



หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๔

ISBN 978-616-576-347-9

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 ๔ 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 ๔ 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) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถ ที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้อะบบการ ใช้กระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปนี้ โรงเรียน จะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้ จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตาม ตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ โดยเมื่อผู้เรียนเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้วจะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชา พื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๔ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วย เรื่องเมฆและการเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยากับการใช้ ประโยชน์ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบ อาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น อุตุนิยมวิทยา วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียน จะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลอง ด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจาก ที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือ เป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๔ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียน เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เจียรสุขสกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก 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



การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด



คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

10

การเกิดเมฆ

บทที่ 10 การเกิดเมฆ	1
10.1 การยกตัวของอากาศกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	3
10.2 เสถียรภาพอากาศกับการยกตัวของก้อนอากาศ	7
10.3 กระบวนการเกิดเมฆ	15
10.3.1 กระบวนการเกิดเมฆก้อน	15
10.3.2 กระบวนการเกิดเมฆแผ่น	17
10.4 กลไกการยกตัวของอากาศและการเกิดเมฆ	20
10.4.1 การพาความร้อน	20
10.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ	22
10.4.3 การลู่เข้าหากันของอากาศ	25
10.4.4 แนวปะทะอากาศ	27
แบบฝึกหัดท้ายบท	36

11

การเปลี่ยนแปลง
ภูมิอากาศ

บทที่ 11 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	42
11.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	45
11.1.1 แก๊สเรือนกระจก	47
11.1.2 ละอองลอย	49
11.1.3 ค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นผิวโลก	50
11.1.4 พลังงานจากดวงอาทิตย์	52
11.2 หลักฐานแสดงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบรรพกาล	59
11.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	62
แบบฝึกหัดท้ายบท	67

สารบัญ

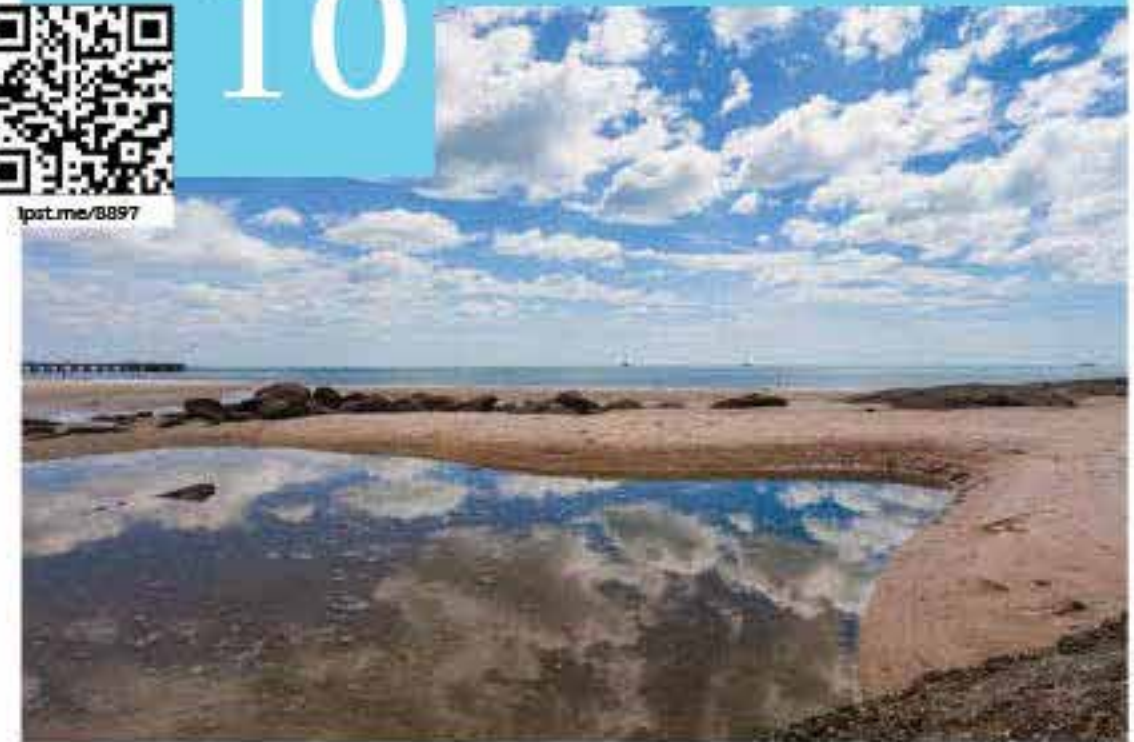
บทที่	เนื้อหา	หน้า
12	บทที่ 12 ข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยากับการใช้ประโยชน์	69
	12.1 ข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา	72
	12.1.1 แผนที่อากาศผิวพื้น	72
	12.1.2 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	78
	12.1.3 ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ	85
	12.2 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา	89
	แบบฝึกหัดท้ายบท	94
	ภาคผนวก	102
	คำศัพท์	103
	บรรณานุกรม	105
	ที่มาของรูป	108

ข้อมูลสารสนเทศ
ทางอุตุนิยมวิทยา
กับการใช้ประโยชน์

บทที่ 10 | การเกิดเมฆ (Cloud Formation)



ipst.me/8897



เมฆบนท้องฟ้ามีรูปร่างแตกต่างกัน บางครั้งอาจพบเมฆที่มีรูปร่างเป็นก้อนกระจายอยู่เต็มท้องฟ้าชวนให้จินตนาการเป็นสิ่งที่ต่าง ๆ แต่บางครั้งก็อาจพบเมฆที่มีรูปร่างเป็นแผ่นปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้างทำให้ท้องฟ้าเป็นสีเทาและอาจเกิดฝนตกพายุ ๆ สงสัยหรือไม่ว่าเมฆที่มีรูปร่างแตกต่างกันทั้งที่เป็นก้อนและเป็นแผ่น เกิดขึ้นได้อย่างไร



คำถามสำคัญ

- เมฆที่มีรูปร่างเป็นก้อนและเป็นแผ่น มีการเกิดเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- กลไกที่ช่วยให้เกิดเมฆมีอะไรบ้าง



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความกดอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ของก้อนอากาศเมื่ออากาศยกตัวหรือจมตัว
2. อธิบายความสัมพันธ์ของเสถียรภาพอากาศแบบต่าง ๆ กับการยกตัวของก้อนอากาศ
3. อธิบายกระบวนการเกิดเมฆที่มีรูปร่างแตกต่างกัน
4. อธิบายกลไกต่าง ๆ ที่ช่วยให้เกิดเมฆ



ตรวจสอบความรู้อันเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	เมฆคือไอน้ำที่ลอยอยู่บนท้องฟ้า	
2	อากาศที่มีอุณหภูมิสูงสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ	
3	ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอากาศและปริมาณไอน้ำในอากาศ	
4	อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100% จะไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มได้ แต่หากอากาศได้รับไอน้ำเพิ่มเข้าไปอีกจะทำให้ไอน้ำควบแน่นเป็นละอองน้ำ	
5	ถ้าอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100% มีอุณหภูมิต่ำลง ไอน้ำในอากาศจะควบแน่นเป็นละอองน้ำ	
6	อากาศที่ระดับน้ำทะเลมีความกดอากาศน้อยกว่าอากาศที่อยู่บนภูเขา	
7	ถ้าใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์จะจำแนกเมฆได้ 3 ประเภท ได้แก่ เมฆก้อน เมฆแผ่น และเมฆริ้ว	
8	เมื่ออากาศยกตัวสูงขึ้นไอน้ำในอากาศจะมีโอกาสควบแน่นเป็นละอองน้ำ	

บทนำ

น้ำในบรรยากาศของโลกมีทั้งที่อยู่ในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง ซึ่งเปลี่ยนสถานะกลับไปมาได้ อากาศบนโลกมีไอน้ำเป็นองค์ประกอบเสมอไม่ว่าจะเป็นบริเวณทะเลทราย แถบขั้วโลก หรือบนยอดเขาแต่มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ไอน้ำในอากาศมีสถานะเป็นแก๊ส เมื่ออากาศยกตัวสูงขึ้นไอน้ำจะควบแน่นเป็นละอองน้ำหรืออาจแข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กเกิดเป็นเมฆ เพราะเหตุใดการยกตัวของอากาศจึงทำให้เกิดเมฆ

10.1 การยกตัวของอากาศกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ เป็นชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิและความกดอากาศลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังจะสังเกตได้จากเหตุการณ์หลายอย่าง เช่น รู้สึกหนาวและหือเมื่อเดินทางขึ้นภูเขาสูง ลูกโป่งที่พองขึ้นขยายขนาดขึ้นเมื่อเครื่องบินขึ้นไปอยู่ในระดับสูง เช่นเดียวกับลูกโป่ง ดังรูป 10.1 จะเห็นว่าเมื่อลูกโป่งลอยไปอยู่ในระดับที่สูงขึ้น ลูกโป่งจะขยายขนาดทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น เพราะความกดอากาศโดยรอบต่ำกว่าความกดอากาศภายในลูกโป่ง ทำให้เกิดแรงดันภายในส่งผลให้ลูกโป่งขยายขนาดใหญ่ขึ้นได้ นักเรียนคิดว่าเมื่ออากาศภายในลูกโป่งมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร จะส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศภายในลูกโป่งอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 10.1



รูป 10.1 ลูกโป่งขยายใหญ่ขึ้นเมื่อลอยสูงขึ้น



กิจกรรม 10.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศกับอุณหภูมิ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศต่ออุณหภูมิของอากาศในภาชนะบรรจุที่เป็นระบบปิด

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---------------------------------|---------|
| 1. เทอร์มอมิเตอร์แบบดิจิทัล | 1 อัน |
| 2. กระบอกฉีดยาขนาด 60 มิลลิลิตร | 1 อัน |
| 3. ดินน้ำมัน | 1 ก้อน |
| 4. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |

วิธีการทำกิจกรรม

1. ดึงก้านกระบอกฉีดยาออกมาเล็กน้อย จากนั้นสอดเซนเซอร์ของเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในกระบอกและใช้ดินน้ำมันอุดปลายกระบอกเพื่อไม่ให้อากาศรั่วเข้าไปด้านในกระบอกและไม่ให้เซนเซอร์สัมผัสกับกระบอกฉีดยา ดังรูป



2. วางชุดทดลองทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของอากาศในกระบอกฉีดยาไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นบันทึกอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกฉีดยา
3. ดึงก้านกระบอกฉีดยาออกมาจนสุดโดยไม่ให้มือสัมผัสกับกระบอกฉีดยา ดังรูป และค้างไว้ 10 วินาที บันทึกอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกฉีดยา จากนั้นปล่อยให้ก้านกระบอกฉีดยาลับสู่ตำแหน่งเดิม และปล่อยทิ้งไว้ 10 วินาที บันทึกอุณหภูมิของอากาศอีกครั้ง



4. ทำตามข้อ 2 และข้อ 3 ซ้ำอีก 2 ครั้ง

5. อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในภาชนะที่บรรจุเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศ
6. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังจากดึงก้านกระบอกฉีดยาปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างไร และส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกฉีดยา อย่างไร
2. หลังจากปล่อยให้ก้านกระบอกฉีดยาลับสู่ตำแหน่งเดิม ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างไร และส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกฉีดยา อย่างไร
3. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศในกระบอกฉีดยา ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในกระบอกฉีดยา

แนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกระบอกฉีดยาเทียบเคียงได้กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในสิ่งสมมติที่เรียกว่า ก้อนอากาศ (air parcel) ซึ่งนักอุตุนิยมวิทยากำหนดให้กลุ่มก้อนอากาศมีขนาดประมาณลูกบาสเก็ตบอล ห่อหุ้มด้วยผนังที่ยืดหยุ่นได้และทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนจึงไม่เกิดการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศภายในและภายนอกก้อนอากาศ โดยความกดอากาศภายในก้อนอากาศเท่ากับความกดอากาศภายนอกก้อนอากาศที่ระดับความสูงเดียวกันเสมอ

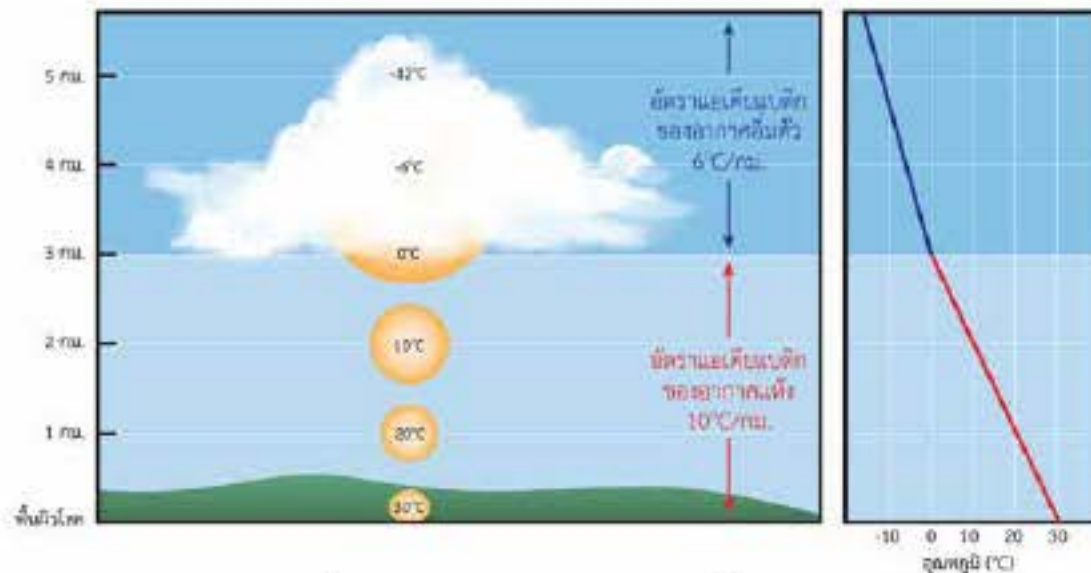
เมื่อก้อนอากาศยกตัวสูงขึ้น ความกดอากาศโดยรอบก้อนอากาศจะลดลงตามลำดับ ทำให้ก้อนอากาศขยายขนาดใหญ่ขึ้น และมีปริมาตรมากขึ้นจนกระทั่งมีความกดอากาศเท่ากับ ความกดอากาศโดยรอบที่ระดับความสูงเดียวกัน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในก้อนอากาศลดลง ในทางกลับกัน ถ้าก้อนอากาศจมตัวลง ความกดอากาศโดยรอบก้อนอากาศที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทำให้ก้อนอากาศมีขนาดและปริมาตรลดลงจนกระทั่งมีความกดอากาศเท่ากับ ความกดอากาศภายนอก ส่งผลให้อุณหภูมิภายในก้อนอากาศสูงขึ้น ดังรูป 10.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความกดอากาศภายในก้อนอากาศโดยไม่มีการถ่ายโอนความร้อนกับบริเวณโดยรอบนี้เรียกว่า กระบวนการแอเดียแบติก (adiabatic process)

การอธิบายการยกตัวของอากาศในธรรมชาติจึงพิจารณาการรวมกันของอากาศเป็นกลุ่มก้อนคล้ายกับก้อนอากาศ การที่ก้อนอากาศเกิดการยกตัวหรือจมตัวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและ



รูป 10.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในก้อนอากาศที่ยกตัวและจมตัว

ความกดอากาศคล้ายกับกระบวนการแอเดียแบติก ดังนั้นนักอุตุนิยมวิทยาจึงอธิบายการเปลี่ยนแปลงของก้อนอากาศในธรรมชาติโดยใช้กระบวนการแอเดียแบติก โดยก้อนอากาศที่ยกตัวสูงขึ้นและยังไม่มีเกิดการควบแน่นของไอน้ำ อุณหภูมิของอากาศจะลดลงในอัตราประมาณ 10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ เรียกว่า อัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง (dry adiabatic lapse-rate) เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลงจะส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ อากาศจะอิ่มตัวไปด้วยไอน้ำทำให้เกิดการควบแน่นเป็นละอองน้ำพร้อมกับคายความร้อนแฝงออกมา ส่งผลให้ก้อนอากาศที่กำลังยกตัวขึ้นมีอุณหภูมิลดลงด้วยอัตราประมาณ 6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร เรียกว่า อัตราแอเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว (wet adiabatic lapse-rate) ดังรูป 10.3 ซึ่งอัตราดังกล่าวมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับความชื้นที่คายออกมาเมื่อเกิดการควบแน่นหรือความร้อนที่ใช้ในการระเหยของละอองน้ำ



รูป 10.3 อัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง และอัตราแอเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว

จากรูป 10.3 ในทางกลับกัน เมื่อก้อนอากาศที่อิ่มตัวไปด้วยไอน้ำเกิดการจมตัวลง ความกดอากาศโดยรอบก้อนอากาศที่เพิ่มขึ้นจะบีบให้ก้อนอากาศมีขนาดเล็กลง อุณหภูมิของอากาศจึงเพิ่มขึ้นทำให้อากาศสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้น ละอองน้ำในอากาศจึงระเหยกลับมาเป็นไอน้ำพร้อมกับดูดกลืนความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยกลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นด้วยอัตราประมาณ 6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ตามอัตราแอเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว เมื่อก้อนอากาศจมตัวถึงระดับความสูงที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ละอองน้ำในก้อนอากาศจะระเหยกลายเป็นไอจนหมด และเมื่อก้อนอากาศจมตัวลงอีกความร้อนในก้อนอากาศจะไม่ถูกนำไปใช้ในการระเหยกลายเป็นไอ อุณหภูมิของอากาศจึงเพิ่มขึ้นด้วยอัตราประมาณ 10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ตามอัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง



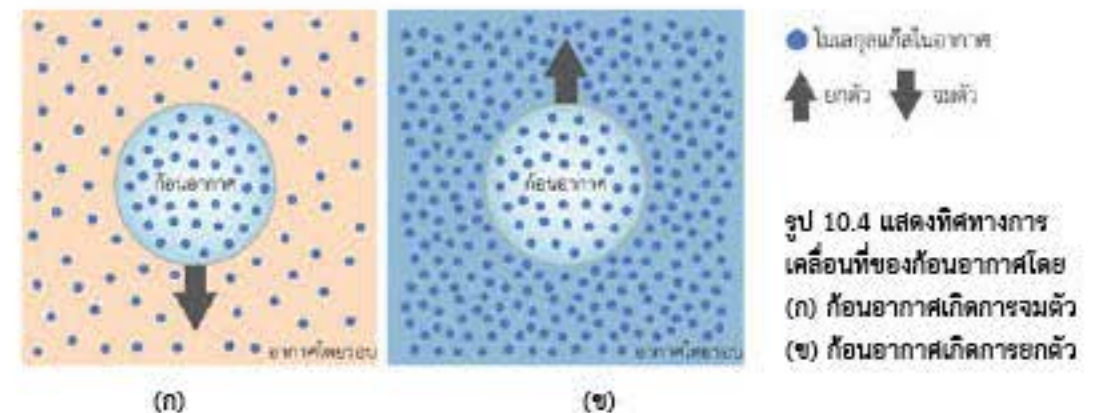
ตรวจสอบความเข้าใจ

เมื่อก้อนอากาศลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิ ความกดอากาศ และปริมาณของก้อนอากาศเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

อย่างไรก็ตาม ในธรรมชาติก้อนอากาศไม่สามารถยกตัวหรือจมตัวได้อย่างอิสระ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิอากาศโดยรอบซึ่งจะศึกษาในหัวข้อต่อไป

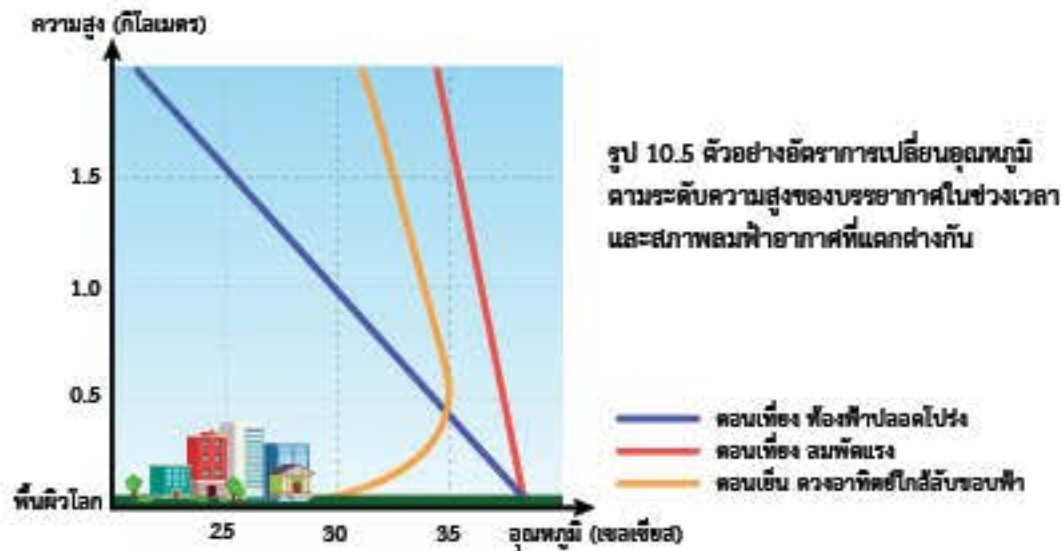
10.2 เสถียรภาพอากาศกับการยกตัวของก้อนอากาศ

ถ้าก้อนอากาศก้อนหนึ่งยกตัวสูงขึ้นไปในบรรยากาศ และก้อนอากาศนี้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ความหนาแน่นของก้อนอากาศจะมากกว่าอากาศโดยรอบ ทำให้ก้อนอากาศไม่สามารถยกตัวต่อไปได้อีกและจมตัวลงสู่ด้านล่าง ณ ตำแหน่งเดิมก่อนยกตัวขึ้น ดังรูป 10.4 (ก) เกิดเป็นภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ แต่ถ้าก้อนอากาศนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ ก้อนอากาศจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโดยรอบทำให้ก้อนอากาศนี้ยกตัวสูงขึ้นต่อไปได้ ดังรูป 10.4 (ข) เกิดเป็นภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศ นักอุตุนิยมวิทยาเรียกภาวะของบรรยากาศที่ยับยั้งหรือส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศนี้ว่า เสถียรภาพอากาศ หรือ เสถียรภาพบรรยากาศ (atmospheric stability)



อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงด้วยอัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้งหรืออัตราแอเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว ซึ่งเป็นอัตราที่เกือบคงที่และมีค่าแน่นอน แต่อุณหภูมิอากาศโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงด้วยอัตราที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและสภาพลมฟ้าอากาศ ตัวอย่างดังรูป 10.5 นักอุตุนิยมวิทยาเรียกอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศ (environmental lapse-rate)

*ราชบัณฑิตยสถานบัญญัติคำว่า environmental lapse-rate ว่า อัตราเปลี่ยนอุณหภูมิตามสูงของบรรยากาศ แต่ในที่นี้จะใช้คำว่า อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศ ซึ่งหมายถึงคำเดียวกัน



อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศ เกี่ยวข้องกับภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 10.2



กิจกรรม 10.2 ก้อนอากาศยกตัวได้หรือไม่

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และระบุภาวะส่งเสริมหรือภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศจากข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่กำหนดให้
2. อธิบายการยกตัวของก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นจากข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่กำหนดให้

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. ชุดข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่ระดับความสูงต่าง ๆ | 1 ชุด |
| 2. กระดาษกราฟ | 3 แผ่น |
| 3. กระดาษขาว ขนาด A4 | 3 แผ่น |
| 4. ปากกาสี | 1 ชุด |

หมายเหตุ ชุดข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบดาวน์โหลดได้จาก QR Code



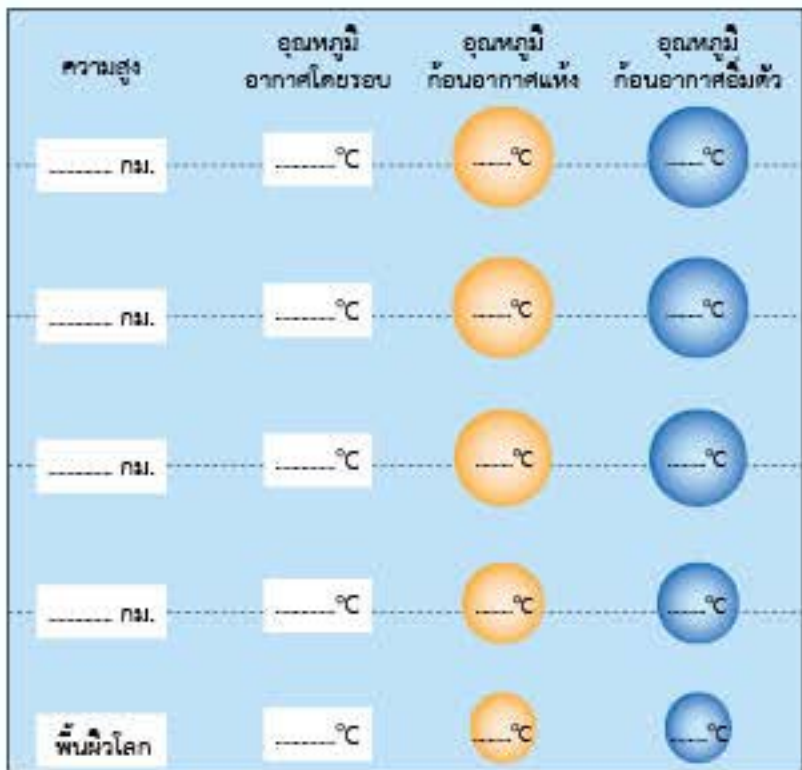
วิธีการทำกิจกรรม

1. เลือกชุดข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่ระดับความสูงต่าง ๆ มา 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิของอากาศโดยรอบจาก 3 บริเวณ
2. คำนวณอุณหภูมิของอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นที่ระดับความสูงทุก ๆ 1 กิโลเมตร โดยกำหนดให้อุณหภูมิของอากาศ ณ บริเวณพื้นผิวโลกมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ และก้อนอากาศแต่ละก้อนมีอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูง ดังนี้
 - ก้อนอากาศแห้ง มีอุณหภูมิลดลงตามความสูงด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร
 - ก้อนอากาศชื้น มีอุณหภูมิลดลงตามความสูงด้วยอัตรา 6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร
3. จากข้อ 2 วาดรูปก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัวขณะกำลังยกตัว พร้อมแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบ ก้อนอากาศแห้ง และก้อนอากาศชื้นตัว ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง
4. วาดกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบ ก้อนอากาศแห้ง และก้อนอากาศชื้นตัว จากชุดข้อมูลที่กำหนด
5. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับอุณหภูมิของก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัวจากกราฟที่ได้
6. อธิบายลักษณะกราฟ วิเคราะห์ และระบุว่ากราฟใดที่แสดงภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัว
7. อธิบายการยกตัวของก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัวจากรูปและกราฟที่ได้
8. นำเสนอผลการทำกิจกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ในภาวะยับยั้งการยกตัวของทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัว อุณหภูมิอากาศโดยรอบในแต่ละระดับความสูงมีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของก้อนอากาศแห้งและอุณหภูมิของก้อนอากาศชื้นตัวที่ระดับความสูงเดียวกัน
2. ในภาวะส่งเสริมการยกตัวของทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศชื้นตัว อุณหภูมิอากาศโดยรอบในแต่ละระดับความสูงมีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของก้อนอากาศแห้งและอุณหภูมิของก้อนอากาศชื้นตัวที่ระดับความสูงเดียวกัน
3. ในภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศชื้นตัวแต่ยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้ง อุณหภูมิอากาศโดยรอบในแต่ละระดับความสูงมีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของก้อนอากาศแห้งและอุณหภูมิของก้อนอากาศชื้นตัวที่ระดับความสูงเดียวกัน

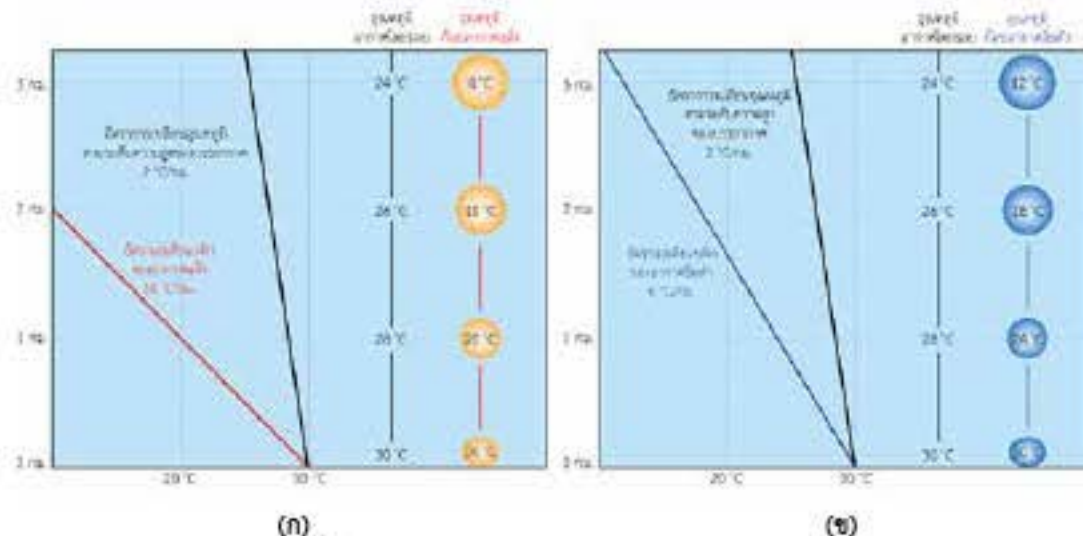
รูปตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบ
ก้อนอากาศแห้ง และก้อนอากาศอัมตัว



จากกิจกรรมจะเห็นว่า การเกิดภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศสามารถระบุได้โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับอุณหภูมิก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัวที่ระดับความสูงเดียวกัน

ในแต่ละบริเวณ ก้อนอากาศจะมีการยกตัวหรือจมตัวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้นกับอุณหภูมิก้อนอากาศว่าเกิดการส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

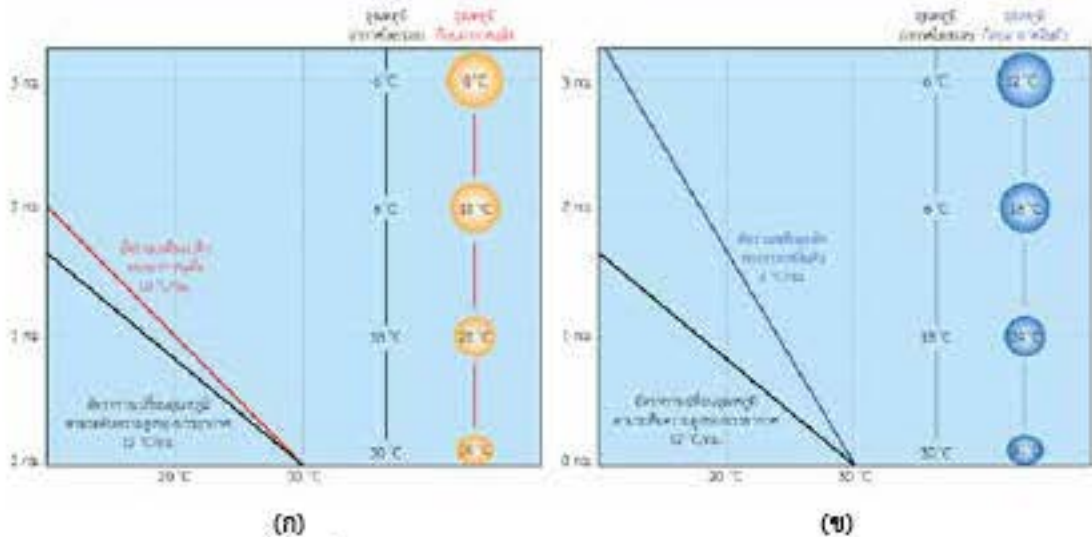
กรณีที่ 1 อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศมีค่าน้อยกว่าอัตราแอเดียแบติกของอากาศอัมตัว (6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) ส่งผลให้อุณหภูมิก้อนอากาศแห้งและอุณหภูมิก้อนอากาศอัมตัวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ทำให้เกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ เรียกว่า ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ (absolute stability) ดังรูป 10.6



รูป 10.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศ
ในภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ โดย (ก) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศแห้ง
และ (ข) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศอัมตัว

สมมติให้ก้อนอากาศและอากาศโดยรอบที่บริเวณพื้นผิวโลก มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาที่ระดับความสูง 1 กิโลเมตร ทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัวมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบ และเมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงอื่น ๆ การที่อุณหภูมิอากาศโดยรอบลดลงในอัตราที่ช้ากว่าก้อนอากาศ ทำให้ทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัวมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบเสมอ จึงเกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ

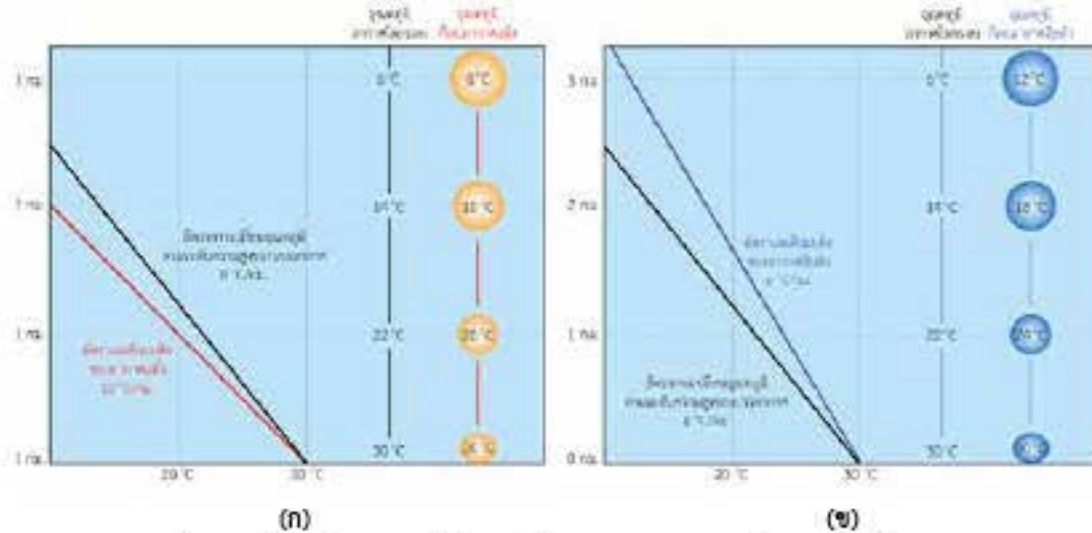
กรณีที่ 2 อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศมีค่ามากกว่าอัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง (10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) ส่งผลให้อุณหภูมิที่ก่อนอากาศแห้งและอุณหภูมิที่ก่อนอากาศอัมตัวสูงกว่าอากาศโดยรอบ ทำให้เกิดภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศ เรียกว่า ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ (absolute instability) ดังรูป 10.7



รูป 10.7 เปรียบเทียบอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศในภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ โดย (ก) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศแห้ง และ (ข) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศอัมตัว

สมมติให้ก้อนอากาศและอากาศโดยรอบที่บริเวณพื้นผิวโลก มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาที่ระดับความสูง 1 กิโลเมตร ทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัวมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ และเมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงอื่น ๆ การที่อุณหภูมิอากาศโดยรอบลดลงในอัตราที่เร็วกว่าก้อนอากาศ ทำให้ทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัวมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบเสมอ จึงเกิดภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศ

กรณีที่ 3 อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศมีค่าอยู่ระหว่างอัตราแอเดียแบติกของอากาศอัมตัว (6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) และอัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง (10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) เมื่อพิจารณาการยกตัวของก้อนอากาศ อาจเกิดภาวะยับยั้งหรือส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศขึ้นอยู่กับว่าเป็นก้อนอากาศแห้งหรือก้อนอากาศอัมตัว เรียกว่า ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข (conditional instability) ดังรูป 10.8

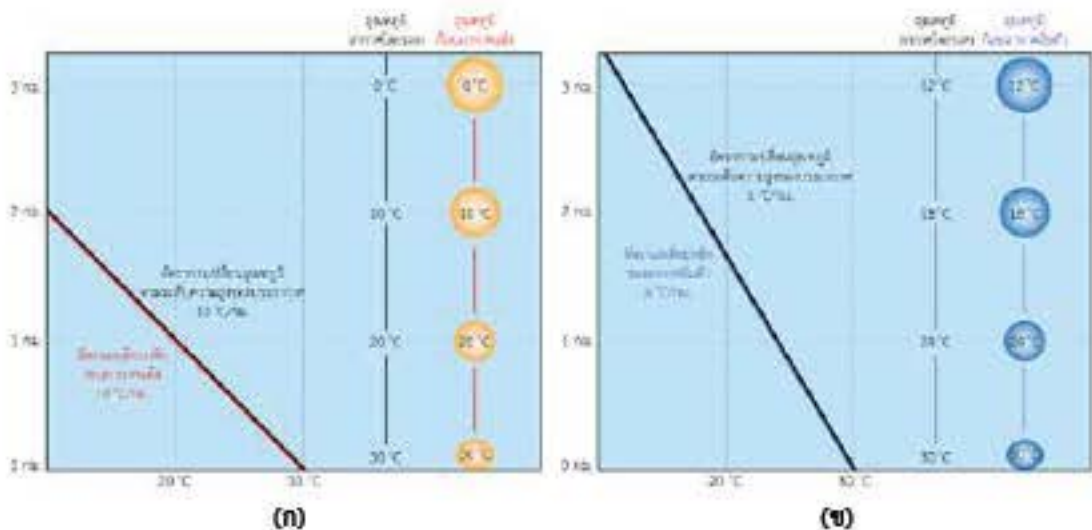


รูป 10.8 เปรียบเทียบอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศในภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข โดย (ก) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศแห้ง และ (ข) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศอัมตัว

สมมติให้ก้อนอากาศและอากาศโดยรอบที่บริเวณพื้นผิวโลก มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาที่ระดับความสูง 1 กิโลเมตร ก้อนอากาศแห้งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบจึงเกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้ง แต่ก้อนอากาศอัมตัวมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบจึงเกิดภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศอัมตัว และเป็นเช่นเดียวกันที่ระดับความสูงอื่น ๆ

*ราชบัณฑิตยสถานบัญญัติคำว่า conditional instability ว่า อาการกึ่งทรงตัวของอากาศ แต่ในที่นี้จะใช้คำว่า ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข ซึ่งหมายถึงคำเดียวกัน

กรณีที่ 4 อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศมีค่าเท่ากับอัตราแอเดียแบติกของอากาศแห้ง (10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) หรืออัตราแอเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว (6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร) เมื่อพิจารณาการยกตัวของก้อนอากาศจะไม่เกิดภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวสำหรับก้อนอากาศ เรียกภาวะดังกล่าวว่า ภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง (neutral stability) ดังรูป 10.9



รูป 10.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศในภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง โดย (ก) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศแห้ง และ (ข) เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยรอบกับก้อนอากาศอิ่มตัว

สมมติให้ก้อนอากาศและอากาศโดยรอบที่บริเวณพื้นผิวโลก มีอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณารูป 10.9 (ก) ที่ระดับความสูง 1 กิโลเมตร ก้อนอากาศแห้งมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศโดยรอบ และเป็นเช่นนี้ทุกระดับความสูง จึงไม่เกิดภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้ง ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณารูป 10.9 (ข) ที่ระดับความสูง 1 กิโลเมตร ก้อนอากาศอิ่มตัวมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศโดยรอบ และเป็นเช่นนี้ทุกระดับความสูง จึงไม่เกิดภาวะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศอิ่มตัว

จากทั้ง 4 กรณีข้างต้น จะเห็นว่าเสถียรภาพอากาศแบบต่าง ๆ พิจารณาจากการเปรียบเทียบอุณหภูมิของก้อนอากาศและอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่ระดับความสูงเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เสถียรภาพอากาศที่เกิดขึ้นในธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งส่งผลต่อการเกิดเมฆที่มีรูปร่างแตกต่างกัน โดยนักเรียนจะได้ศึกษาจากหัวข้อถัดไป

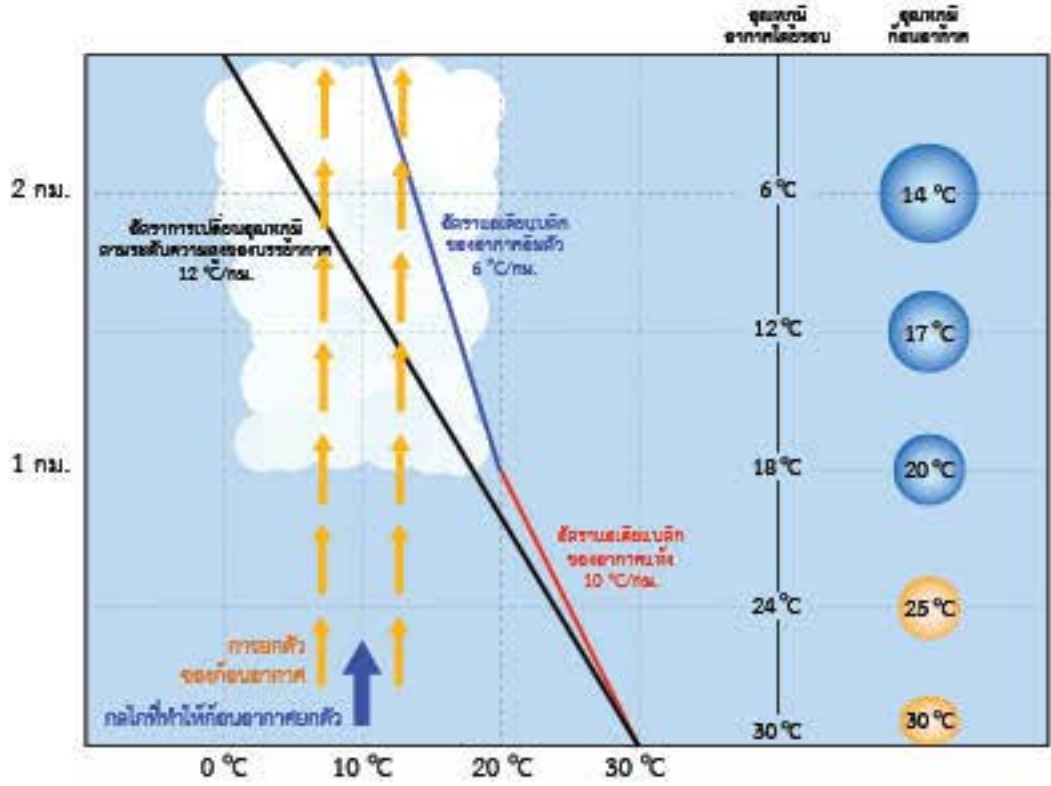
*ราชบัณฑิตยสถานบัญญัติคำว่า neutral stability ว่า ความสมดุลอย่างเป็นกลาง แต่ในที่นี้จะใช้คำว่า ภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง ซึ่งหมายถึงคำเดียวกัน

10.3 กระบวนการเกิดเมฆ

เมื่อสิ่งเกดท้องฟ้า จะพบเมฆมากน้อยแตกต่างกันตามวัน เวลา และฤดูกาล ซึ่งมีทั้งเมฆก้อนและเมฆแผ่นหรือบางวันอาจไม่พบเมฆบนท้องฟ้า โดยทั่วไปในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์มีการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาพลมฟ้าอากาศ ทำให้เสถียรภาพอากาศในแต่ละวันแตกต่างกันซึ่งส่งผลให้เกิดเมฆที่มีรูปร่างต่างกัน นักเรียนคิดว่าเมฆก้อนและเมฆแผ่นมีกระบวนการเกิดเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร ให้พิจารณารายละเอียดดังต่อไปนี้

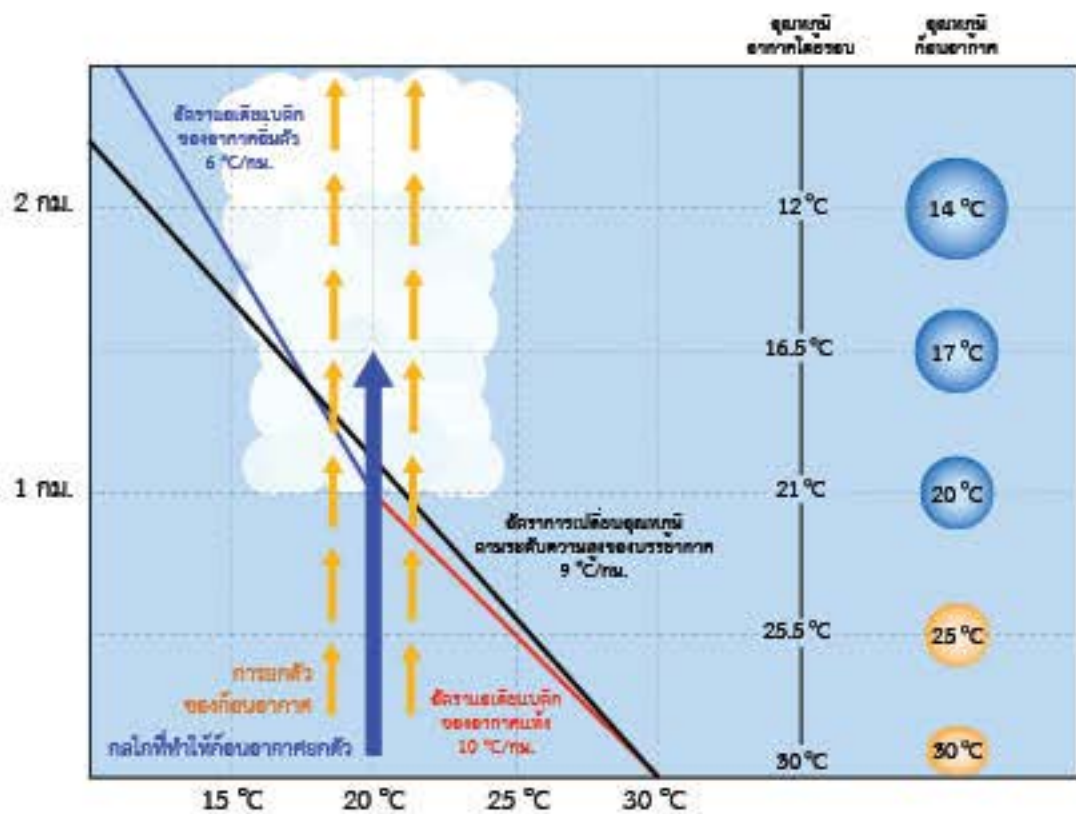
10.3.1 กระบวนการเกิดเมฆก้อน

ก้อนอากาศที่ยกตัวขึ้นอย่างต่อเนื่องจะทำให้ไอน้ำควบแน่นเป็นละอองน้ำซึ่งพัฒนาตัวเป็นกลุ่มก้อนของละอองน้ำที่มีขนาดใหญ่อขึ้นและลอยสูงขึ้นไปบนท้องฟ้า เกิดเป็นเมฆที่มีลักษณะเป็นก้อน เช่น เมฆคิวมูลัส เมฆคิวโมลิมบัส การยกตัวของก้อนอากาศสามารถเกิดได้ทั้งในภาวะไม่ทรงตัวสมบูรณ์ ซึ่งถ้ามีกลไกกระตุ้นให้ก้อนอากาศเริ่มยกตัว หลังจากนั้นก้อนอากาศจะยกตัวขึ้นได้เองอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าในระดับที่สูงขึ้นไปจะไม่มิกไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัว เนื่องจากก้อนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบในทุกระดับความสูง ดังรูป 10.10 โดยถ้าอุณหภูมิของก้อนอากาศและอากาศโดยรอบแตกต่างกันมาก ก้อนอากาศจะยกตัวขึ้นอย่างรุนแรง ส่งผลให้มีโอกาสเกิดเมฆคิวโมลิมบัสซึ่งเป็นสาเหตุของพายุฝนฟ้าคะนองที่รุนแรง



รูป 10.10 การเกิดเมฆก้อนในภาวะไม่ทรงตัวสมบูรณ์

นอกจากนี้ เมฆก้อนอาจเกิดขึ้นภายใต้ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไขได้เช่นกัน โดยการเกิดเมฆก้อนในภาวะนี้จำเป็นต้องมีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศแห้งยกตัวขึ้นจนกระทั่งไอน้ำควบแน่นทำให้ก้อนอากาศแห้งกลายเป็นก้อนอากาศอัมพล์ ก้อนอากาศจึงจะสามารถยกตัวขึ้นได้เองและพัฒนาตัวกลายเป็นเมฆก้อน จากรูป 10.11 จะเห็นว่าที่ระดับความสูงต่ำกว่า 1.4 กิโลเมตร เกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศเพราะก้อนอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบ แต่เนื่องจากมีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัว ก้อนอากาศจึงยกตัวและเกิดการควบแน่นของไอน้ำ จากนั้นที่ระดับความสูงมากกว่า 1.4 กิโลเมตร เกิดภาวะส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศ เนื่องจากก้อนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ ส่งผลให้ก้อนอากาศยกตัวขึ้นได้อย่างต่อเนื่องจึงเกิดเมฆก้อน ดังรูป 10.11



รูป 10.11 การเกิดเมฆก้อนในภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข



ตรวจสอบความเข้าใจ

การที่เมฆก้อนสามารถพัฒนาตัวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมียอดเมฆสูงขึ้น อุณหภูมิของก้อนอากาศมีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ



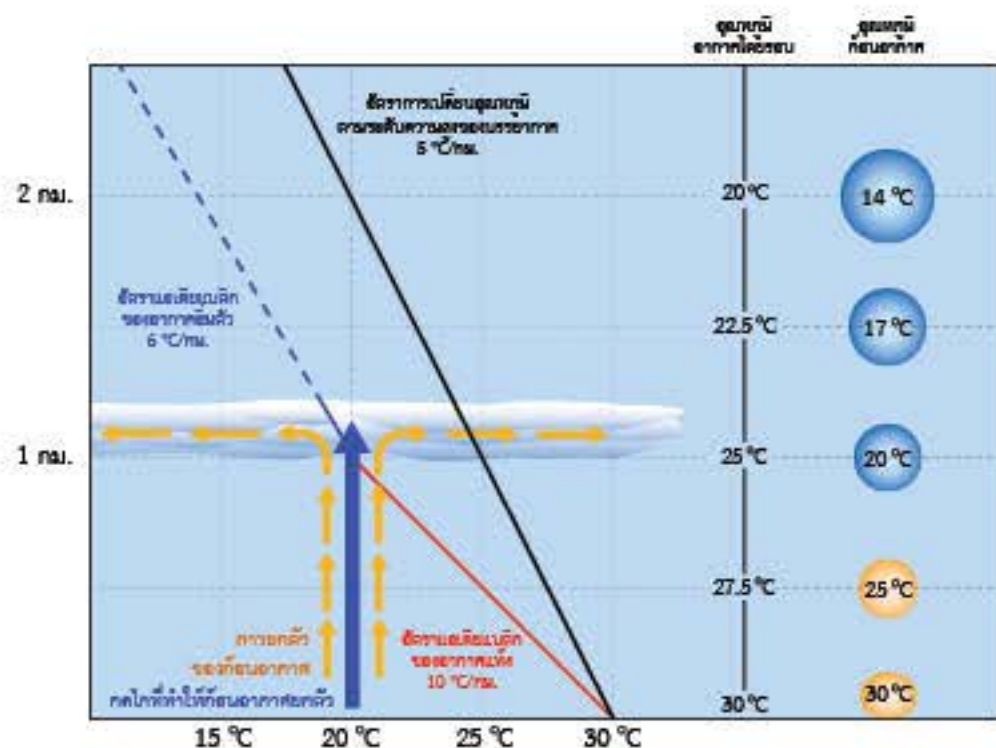
ความรู้เพิ่มเติม

ในการเกิดเมฆก้อน ถ้าก้อนอากาศยกตัวจนกระทั่งอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะทำให้อะอองน้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง และถ้ามีลมในระดับสูงที่พัดแรง จะทำให้ผลึกน้ำแข็งถูกพัดเป็นทางยาวทำให้เกิดเป็นเมฆริ้ว ดังรูป



10.3.2 กระบวนการเกิดเมฆแผ่น

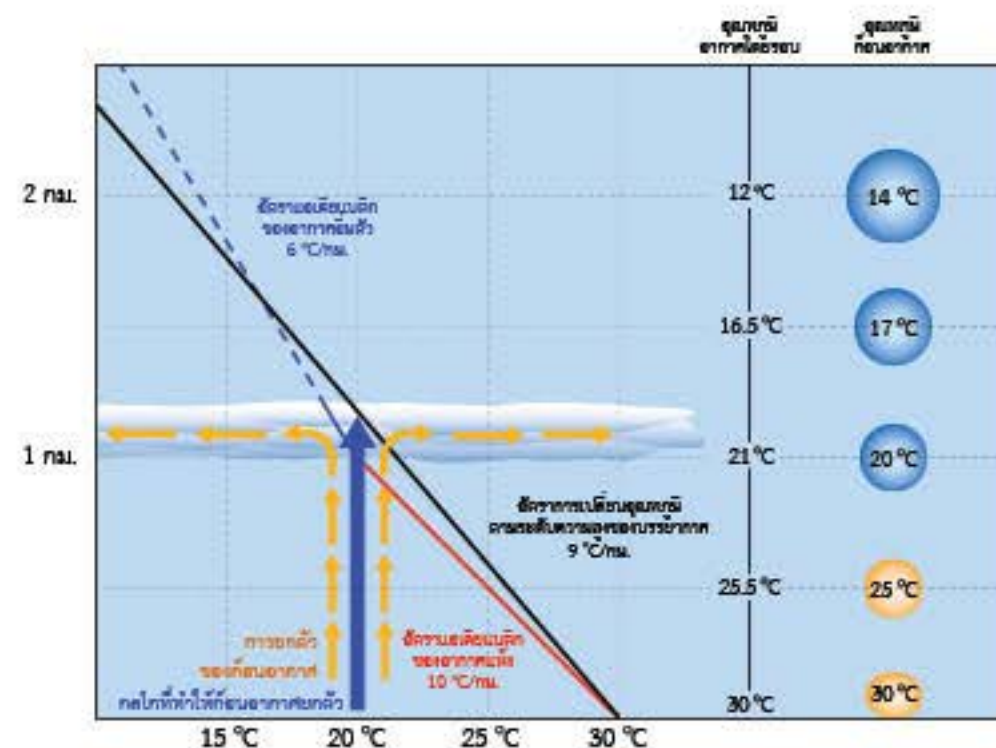
ก้อนอากาศที่กำลังยกตัวสูงขึ้นแต่ถูกภาวะของบรรยากาศยับยั้งจนไม่สามารถยกตัวขึ้นต่อไปได้ จะทำให้ก้อนอากาศแผ่ออกในแนวราบ และถ้าไอน้ำเกิดการควบแน่นจะทำให้เกิดเมฆที่มีลักษณะเป็นแผ่น เช่น เมฆสเตรตัส เมฆนิมโบสเตรตัส เมฆแผ่นเกิดขึ้นได้ทั้งในเสถียรภาพอากาศแบบภาวะทรงตัวสมบูรณ์และภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข หากพิจารณาในภาวะทรงตัวสมบูรณ์ ดังรูป 10.12 ก้อนอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบในทุกระดับความสูง ทำให้เกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ แต่ในช่วงความสูงตั้งแต่พื้นโลกถึง 1.2 กิโลเมตร มีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัวสูงขึ้นและเกิดการควบแน่นของไอน้ำ ที่ระดับความสูงมากกว่า 1.2 กิโลเมตร ก้อนอากาศไม่สามารถยกตัวขึ้นต่อไปได้เนื่องจากไม่มีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัว ทำให้ก้อนอากาศแผ่ออกในแนวราบเกิดเป็นเมฆแผ่น อย่างไรก็ตามก้อนอากาศที่แผ่ออกมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบ ส่งผลให้ก้อนอากาศจมตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิม ดังนั้นเมฆแผ่นที่เกิดขึ้นภายใต้ภาวะทรงตัวสมบูรณ์จึงคงตัวอยู่ได้ไม่นาน



รูป 10.12 การเกิดเมฆแผ่นในภาวะทรงตัวสัมบูรณ์

การเกิดเมฆแผ่นในภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไขคล้ายกับการเกิดเมฆแผ่นในภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ โดยจำเป็นต้องมีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัวจากนั้นจึงแผ่ตัวออกในแนวราบ ดังรูป 10.13 แต่เมฆแผ่นที่เกิดขึ้นในภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไขจะสามารถคงตัวอยู่ได้นานกว่าเนื่องจากก้อนอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบไม่มากนัก

ทั้งนี้ หากในช่วงที่เกิดภาวะทรงตัวสัมบูรณ์หรือภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไขไม่มีกลไกช่วยให้ก้อนอากาศยกตัว ก้อนอากาศจะไม่สามารถยกตัวขึ้นได้ทำให้ไม่เกิดเมฆ ท้องฟ้าจึงปลอดโปร่ง ตัวอย่างเช่น ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทยมักเกิดภาวะทรงตัวสัมบูรณ์จึงมักพบท้องฟ้าปลอดโปร่ง



รูป 10.13 การเกิดเมฆแผ่นในภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข



ตรวจสอบความเข้าใจ

เมฆแผ่นจะเกิดในภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศได้อย่างไร

สำหรับภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง มักเกิดขึ้นในบางช่วงความสูงและเกิดเป็นระยะเวลาลั้น ๆ ในช่วงที่ดวงอาทิตย์กำลังขึ้นจากขอบฟ้าหรือลับจากขอบฟ้า ซึ่งเป็นช่วงที่เสถียรภาพอากาศกำลังเปลี่ยนจากแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบหนึ่ง ดังนั้นเมฆที่พบในภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลางจึงเป็นเมฆที่กำลังเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามเสถียรภาพอากาศในขณะนั้น

การเกิดเมฆขึ้นอยู่กับเสถียรภาพอากาศที่จะส่งเสริมหรือยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศให้ไปสู่ระดับความสูงต่าง ๆ และการที่ก้อนอากาศจะยกตัวต่อไปและเกิดเป็นเมฆแบบต่าง ๆ นั้น จะต้องมีกลไกบางอย่างที่ส่งเสริมการยกตัวของอากาศ กลไกดังกล่าวมีอะไรบ้าง ให้ศึกษาจากหัวข้อต่อไป



ความรู้เพิ่มเติม

ช่วงเช้ามีหมอกในตอนเช้าของประเทศไทยมักเกิดภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ เนื่องจากอากาศใกล้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิต่ำสุดในรอบวัน จึงเกิดภาวะยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศ และถ้าอากาศใกล้พื้นผิวโลกมีความชื้นสัมพัทธ์ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ไอน้ำในอากาศจะควบแน่นทำให้เกิดเป็นชั้นหมอกปกคลุมพื้นผิวบริเวณนั้น หลังจากนั้นในช่วงสายเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ละอองน้ำระเหยกลับเป็นไอน้ำ ส่งผลให้หมอกสลายไปในที่สุด

นอกจากนี้ ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงลมสงบ ทำให้การถ่ายเทของอากาศเกิดขึ้นได้น้อยลง ละอองลอยต่าง ๆ จึงสะสมในอากาศเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดเหตุการณ์ฟ้าหัลว (haze) ซึ่งมักพบในตอนเช้า จากรูปเป็นเหตุการณ์ฟ้าหัลวบริเวณกรุงเทพมหานคร ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

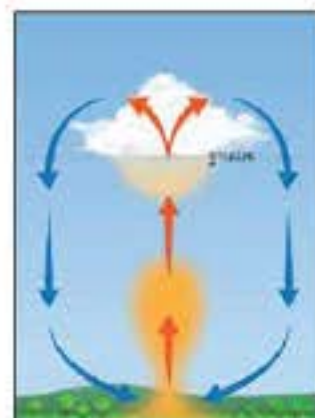


10.4 กลไกการยกตัวของอากาศและการเกิดเมฆ

เมฆเกิดขึ้นเมื่ออากาศยกตัวจนกระทั่งไอน้ำในอากาศควบแน่นเป็นละอองน้ำ ซึ่งการยกตัวของอากาศในธรรมชาติมีกลไกต่าง ๆ เข้ามากระตุ้นหรือเสริมการยกตัวของอากาศ ได้แก่ การพาความร้อน ลักษณะภูมิประเทศ การถูเข้าหากันของอากาศ และแนวปะทะอากาศ โดยแต่ละกลไกทำให้เกิดการยกตัวของอากาศแตกต่างกันและทำให้เกิดเมฆรูปร่างต่างกัน ดังนี้

10.4.1 การพาความร้อน

พื้นผิวโลกบางบริเวณดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ความร้อนจากพื้นผิวโลกจะถูกถ่ายโอนมายังอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวบริเวณนั้น อากาศจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบและเกิดการยกตัว อากาศที่ยกตัวสูงขึ้นจะเกิดการขยายตัวพร้อมกับมีอุณหภูมิลดลงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ ไอน้ำจะควบแน่นเป็นละอองน้ำทำให้เกิดเป็นเมฆก่อน เช่น เมฆคิวมูลัส หลังจากนั้น ที่บริเวณขอบของก้อนเมฆจะเกิดการระเหยของละอองน้ำ ทำให้เกิดการดูดกลืนความร้อนจากอากาศโดยรอบก้อนเมฆ ส่งผลให้อากาศบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลงและจมตัวลงด้านล่างไปแทนที่อากาศที่ยกตัวขึ้น ดังรูป 10.14



รูป 10.14 การพาความร้อนที่ทำให้เกิดเมฆคิวมูลัส



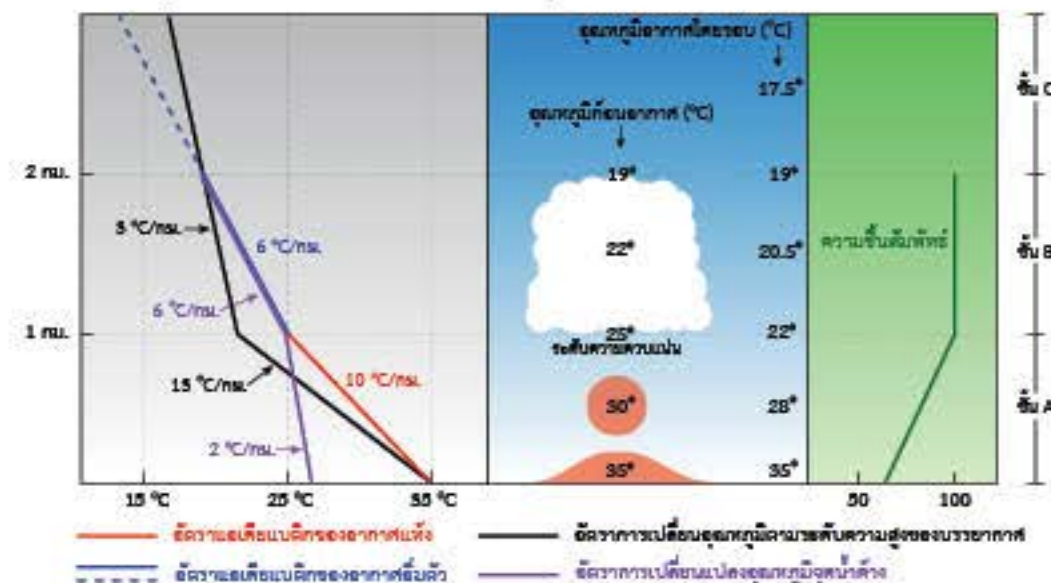
ตรวจสอบความเข้าใจ

ระหว่างพื้นที่เมืองและพื้นที่ป่า พื้นที่ใดมีโอกาสเกิดเมฆเนื่องจากการพาความร้อนได้มากกว่า เพราะเหตุใด

เมฆก้อนขนาดเล็กอาจพัฒนาตัวจนกลายเป็นเมฆก้อนขนาดใหญ่ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองที่รุนแรง ดังนั้นหากคาดการณ์ได้ว่าเมฆก้อนที่เกิดขึ้นจะพัฒนาตัวได้เพียงใดจึงเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์อย่างมาก

การประเมินขนาดของเมฆก้อนในเบื้องต้นสามารถทำได้โดยระบุระดับความสูงที่เป็นฐานเมฆและยอดเมฆ ตัวอย่างเช่น รูป 10.15 ในชั้น A เกิดภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ทำให้อากาศแห้งยกตัวสูงขึ้นได้ เมื่อก้อนอากาศแห้งยกตัวถึงความสูง 1 กิโลเมตร อุณหภูมิก้อนอากาศเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 100 เปอร์เซ็นต์) ไอน้ำจึงเริ่มควบแน่นเป็นละอองน้ำ เรียกระดับความสูงที่ไอน้ำเริ่มควบแน่นว่า ระดับความควบแน่น (condensation level) หรือระดับฐานเมฆ

ต่อมาในชั้น B ยังคงเกิดภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ และอุณหภูมิก้อนอากาศยังคงเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างในทุกระดับความสูง (ความชื้นสัมพัทธ์ยังคงมีค่า 100 เปอร์เซ็นต์) ทำให้เมฆพัฒนาตัวต่อไปได้ จากนั้นในชั้น C ซึ่งมีระดับความสูงมากกว่า 2 กิโลเมตร เกิดภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ ซึ่งหากก้อนอากาศยังคงยกตัวต่อไป อุณหภูมิก้อนอากาศจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ดังนั้นที่ความสูง 2 กิโลเมตร จึงเป็นระดับสิ้นสุดของการยกตัว ยอดเมฆจึงมีความสูง 2 กิโลเมตร



รูป 10.15 การเปลี่ยนแปลงตามความสูงของอุณหภูมิอากาศโดยรอบ อุณหภูมิก้อนอากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และความชื้นสัมพัทธ์ ที่สัมพันธ์กับความสูงของฐานเมฆและยอดเมฆ



ตรวจสอบความเข้าใจ

จากรูป 10.15 หากกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศที่ความสูงตั้งแต่ 1 กิโลเมตรขึ้นไป มีค่า 4.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ยอดเมฆมีความสูงเท่าใด

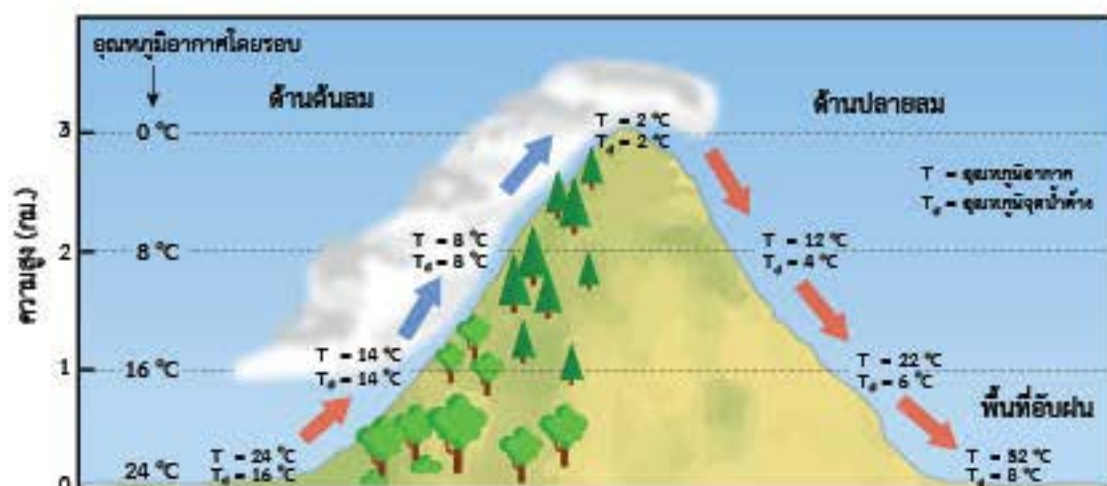


ความรู้เพิ่มเติม

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำในอากาศในขณะนั้น ๆ เริ่มควบแน่นเป็นละอองน้ำ โดยความกดอากาศยังคงเท่าเดิม

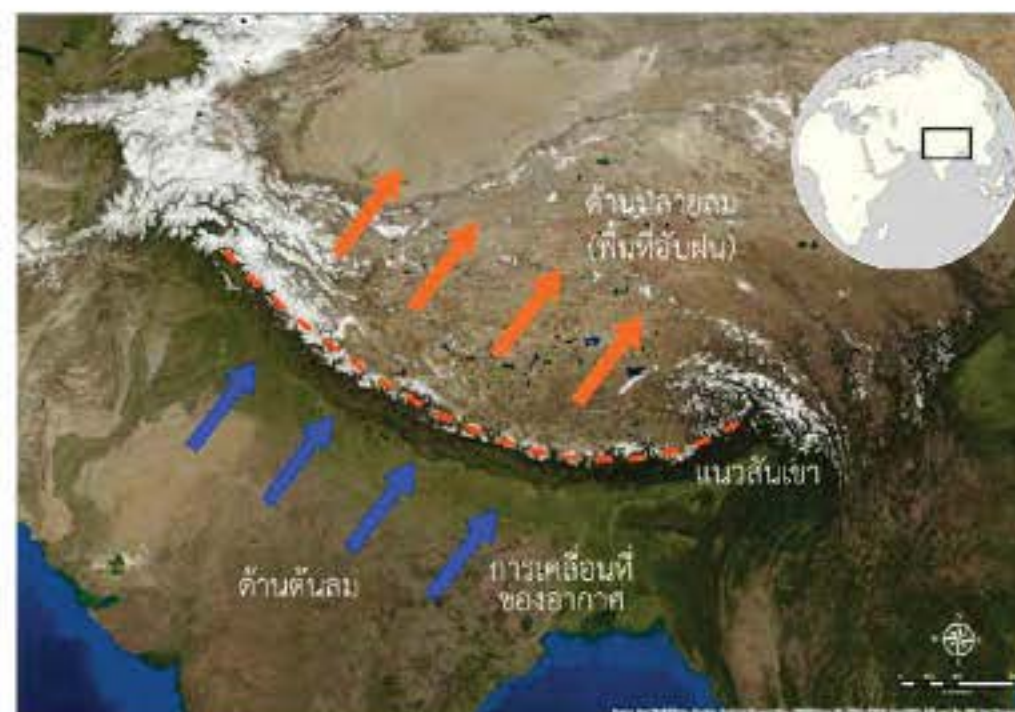
10.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ (topography)

อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวราบเมื่อปะทะเข้ากับแนวสันเขาจะถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นและอาจเกิดเป็นเมฆ ตัวอย่างเช่นในรูป 10.16 อากาศบริเวณเชิงเขาที่อยู่ด้านต้นลม (windward) มีอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิจุดน้ำค้าง 16 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศเคลื่อนที่เข้าปะทะกับแนวสันเขาและยกตัวขึ้นถึงระดับความสูง 1 กิโลเมตร อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิจุดน้ำค้างจะเท่ากันที่ 14 องศาเซลเซียส ไอน้ำจึงเริ่มควบแน่นเป็นละอองน้ำทำให้เกิดเมฆและหยาดน้ำฟ้า หลังจากนั้นเมื่ออากาศเคลื่อนที่ถึงยอดเขาอุณหภูมิอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบทำให้อากาศสามารถยกตัวขึ้นต่อไปได้อีกยอดเมฆจึงสูงขึ้นได้เรื่อย ๆ



รูป 10.16 การเกิดเมฆเนื่องจากแนวสันเขาและการเกิดพื้นที่อับฝน

ในทางกลับกัน หากอากาศถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่ต่ำลง อุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างทำให้ละอองน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำจนหมด อุณหภูมิอากาศจึงเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเอเดียแบติกของอากาศแห้ง เมื่ออากาศเคลื่อนที่ลงมาถึงเชิงเขาที่อยู่ด้านปลายลม (leeward) อากาศจะมีอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณเชิงเขาที่อยู่ด้านต้นลม ประกอบกับไอน้ำส่วนใหญ่ในอากาศควบแน่นเป็นเมฆและเกิดหยาดน้ำฟ้าด้านต้นลม ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่มายังเชิงเขาด้านปลายลมนั้นมีปริมาณไอน้ำน้อยกว่าเดิม ส่งผลให้พื้นที่บริเวณนี้มีโอกาสได้รับหยาดน้ำฟ้าน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ จึงเกิดเป็นลักษณะที่เรียกว่า พื้นที่อับฝน (rain shadow) ดังรูป 10.17 ซึ่งอาจเกิดความแห้งแล้งจนกลายเป็นทะเลทราย



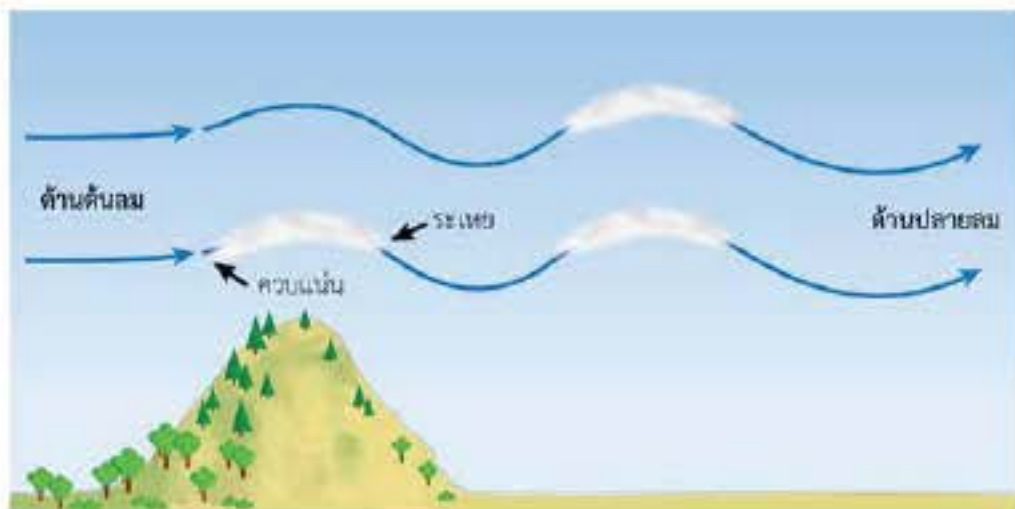
รูป 10.17 พื้นที่อับฝนบริเวณที่ราบสูงทิเบต



ตรวจสอบความเข้าใจ

เพราะเหตุใด อากาศบริเวณเชิงเขาด้านปลายลมนจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านต้นลม

อย่างไรก็ตาม เมฆที่เกิดจากแนวสันเขาอาจเกิดขึ้นครอบคลุมทั้งด้านต้นลมและด้านปลายลม โดยถ้าอากาศที่เคลื่อนปะทะกับแนวสันเขาเป็นอากาศที่อยู่ในภาวะทรงตัวสมบูรณ์จะทำให้อากาศด้านปลายลมเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นคลื่นดังรูป 10.18 เมื่ออากาศเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงระดับความควบแน่น ไอน้ำก็จะควบแน่นเป็นละอองน้ำ และเมื่ออากาศเคลื่อนที่ลงต่ำกว่าระดับความควบแน่น ละอองน้ำก็จะระเหยกลับเป็นไอน้ำ ส่งผลให้เกิดเมฆก้อนที่มีลักษณะคล้ายกับจานบินหรือที่เรียกกันว่า เมฆรูปเลนส์ (lenticular cloud) ดังรูป 10.19



รูป 10.18 การเกิดเมฆรูปเลนส์

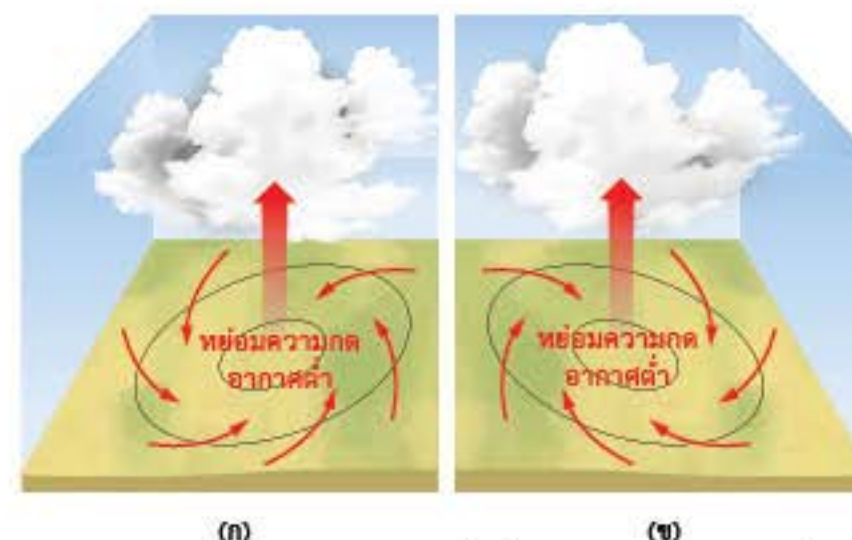


รูป 10.19 เมฆรูปเลนส์

10.4.3 การลู่เข้าหากันของอากาศ (convergence of air)

การลู่เข้าหากันของอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลให้อากาศยกตัวและเกิดเป็นเมฆ โดยเมฆที่เกิดขึ้นมักเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัสซึ่งทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง การลู่เข้าหากันของอากาศมักเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้างส่งผลให้เมฆที่เกิดขึ้นปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างตามไปด้วย การลู่เข้าหากันของอากาศเกิดขึ้นได้หลายกรณี ดังนี้

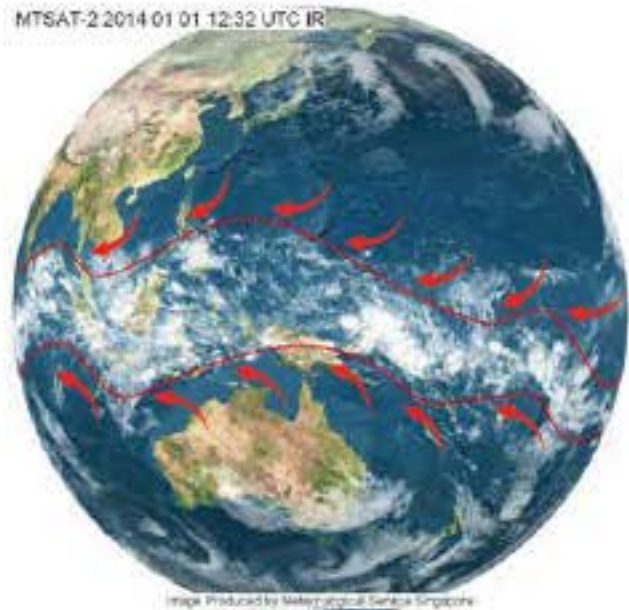
1) การเคลื่อนที่เข้าหากันของอากาศรอบหย่อมความกดอากาศต่ำทำให้อากาศที่อยู่ตรงกลางยกตัวขึ้นเกิดเป็นเมฆ ดังรูป 10.20



รูป 10.20 การลู่เข้าหากันของอากาศที่เกิดขึ้นรอบหย่อมความกดอากาศต่ำ
(ก) บริเวณซีกโลกเหนือ และ (ข) บริเวณซีกโลกใต้

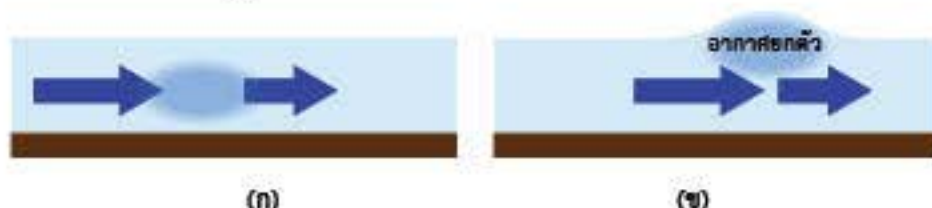
2) การลู่เข้าหากันของอากาศบริเวณร่องความกดอากาศต่ำ เกิดจากลมค้าจากซีกโลกเหนือพัดเข้าสู่ร่องความกดอากาศต่ำจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือและลมค้าจากซีกโลกใต้พัดเข้าสู่ร่องความกดอากาศต่ำจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ ดังรูป 10.21 ส่งผลให้ตลอดแนวร่องความกดอากาศต่ำเกิดการลู่เข้าหากันของอากาศ ทำให้เกิดแถบเมฆยาวตลอดแนวร่องความกดอากาศต่ำ ร่องความกดอากาศต่ำนี้จะพาดผ่านประเทศไทยในช่วงเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนกันยายน ทำให้เกิดฝนตกอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาดังกล่าว

MTSAT-2 2014 01 01 12:32 UTC IR



รูป 10.21 แถบเมฆที่เกิดจากการลู่เข้าหากันของอากาศบริเวณร่องความกดอากาศต่ำในแถบศูนย์สูตร

3) การลู่เข้าหากันของอากาศเนื่องจากอัตราเร็วลมที่ต่างกัน เกิดจากลมที่พัดอยู่ด้านหน้ามีอัตราเร็วน้อยกว่าลมที่พัดอยู่ด้านหลัง ดังรูป 10.22 (ก) จะส่งผลให้อากาศที่อยู่ด้านหลังเคลื่อนที่เข้าหาอากาศที่อยู่ด้านหน้า อากาศที่อยู่ตรงกลางจึงถูกดันให้อยู่ตัวสูงขึ้น ดังรูป 10.22 (ข) ในทางกลับกัน หากลมที่พัดอยู่ด้านหน้ามีอัตราเร็วกว่าลมที่พัดอยู่ด้านหลัง อากาศที่อยู่ด้านหน้าจะแผ่ออกในแนวราบทำให้อากาศที่อยู่สูงขึ้นไปมีโอกาสจมตัวลงด้านล่าง



รูป 10.22 แสดงการยกตัวของอากาศเนื่องจากอัตราเร็วลมที่แตกต่างกัน โดย (ก) ลมที่พัดอยู่ด้านหลังมีอัตราเร็วกว่าลมที่พัดอยู่ด้านหน้า และ (ข) ลมที่พัดอยู่ด้านหลังพัดเข้าหาลมที่พัดอยู่ด้านหน้าทำให้อากาศที่อยู่ตรงกลางถูกดันให้อยู่ตัวขึ้น



ตรวจสอบความเข้าใจ

การลู่เข้าหากันของอากาศใกล้พื้นผิวโลกเกิดขึ้นในลักษณะใดบ้าง และทำให้เกิดเมฆได้อย่างไร

*คำว่า การลู่เข้าหากันของอากาศเป็นคำที่มีความเดียวกับคำว่า แนวพัดลอบของลม

10.4.4 แนวปะทะอากาศ (front)

แนวปะทะอากาศเป็นอีกกลไกหนึ่งซึ่งช่วยให้อากาศยกตัวและเกิดเมฆครอบคลุมพื้นที่เป็นแนวยาวได้หลายร้อยกิโลเมตร แนวปะทะอากาศทำให้เกิดเมฆได้หลายชนิดทั้งเมฆก้อนและเมฆแผ่น ซึ่งส่งผลให้เกิดสภาพลมฟ้าอากาศแตกต่างกันไป นอกจากนี้ นักอุตุนิยมวิทยายังใช้ความรู้เกี่ยวกับแนวปะทะอากาศช่วยในการพยากรณ์อากาศอีกด้วย แนวปะทะอากาศเกิดขึ้นได้อย่างไรนักเรียนสามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 10.3



กิจกรรม 10.3 แบบจำลองแนวปะทะอากาศ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการเกิดและลักษณะของแนวปะทะอากาศโดยใช้แบบจำลอง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|---------|
| 1. ก่อ่งพลาสติกใส ขนาด กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร | 1 ก่อ่ง |
| 2. ขวดพลาสติกใส ขนาด 600 มิลลิลิตร | 2 ขวด |
| 3. บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร | 2 ใบ |
| 4. ปากกาเขียนแผ่นใส | 1 ด้าม |
| 5. ไม้บรรทัด | 1 อัน |
| 6. ไม้เสียบลูกชิ้น | 2 อัน |
| 7. ดินน้ำมัน | 1 ก้อน |
| 8. ข้อนตักสารเบอร์ 1 | 1 อัน |
| 9. น้ำอุณหภูมิห้อง | 2 ลิตร |
| 10. เกลือ (ถุงเล็ก) | 1 ถุง |
| 11. สีส้มอาหารสีแดง | 1 ขวด |
| 12. สีส้มอาหารสีฟ้า | 1 ขวด |

วิธีการทำกิจกรรม

- เตรียมชุดอุปกรณ์ โดย
 - ขีดเส้นระดับน้ำบนก่อก่อ่งพลาสติกใส โดยให้อยู่ต่ำกว่าขอบด้านบนของก่อก่อ่ง 1 เซนติเมตร
 - ใช้รูปเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร ที่ขวดน้ำทั้ง 2 ขวด ขวดละ 2 ตำแหน่ง โดยให้ตำแหน่งแรกอยู่สูงจากก้นขวด 1 เซนติเมตร และตำแหน่งที่สองอยู่สูงจากก้นขวด 4 เซนติเมตร ดังรูป



1.3 ใช้ดินน้ำมันอุดรูบนขวดน้ำทั้งสองใบ จากนั้นนำไปวางไว้ในกล่องโดยใช้ดินน้ำมันช่วยยึดกันขวดให้แน่น ดังรูป



2. เตรียมสารละลาย 2 ชนิด ดังนี้

- 2.1 สารละลายชนิดที่ 1 เทน้ำ 350 มิลลิลิตรลงในปิกรเกอร์ หยดสีผสมอาหารสีแดงจำนวน 10 หยด จากนั้นคนให้เข้ากัน
- 2.2 สารละลายชนิดที่ 2 เทน้ำ 350 มิลลิลิตรลงในปิกรเกอร์ หยดสีผสมอาหารสีฟ้าจำนวน 10 หยด และเกลือประมาณครึ่งช้อนตักสารเบอร์ 1 คนให้เข้ากันจนกระทั่งเกลือละลาย

3. เทสารละลายชนิดที่ 1 ลงในขวดด้านซ้าย และเทสารละลายชนิดที่ 2 ลงในขวดด้านขวา โดยให้ระดับของสารละลายของทั้งสองขวดอยู่ในระดับเดียวกับเส้นระดับน้ำที่ทำไว้ จากนั้นตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีสารละลายรั่วออกมาจากขวด



4. เทน้ำลงในกล่องพลาสติกโดยให้ระดับน้ำอยู่ในระดับเดียวกับเส้นระดับน้ำที่ทำไว้ จากนั้นวางทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำในกล่องนิ่ง
5. ใช้ไม้เสียบลูกชิ้นค่อย ๆ เชี่ยดินน้ำมันที่อุดรูออกพร้อม ๆ กันทั้งหมด จากนั้นสังเกตบริเวณที่สารละลายเคลื่อนที่เข้าหากันเป็นเวลาประมาณ 3 นาที ทั้งนี้ให้สังเกตจากทางด้านข้างของชุดการทดลอง บันทึกผล
6. สรุปและอภิปรายลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายจากขวดทั้งสองใบ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายในแบบจำลองเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
2. อากาศมีการเคลื่อนที่ในลักษณะเดียวกันกับสารละลายในแบบจำลองหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมจะพบว่า เมื่อสารละลายจากขวดทั้งสองใบไหลออกมาปะทะกัน จะเกิดเป็นขอบเขตระหว่างสารละลายทั้งสอง สังเกตได้จากสีของสารละลายที่ยังคงแยกกัน

ในธรรมชาติ อากาศมีการเคลื่อนที่คล้ายกับสารละลายในแบบจำลองเช่นกัน เมื่ออากาศที่มีความหนาแน่นต่างกันเคลื่อนที่เข้าหากัน อากาศที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะดันให้อากาศที่มีความหนาแน่นน้อยกว่ายกตัวขึ้นด้านบน

เมื่อกลุ่มก้อนของอากาศขนาดใหญ่ที่เรียกว่า มวลอากาศ (air-mass) ซึ่งมีสมบัติที่แตกต่างกันเคลื่อนที่เข้าหากันทำให้เกิดขอบเขตของอากาศที่เรียกว่า แนวปะทะอากาศ โดยปกติมวลอากาศปกคลุมพื้นที่ได้หลายพันตารางกิโลเมตร ดังนั้นแนวปะทะอากาศจึงมีความยาวได้หลายร้อยกิโลเมตร โดยส่วนใหญ่สมบัติของมวลอากาศที่เคลื่อนที่ปะทะกันจนทำให้เกิดแนวปะทะอากาศนั้นเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันของมวลอากาศ แนวปะทะอากาศมีลักษณะแตกต่างกัน 4 ชนิด ดังนี้



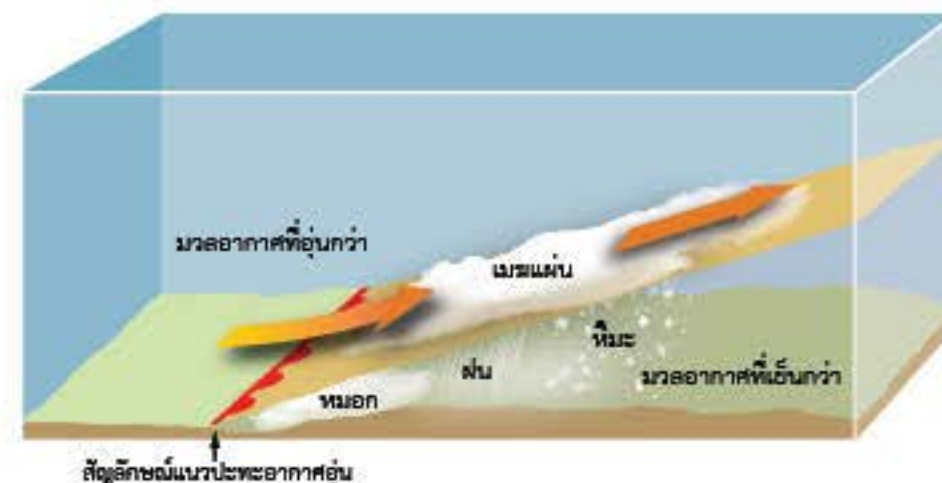
ความรู้เพิ่มเติม

มวลอากาศ หมายถึง อากาศในบริเวณกว้างซึ่งมีสมบัติคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้น สมบัติของมวลอากาศขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดมวลอากาศนั้น เช่น มหาสมุทรในแถบขั้วโลกจะทำให้เกิดมวลอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูง พื้นที่ทวีปในเขตร้อนจะทำให้เกิดมวลอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ

1) แนวปะทะอากาศอุ่น (warm front) เกิดจากมวลอากาศที่อุ่นกว่าเคลื่อนที่เข้าปะทะมวลอากาศที่เย็นกว่า โดยมวลอากาศที่เย็นกว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าจึงจมตัวอยู่ด้านล่าง ในขณะที่มวลอากาศที่อุ่นกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าจึงยกตัวสูงขึ้นตามแนวรอยต่อของมวลอากาศอย่างช้า ๆ ทำให้เกิดเมฆแผ่น นักอุตุนิยมวิทยากำหนดสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศอุ่นโดยใช้เส้นสีแดงมีครึ่งวงกลมหันไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศอุ่น ดังรูป 10.23 โดยสัญลักษณ์นี้แสดงตำแหน่งรอยต่อของมวลอากาศที่อยู่เหนือพื้นผิวโลก ดังรูป 10.24



รูป 10.23 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแนวปะทะอากาศอุ่น



รูป 10.24 ลักษณะและการเกิดแนวปะทะอากาศอุ่น

บริเวณที่แนวปะทะอากาศอุ่นเคลื่อนผ่านมักจะมีเมฆ ฝนตกห่า ๆ หรือหิมะ เป็นบริเวณกว้าง และเป็นเวลานาน เมื่อแนวปะทะอากาศอุ่นเคลื่อนที่ผ่านไปความกดอากาศจะลดลงและอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากมวลอากาศที่อุ่นกว่าเคลื่อนเข้ามาแทนที่



ตรวจสอบความเข้าใจ

ในขณะที่เกิดแนวปะทะอากาศอุ่น มวลอากาศมีการเคลื่อนที่อย่างไร และส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไรบ้าง

2) แนวปะทะอากาศเย็น (cold front) เกิดจากมวลอากาศที่เย็นกว่าเคลื่อนที่เข้าปะทะมวลอากาศที่อุ่นกว่า โดยมวลอากาศที่เย็นกว่าดันให้มวลอากาศที่อุ่นกว่ายกตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดเมฆก้อน นักอุตุนิยมวิทยากำหนดสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศเย็นโดยใช้เส้นสีน้ำเงินมีสามเหลี่ยมหันไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศเย็น ดังรูป 10.25 โดยสัญลักษณ์นี้แสดงตำแหน่งรอยต่อของมวลอากาศที่อยู่เหนือพื้นผิวโลก ดังรูป 10.26



รูป 10.25 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแนวปะทะอากาศเย็น

ด้านหน้าของแนวปะทะอากาศเย็นอาจพบเมฆคิวหรือเมฆแผ่นในระดับสูง ซึ่งเป็นเกล็ดน้ำแข็ง บริเวณยอดของเมฆคิวโมลิมบัสที่ถูกลมชั้นบนพัดให้กระจายตัวออกมา บริเวณแนวปะทะอากาศเย็นมีสภาพลมฟ้าอากาศแปรปรวน เกิดฝนตกหนักในบางพื้นที่ หรืออาจเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง เมื่อแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ผ่านไปความกดอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากมวลอากาศที่เย็นกว่าเคลื่อนเข้ามาแทนที่ ดังรูป 10.26



รูป 10.26 ลักษณะและการเกิดแนวปะทะอากาศเย็น



ตรวจสอบความเข้าใจ

ในขณะที่เกิดแนวปะทะอากาศเย็น มวลอากาศมีการเคลื่อนที่อย่างไร และส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไรบ้าง

3) แนวปะทะอากาศคงที่ (stationary front) เกิดจากมวลอากาศที่อุ่นกว่าและมวลอากาศที่เย็นกว่าเคลื่อนเข้าปะทะกัน แล้วมวลอากาศทั้งสองเคลื่อนที่เข้ามาหรือเกือบไม่เคลื่อนที่เลย นักอุตุนิยมวิทยา กำหนดสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศคงที่โดยใช้เส้นสีแดงมีครึ่งวงกลมสลับกับเส้นสีน้ำเงินมีสามเหลี่ยม โดยครึ่งวงกลมหันไปทางด้านมวลอากาศที่เย็นกว่าและสามเหลี่ยมหันทางด้านมวลอากาศที่อุ่นกว่า ดังรูป 10.27



รูป 10.27 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแนวปะทะอากาศคงที่

บริเวณที่เกิดแนวปะทะอากาศคงที่จะมีสภาพลมฟ้าอากาศแตกต่างกันตามสมบัติของมวลอากาศที่มาปะทะกัน หากมวลอากาศทั้งสองมีความชื้นต่ำ ท้องฟ้ามักปลอดโปร่ง แต่ส่วนใหญ่มีเมฆแผ่นคล้ายที่เกิดในแนวปะทะอากาศอุ่น ซึ่งในกรณีหลังมีโอกาสเกิดฝนหรือหิมะตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน แนวปะทะอากาศคงที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หากมวลอากาศหนึ่งมีการเคลื่อนที่เข้าหาอีกมวลอากาศหนึ่ง โดยชนิดของแนวปะทะอากาศขึ้นอยู่กับสมบัติของมวลอากาศที่มีการเคลื่อนที่



ตรวจสอบความเข้าใจ

ในขณะที่เกิดแนวปะทะอากาศคงที่มวลอากาศมีการเคลื่อนที่อย่างไร และส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไรบ้าง

4) แนวปะทะอากาศรวม (occluded front) เกิดจากแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้าหาแนวปะทะอากาศอุ่นแล้วดันให้มวลอากาศที่อยู่ตรงกลางซึ่งอุ่นกว่ายกตัวขึ้น นักอุตุนิยมวิทยา กำหนดสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศรวมโดยใช้เส้นสีม่วงมีสามเหลี่ยมสลับกับครึ่งวงกลมหันไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศรวม ดังรูป 10.28 โดยสัญลักษณ์นี้แสดงตำแหน่งรอยต่อของมวลอากาศที่อยู่เหนือพื้นผิวโลก ดังรูป 10.29



รูป 10.28 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแนวปะทะอากาศรวม

สภาพลมฟ้าอากาศที่เกิดจากแนวปะทะอากาศรวมจะคล้ายกับสภาพลมฟ้าอากาศที่เกิดจากแนวปะทะอากาศอุ่นและแนวปะทะอากาศเย็นรวมกัน โดยด้านหน้าของแนวปะทะอากาศรวมพบสภาพลมฟ้าอากาศเช่นเดียวกับแนวปะทะอากาศอุ่น และด้านหลังของแนวปะทะอากาศรวมพบสภาพลมฟ้าอากาศเช่นเดียวกับแนวปะทะอากาศเย็น



รูป 10.29 ลักษณะและการเกิดแนวปะทะอากาศรวม

ในประเทศไทยไม่เกิดแนวปะทะอากาศเนื่องจากมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนเมื่อเคลื่อนที่มายังประเทศไทยจะค่อย ๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้มวลอากาศนั้นมีอุณหภูมิไม่แตกต่างจากมวลอากาศที่ปกคลุมประเทศไทยมากนัก จึงไม่เกิดแนวปะทะอากาศ



ตรวจสอบความเข้าใจ

ในขณะที่เกิดแนวปะทะอากาศรวม มวลอากาศมีการเคลื่อนที่อย่างไร และส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศอย่างไรบ้าง



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

- อุณหภูมิก่อนอากาศที่เกิดการยกตัวหรือจมตัวจะเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราแอดิเอแบติก โดยอุณหภูมิก่อนอากาศแห้งจะเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราแอดิเอแบติกของอากาศแห้งซึ่งมีค่า 10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร และอุณหภูมิก่อนอากาศอัมตัวจะเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราแอดิเอแบติกของอากาศอัมตัวซึ่งมีค่า 6 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร
- อุณหภูมิอากาศโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงตามความสูง เรียกว่า อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามระดับความสูงของบรรยากาศ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละช่วงเวลาหรือในแต่ละระดับความสูง
- เสถียรภาพอากาศ คือ ภาวะของบรรยากาศที่ยับยั้งหรือส่งเสริมการเคลื่อนที่ของก้อนอากาศ จำแนกได้ 4 ชนิด ได้แก่ ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข และภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง
- ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ เป็นภาวะที่เกิดการยับยั้งการยกตัวของทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัว ในภาวะนี้ท้องฟ้ามักจะปลอดโปร่งหรืออาจเกิดเมฆแผ่น
- ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ เป็นภาวะที่เกิดการส่งเสริมการยกตัวของทั้งก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัว ในภาวะนี้มักจะเกิดเมฆก้อน
- ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข เป็นภาวะที่ส่งเสริมการยกตัวของก้อนอากาศอัมตัว แต่ยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้ง ในภาวะนี้อาจเกิดเมฆก้อนหรือเมฆแผ่น
- ภาวะทรงตัวอย่างเป็นกลาง เป็นภาวะที่ไม่เกิดทั้งการส่งเสริมและการยับยั้งการยกตัวของก้อนอากาศแห้งและก้อนอากาศอัมตัว
- ในธรรมชาติมีกลไกที่ช่วยกระตุ้นหรือส่งเสริมการยกตัวของอากาศ ได้แก่ การพาความร้อน การถูเข้าหากันของอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ และแนวปะทะอากาศ
- พื้นผิวโลกบริเวณที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีทำให้มีอุณหภูมิสูงจึงถ่ายโอนความร้อนไปยังอากาศเหนือพื้นผิวโลกบริเวณนั้น เมื่ออากาศบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ จะเกิดการยกตัวขึ้นและเกิดเป็นเมฆ
- อากาศที่เคลื่อนที่ถูเข้าหากันจะส่งผลให้อากาศที่อยู่ตรงกลางยกตัวขึ้นเกิดเป็นเมฆ เช่น การถูเข้ากันของอากาศรอบห่อลมความกดอากาศต่ำ การถูเข้าหากันของอากาศบริเวณร่องความกดอากาศต่ำ
- อากาศที่เคลื่อนที่เข้าปะทะกับแนวสันเขาจะถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นเมฆ

- การเคลื่อนที่เข้าปะทะกันของมวลอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน ส่งผลให้มวลอากาศที่อุ่นกว่า ยกตัวสูงและเกิดเมฆ แนวปะทะอากาศมี 4 ชนิด ได้แก่ แนวปะทะอากาศอุ่น แนวปะทะอากาศเย็น แนวปะทะอากาศคงที่ และแนวปะทะอากาศรวม โดยแนวปะทะอากาศแต่ละชนิดส่งผลให้เกิดสภาพลมฟ้าอากาศแตกต่างกันและเกิดเมฆที่มีรูปร่างแตกต่างกัน



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จากข้อมูลอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่กำหนดให้ ให้นักเรียนระบุการเคลื่อนที่ของอากาศ



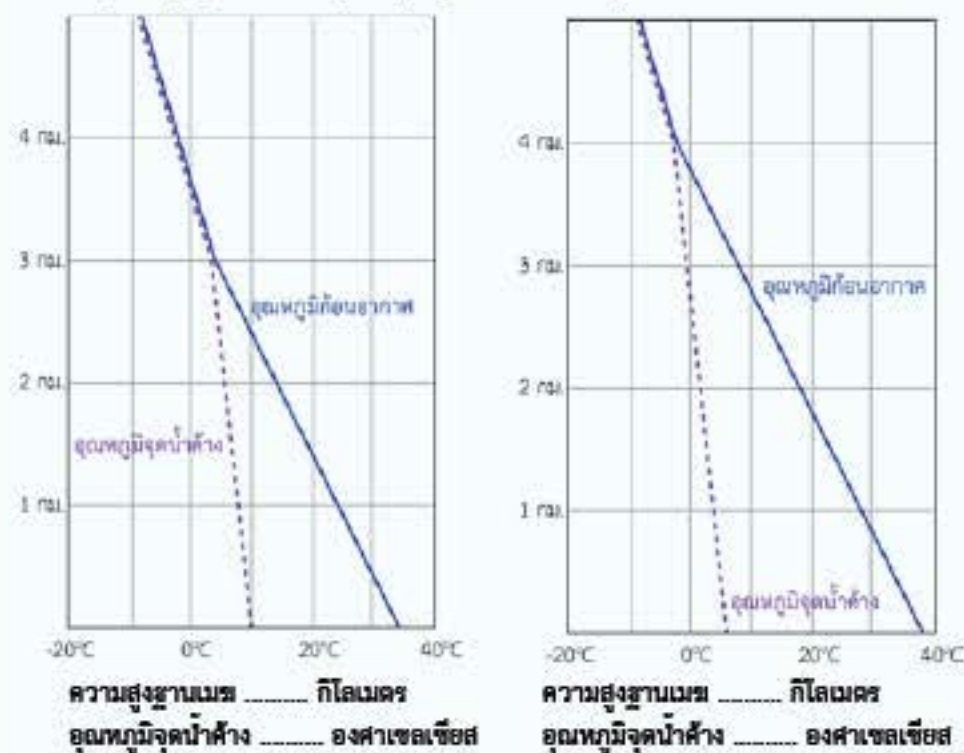
- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ ยกตัว | ☐ ยกตัว | ☐ ยกตัว |
| ☐ อยู่กับที่ | ☐ อยู่กับที่ | ☐ อยู่กับที่ |
| ☐ จมตัว | ☐ จมตัว | ☐ จมตัว |

2. ระบุเสถียรภาพอากาศจากเมฆที่กำหนด

เมฆ	เสถียรภาพอากาศ
	☐ ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข

	☐ ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข
	☐ ภาวะทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวสัมบูรณ์ ☐ ภาวะไม่ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข

3. ระบุความสูงฐานเมฆและอุณหภูมิจุดน้ำค้างบริเวณฐานเมฆจากกราฟที่กำหนดให้



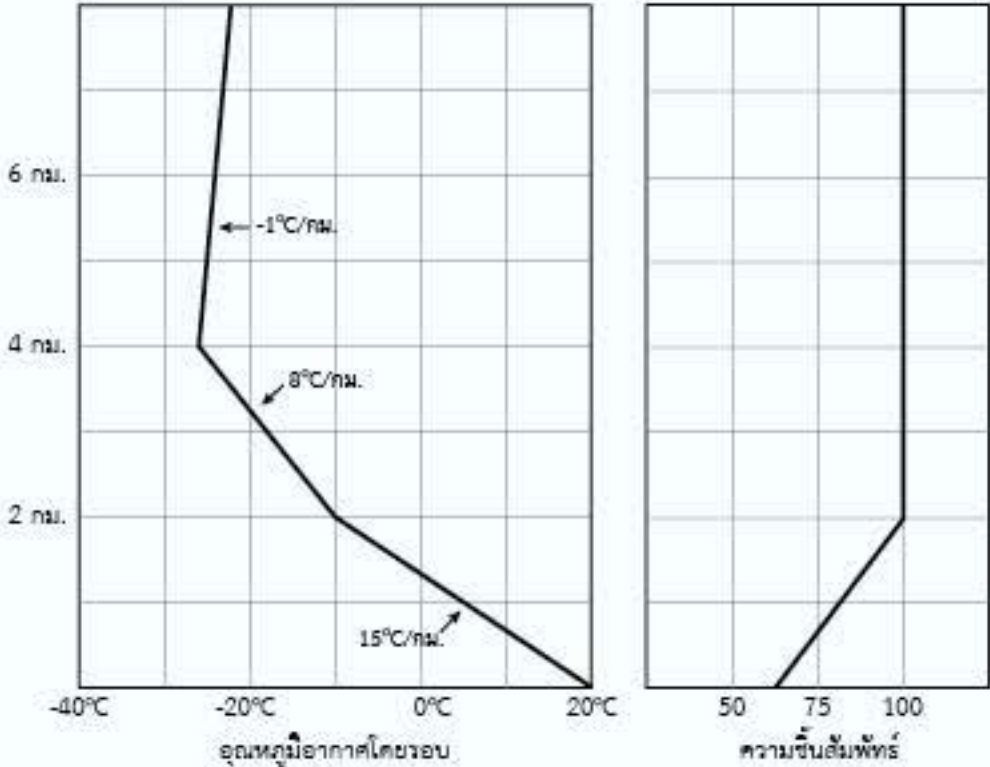
4. ใช้ข้อมูลที่กำหนดไว้ในตาราง และอัตราเฉลี่ยแบบตึกของอากาศแห้งและอากาศอิ่มตัว คำนวณอุณหภูมิก่อนอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ ลงในตาราง จากนั้นใช้ข้อมูลในตาราง ตอบคำถามข้อ 4.1 และ 4.2

ความสูง (กิโลเมตร)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิก่อนอากาศ (องศาเซลเซียส)
0	31	60	39
1	23	70	
2	15	80	
3	7	90	
4	-1	100	
5	-7	100	
6	-13	100	
7	-19	100	
8	-25	100	

4.1 จานเมฆอยู่สูงจากพื้นดินกี่กิโลเมตร

4.2 ที่บริเวณฐานเมฆ อุณหภูมิก่อนอากาศและอุณหภูมิจุดน้ำค้างมีค่าเท่าใด

5. จากกราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยรอบและความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูงต่าง ๆ หากกำหนดให้ก่อนอากาศบริเวณพื้นผิวโลกมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และเกิดการพาความร้อนทำให้อากาศยกตัว ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 5.1 และ 5.2



5.1 ระบุเสถียรภาพอากาศในแต่ละช่วงความสูง ดังนี้

- พื้นโลก ถึง 2 กิโลเมตร
- 2 กิโลเมตร ถึง 4 กิโลเมตร
- 4 กิโลเมตร ถึง 6 กิโลเมตร

5.2 เมฆที่เกิดขึ้นจะมีความสูงของฐานเมฆและยอดเมฆเท่าใด

6. จากแผนที่ทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาใต้ ให้ระบุทิศทางลม บริเวณที่เกิดเมฆ และพื้นที่ที่อับฝน หากพิจารณาเฉพาะกลไกการเกิดเมฆเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศ



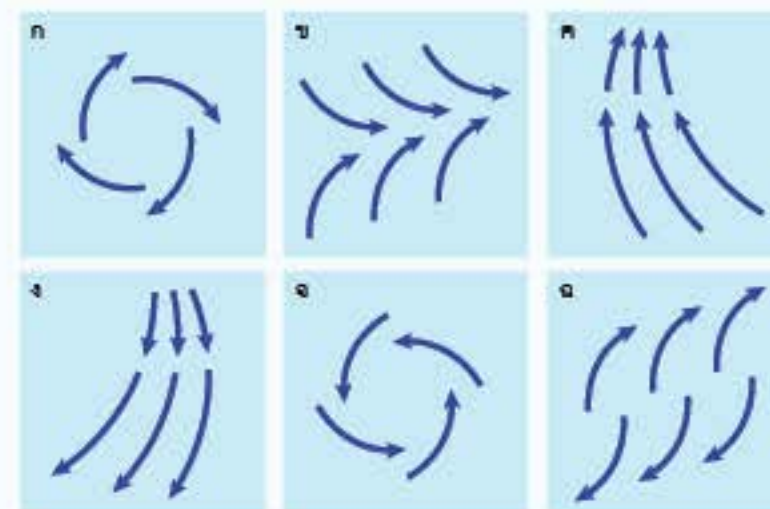
- ทิศทางลม ☐ N ☐ S ☐ E ☐ W
 - บริเวณที่เกิดเมฆ ☐ บริเวณ ก ☐ บริเวณ ข ☐ บริเวณ ค ☐ บริเวณ ง
 - พื้นที่อับฝน ☐ พื้นที่ ก ☐ พื้นที่ ข ☐ พื้นที่ ค ☐ พื้นที่ ง

7. จากแผนที่อากาศ บริเวณ ก ข ค และ ง เป็นแนวปะทะอากาศชนิดใด และแต่ละบริเวณมีการเคลื่อนที่ของมวลอากาศหรือไม่ อย่างไร ให้เขียนลูกศรแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ



บริเวณ	ชนิดแนวปะทะอากาศ	ชนิดเมฆ	การเคลื่อนที่		ทิศทางการเคลื่อนที่
			เคลื่อนที่	ไม่เคลื่อนที่	
ก					
ข					
ค					
ง					

8. จากรูปลมพัดพื้นที่กำหนดให้ รูปใดมีโอกาสเกิดเมฆ หากกำหนดให้ทิศทางของลูกศรแทนทิศทางลม และความยาวของลูกศรแทนอัตราเร็วลม



9. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 9.1 และ 9.2

“ทางตอนใต้ของประเทศเกาหลีใต้มีอากาศหนาวเย็นและความกดอากาศสูง เมื่อเวลาผ่านไปพบเมฆแผ่นและมีฝนตกพริ้ว ๆ เป็นเวลานานครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างตามด้วยเกิดหมอกปกคลุม”

- 9.1 หลังจากหมอกที่ปกคลุมหายไป อุณหภูมิและความกดอากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 9.2 พื้นที่ดังกล่าวเกิดแนวปะทะอากาศชนิดใด

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๔
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
เวลา ๔๐ ชั่วโมง จำนวน ๑ หน่วยกิต

ศึกษาเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ กลไกการยกตัวของอากาศกับการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกและ ข้อมูลสนับสนุน ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก การแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ การคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสารสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ
- อธิบายการเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง
- อธิบายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน
- วิเคราะห์ และอภิปรายเหตุการณ์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และนำเสนอแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก
- แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ
- วิเคราะห์ และคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ เพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ

รวมทั้งหมด ๖ ผลการเรียนรู้