายร่วมกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

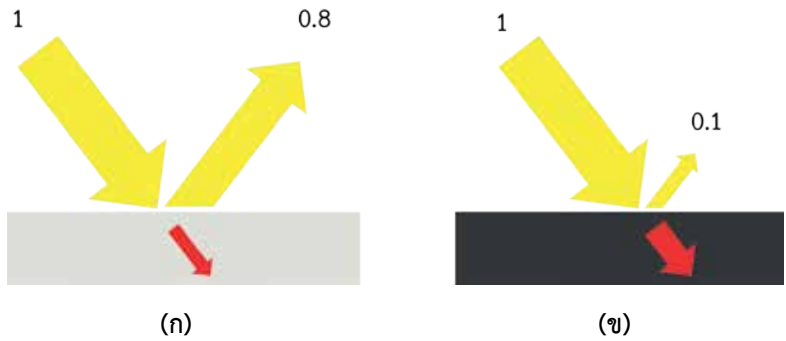
- 1. ความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุชนิดเดียวกันมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
- 2. สีของวัตถุมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร
- 3. ความเรียบของพื้นผิววัตถุมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร
- 4. ชนิดของพื้นผิววัตถุ มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุหรือไม่ อย่างไร
- 5. เรียงลำดับอัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุที่ศึกษา

จากกิจกรรมพบว่า อัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิววัตถุกับความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นผิวของวัตถุ มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นผิววัตถุที่แตกต่างกัน

ในทำนองเดียวกัน พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณก็มีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งชนิด สี และความเรียบของพื้นผิว ทำให้พื้นผิวโลกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้แตกต่างกัน ซึ่งแสดงด้วยอัตราส่วนของความเข้มรังสีที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัตถุต่อความเข้มรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นผิววัตถุ อัตราส่วนดังกล่าวเรียกว่า **อัตราส่วนรังสีสะท้อน (albedo)**

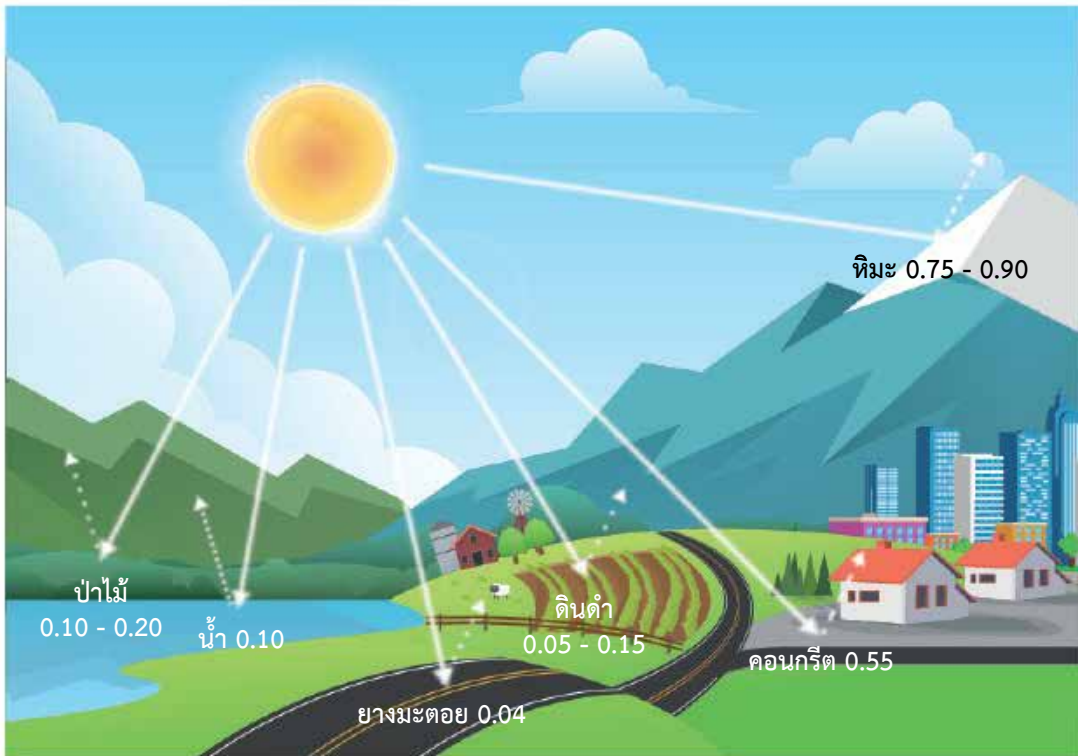
$$\text{อัตราส่วนรังสีสะท้อน} = \frac{\text{ความเข้มรังสีที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัตถุ}}{\text{ความเข้มรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นผิววัตถุ}}$$

พื้นผิวโลกบริเวณที่มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนมาก พื้นผิวนั้นจะสะท้อนรังสีในปริมาณที่มากกว่า แต่ดูดกลืนรังสีได้น้อยกว่าพื้นผิวโลกบริเวณที่มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนน้อย ดังรูป 7.11 แสดงว่าลักษณะของพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันมีผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์



รูป 7.11 อัตราส่วนรังสีสะท้อนของวัตถุที่มีสีแตกต่างกัน  
(ก) อัตราส่วนรังสีสะท้อนมาก (ข) อัตราส่วนรังสีสะท้อนน้อย

นักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจวัดค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นผิวโลกที่มีลักษณะแตกต่างกัน และพบว่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนมีค่า ดังรูป 7.12



\*อัตราส่วนรังสีสะท้อนของน้ำเป็นค่าเฉลี่ยในรอบวัน

รูป 7.12 อัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นผิวต่าง ๆ



ตรวจสอบความเข้าใจ

ถ้าหิมะที่ปกคลุมบริเวณขั้วโลกหลอมเหลวไปจนเหลือแต่พื้นดิน อัตราส่วนรังสีสะท้อนจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

การที่โลกมีสัณฐานคล้ายทรงกลมและโคจรรอบดวงอาทิตย์ในลักษณะแกนเอียงประกอบกับบรรยากาศมีเมฆ ละอองลอย และแก๊สเรือนกระจก อีกทั้งพื้นผิวโลกมีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณได้รับรังสีดวงอาทิตย์และแผ่รังสีกลับสู่อวกาศได้ไม่เท่ากัน พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณจึงมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นผิวโลกแต่ละบริเวณแตกต่างกัน เกิดการถ่ายโอนความร้อนระหว่างบริเวณต่าง ๆ โดยการหมุนเวียนของอากาศและการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทร ดังจะได้ศึกษาในบทต่อไป



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

- โลกมีกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงาน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน
- เมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ และพื้นผิวโลกเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
- บริเวณต่าง ๆ ของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในปริมาณที่ต่างกัน เนื่องจากสัณฐานและการเอียงของแกนหมุนโลก ส่งผลให้พื้นผิวโลกบริเวณศูนย์สูตรมีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณขั้วโลก
- เมฆและละอองลอยมีผลต่อการสะท้อน การดูดกลืน และการกระเจิงรังสีกลับสู่อวกาศ บริเวณที่มีเมฆหรือละอองลอยมากทำให้อัตราส่วนรังสีดวงอาทิตย์ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้น้อยส่งผลให้มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง
- แก๊สเรือนกระจกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดบางส่วนที่แผ่มาจากพื้นผิวโลกและบรรยากาศ แล้วแผ่รังสีนั้นกลับสู่พื้นผิวโลกอีกครั้ง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำมากจนเกินไป
- พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้มีอัตราส่วนรังสีสะท้อนแตกต่างกัน พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณจึงมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด

| เครื่องหมาย | ข้อความ                                                                                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 1.1 เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมาสู่โลก จะมีเพียงชั้นบรรยากาศเท่านั้นที่สะท้อนรังสีสู่อวกาศ                                         |
|             | 1.2 ในเวลากลางวัน บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกจะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนกลับสู่อวกาศ                                          |
|             | 1.3 ปริมาณพลังงานความร้อนที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้จะถูกปลดปล่อยเข้าสู่บรรยากาศทั้งหมด                                             |
|             | 1.4 พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำอยู่ในบรรยากาศและทำให้อากาศเกิดการยกตัว            |
|             | 1.5 การที่บรรยากาศแผ่รังสีส่วนหนึ่งที่ดูดกลืนไว้กลับมายังพื้นผิวโลก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำมากจนเกินไป |
|             | 1.6 พลังงานที่บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ ท้ายที่สุดจะถูกปลดปล่อยออกสู่อวกาศในปริมาณที่เท่ากัน                         |
|             | 1.7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก ได้แก่ เมฆ และพื้นผิวโลก                                                  |
|             | 1.8 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยพลังงานของโลก ได้แก่ การสะท้อน การแผ่รังสี การพาความร้อน การเปลี่ยนสถานะของน้ำ          |
|             | 1.9 โลกปลดปล่อยพลังงานความร้อนกลับสู่อวกาศโดยเฉลี่ยเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์                                |
|             | 1.10 การที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์เท่ากับพลังงานที่โลกปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อนข้างคงที่เป็นเวลานาน |

2. ถ้าพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศน้อยกว่าปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มาสู่โลก แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเป็นเช่นไร
3. ปัจจัยหลักที่ทำให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศสูงกว่าบริเวณขั้วโลกมีอะไรบ้าง พร้อมทั้งอธิบาย
4. เมื่อเทียบบริเวณแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยฝุ่นควันเป็นจำนวนมาก กับบริเวณป่าไม้ บริเวณใดมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากกว่ากัน เพราะเหตุใด
5. เมื่อประมาณ 225 ล้านปีก่อน โลกมีแผ่นทวีปขนาดใหญ่เพียงแผ่นเดียว ต่อมาทวีปเหล่านี้ เคลื่อนตัวออกจากกันจนมีลักษณะเช่นในปัจจุบัน นักเรียนคิดว่าตำแหน่งและรูปร่างของ แผ่นทวีปที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้อัตราส่วนรังสีสะท้อนโดยรวมของโลกเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร



225 ล้านปีก่อน



ปัจจุบัน

## คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๓

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

เวลา ๔๐ ชั่วโมง จำนวน ๑ หน่วยกิต

ศึกษากระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรบกวนสมดุลของพื้นผิวโลก ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูดและผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร ปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร ผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

## ผลการเรียนรู้

๑. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันและผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก
๒. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
๓. อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ
๔. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ
๕. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร
๖. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร
๗. อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

รวมทั้งหมด ๗ ผลการเรียนรู้