บทที่ 3

รังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ

รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นผิวโลกนั้นส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น เมื่อพื้นผิวโลกได้รับรังสีแล้ว ก็จะแผ่ออกเป็นรังสีคลื่นยาวทำให้อากาศร้อนขึ้น หรือมีอุณหภูมิสูงขึ้น ครั้นเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า โลกไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์อีก แต่ผิวโลกและสิ่งต่าง ๆ ในบรรยากาศที่รับรังสีไว้จะแผ่รังสีออกให้กับบรรยากาศตลอดเวลา จนกระทั่งตอนกลางคืนอากาศจะค่อย ๆ เย็นลง หรืออุณหภูมิต่ำลง จะเห็นได้ว่ารังสีจากดวงอาทิตย์มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศ ในบทนี้จะกล่าวถึงดวงอาทิตย์และรังสีดวงอาทิตย์ดังต่อไปนี้

ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ (The Sun) เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1, 092, 000 กิโลเมตร (109 เท่าของโลก) มีมวล 332, 943 เท่าของโลก และมีความหนาแน่น เฉลี่ย 1, 408 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร หมุนรอบตัวเอง 1 รอบที่เส้นศูนย์สูตรในเวลา 25.04 วัน ดวงอาทิตย์มีแรงโน้มถ่วงที่ผิวเป็น 27.9 เท่าของโลก อุณหภูมิผิวประมาณ 6 000 เคลวิน ดวงอาทิตย์จะเสียก๊าซคิดเป็นน้ำหนัก 3.6×10^{12} กรัม / วินาที หรือ 114 ล้าน ๆ ตัน / ปี พลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งออกมาทั้งหมด 4.9×10^{11} กิโลแคลอรี/นาที แต่พลังงานที่โลกได้รับเพียง 2.5×10^{17} แคลอรี/นาที ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร จะได้กล่าวถึงชีวิต โครงสร้าง และปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ชีวิตของดวงอาทิตย์

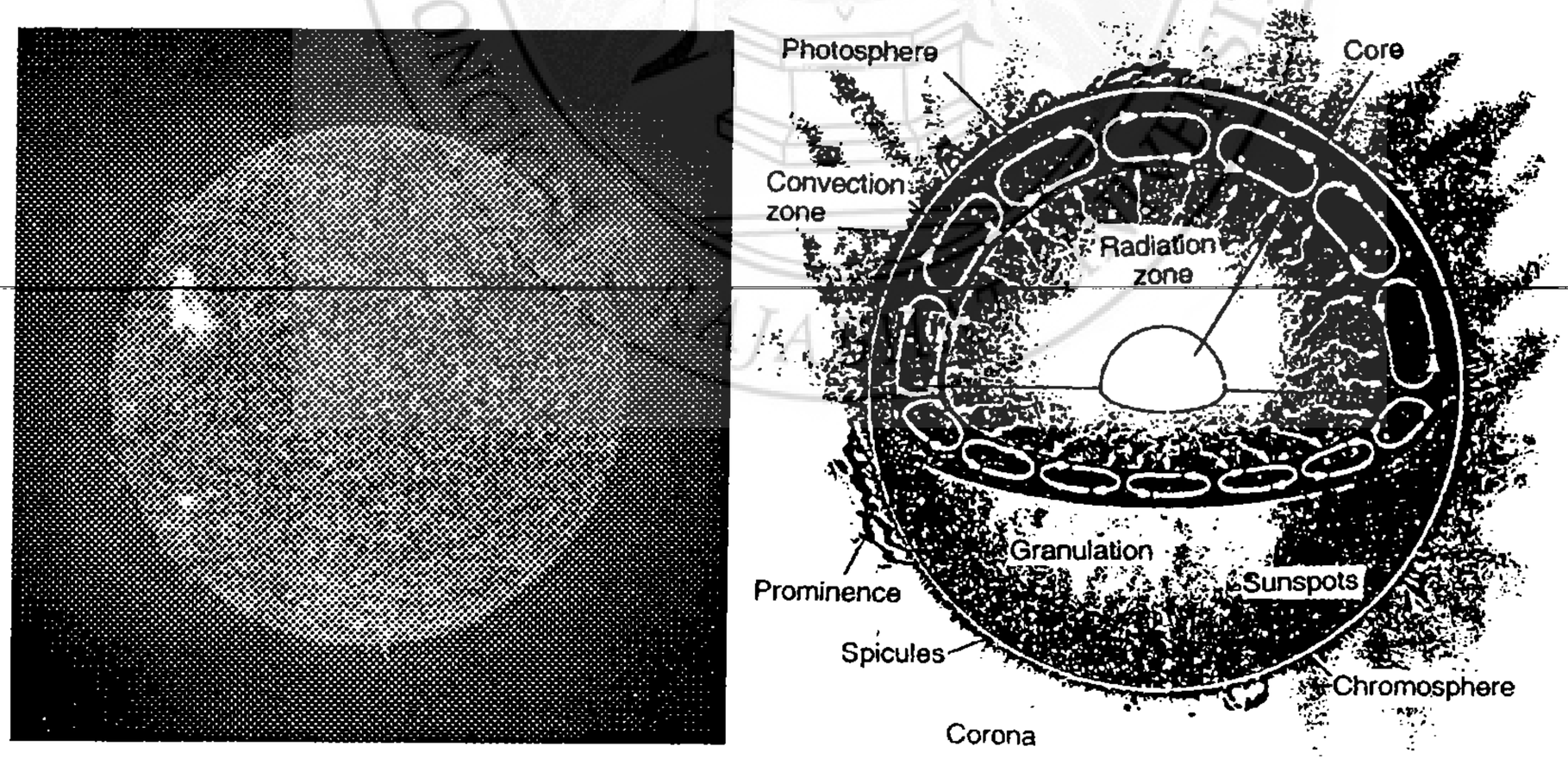
ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์สีเหลืองอยู่ในวัยกลางของชีวิต คือประมาณ 5, 000 ล้านปี คาดว่า ดวงอาทิตย์จะมีอายุราว 10,000 ล้านปี ซึ่งเป็นอายุเฉลี่ยของดาวฤกษ์ ปัจจุบันดวงอาทิตย์แผ่พลังงานในสภาพสมดุล เพราะพลังงานจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในใจกลางดวงสมดุลกับการยุบตัวเนื่องจากแรงโน้มถ่วง เมื่อดวงอาทิตย์ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนในใจกลางดวงเหลือน้อยลง จะเริ่มเข้าสู่ช่วงชีวิตที่ไม่สมดุลในบั้นปลายเมื่อเข้าสู่วัยปลาย ดวงอาทิตย์จะขยายตัวเป็น

ดาวยักษ์แดง จนมีขอบเขตเลยวงโคจรของดาวอังคารออกไป ก๊าซและฝุ่นรอบนอกถูกแรงดันแผ่กระจายออกทุกทิศทาง มีลักษณะคล้ายวงแหวนของก๊าซเรียกว่า เนบิวลาดาวเคราะห์ ขณะที่ใจกลางดวงอาทิตย์ยุบตัวลงด้วยแรงโน้มถ่วงที่มีพลังสูงกว่า มีขนาดเล็กเท่าโลก กลายเป็น ดาวแคระขาว และในที่สุดจะดับ ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์สามัญดวงหนึ่ง เป็นกลุ่มก๊าซร้อนจัด มีขนาดมหึมาที่รวมตัวเป็นทรงกลมอยู่ได้ด้วยแรงโน้มถ่วงมหาศาล และการหมุนรอบตัวเอง

นักวิชาการได้ศึกษาจากสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ พบว่า ดวงอาทิตย์มีธาตุที่สำคัญ คือ ไฮโดรเจน 71 % ฮีเลียม 27 % ออกซิเจน และธาตุอื่น ๆ 2 % ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ อยู่ในสภาวะที่เรียกว่า พลาสมา คือ มีประจุไฟฟ้า เนื่องจากธาตุเหล่านี้ได้รับความกดดันสูงมาก และมีอุณหภูมิสูงมาก ใจกลางดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงถึง 15 ล้านเคลวิน ซึ่งสูงมากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์แบบฟิวชัน คือ ความร้อนที่สูงมากจะหลอมรวมก๊าซไฮโดรเจนให้เป็นก๊าซฮีเลียม กระบวนการนี้ได้ให้พลังงานแผ่ออกไปในระบบสุริยะ ปริมาณมหาศาล ในรูปของอนุภาคพลังงานสูง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โครงสร้างดวงอาทิตย์ช่วยให้เข้าใจในปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อบรรยากาศ

2. โครงสร้างดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์และโครงสร้างดังภาพที่ 3.1 ก และ ข



(ก) ดวงอาทิตย์ (ข) โครงสร้างดวงอาทิตย์

ภาพที่ 3.1 *ดวงอาทิตย์และโครงสร้าง*

ที่มา : *Tarbuck and Lutgens 1991 : 535*

โครงสร้างดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็นตัวดวง และบรรยากาศ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 *แสดงโครงสร้างดวงอาทิตย์*

ตัวดวงอาทิตย์ แบ่งเป็นชั้นสำคัญ 3 ชั้น	บรรยากาศของดวงอาทิตย์ แบ่งเป็น 3 ชั้น
1. ใจกลางดวง (core) มีขนาด 0.25 ของรัศมีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงประมาณ 15, 000, 000 เคลวิน เป็นแหล่งเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ที่สร้างพลังงานมหาศาลของดวงอาทิตย์	1. **โฟโตสเฟียร์** (photosphere) เป็นชั้นของแสงสว่างของดวงอาทิตย์ที่เรามองเห็นเป็นดวงข้ามีอุณหภูมิประมาณ 4,000 – 6,000 เคลวิน เป็นชั้นบาง ๆ แต่สว่างจ้ามากจนเราไม่สามารถมองผ่านลึกลงไปถึงตัวดวงอาทิตย์ได้
2. **ชั้นแผ่รังสี** (radiation zone) ขนาด 0.86 ของรัศมีดวงอาทิตย์ เป็นบริเวณที่พลังงานจากใจกลางดวงแผ่รังสีออกสู่ชั้นนอกของดวงอาทิตย์	2. โครโมสเฟียร์(chromosphere) เป็นชั้นบาง ๆ สูงขึ้นไปจากชั้นโฟโตสเฟียร์ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 6,000 – 20,000 เคลวิน ชั้นนี้มีปรากฏการณ์รุนแรงบนดวงอาทิตย์ เช่น พวยก๊าซ เส้นสายยาวของลำก๊าซ หรือการระเบิดลุกจ้าบนดวงอาทิตย์
2. **ชั้นพาพลังงาน** (convection zone) เป็นชั้นที่พาพลังงานจากชั้นแผ่รังสีออกสู่ผิวดวงอาทิตย์ ปรากฏสว่างจ้าในบรรยากาศชั้นผิวหน้าดวงอาทิตย์ที่เรียก ชั้นโฟโตสเฟียร์	2. โคโรนา (corona) เป็นบรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูง 1 – 2 ล้านเคลวิน แผ่อาณาเขตกว้างไกลออกไปมากกว่า 5 เท่าของตัวดวงอาทิตย์และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ภายในตัวดวงอาทิตย์ มองเห็นได้เฉพาะขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ในขณะที่ดวงจันทร์เคลื่อนไปบังโฟโตสเฟียร์เท่านั้น เป็นแสงสว่างเรืองสีขาวนวล แผ่ออกโดยรอบ มีลักษณะเป็นเส้นสายคล้ายเส้นแรงสนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์

3. ปรากฏการณ์จากดวงอาทิตย์

ปรากฏการณ์จากดวงอาทิตย์มีมากมาย จะกล่าวถึงเฉพาะที่มีผลกระทบต่อบรรยากาศของโลก ดังนี้

3.1 ลมสุริยะ เกิดจากจุดบนดวงอาทิตย์จำนวนมากระเบิดลุกจ้าขึ้น พร้อมกับแผ่ประจุไฟฟ้าพลังสูงออกไปในระบบสุริยะ ลมสุริยะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และเดินทางมาถึงโลกในเวลา 3 – 4 วัน เมื่อลมสุริยะปะทะกับสนามแม่เหล็กโลก ทำให้สนามแม่เหล็กโลกแปรปรวน และเนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กโลกพุ่งเข้าและพุ่งออกจากขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ในแนวดิ่ง ดังนั้นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจากลมสุริยะจึงเคลื่อนที่ควงสว่านรอบเส้นแรงแม่เหล็กโลกวิ่งเข้าสู่บรรยากาศโลกทางขั้วเหนือและหรือขั้วโลกใต้ แต่ไม่สามารถผ่านเข้ามาในแนวเส้นศูนย์สูตร นอกจากอนุภาคที่มีพลังสูงมากเท่านั้น

ลมสุริยะมีอิทธิพลต่อโลก จากการศึกษาดวงอาทิตย์ต่อเนื่องกันมานานกว่า 250 ปี ได้มีการค้นพบว่า ปริมาณของจุดบนดวงอาทิตย์มีการเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นคาบ (period) ทุกรอบ 11 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2544 เป็นช่วงที่เกิดจุดบนดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นนับเป็นคาบที่ 23 เมื่อเกิดการะเบิดลุกจ้าขึ้นดวงอาทิตย์แผ่ลมสุริยะมายังโลกรุนแรง อาจมีผลกระทบต่อบรรยากาศโลก ดาวเทียมและยานอวกาศที่โคจรรอบโลก ตลอดจนระบบสื่อสารและระบบไฟฟ้าบนพื้นโลกได้

ลมสุริยะหรืออนุภาคประจุไฟฟ้าจำนวนมากที่วิ่งควงสว่าน รอบเส้นแรงแม่เหล็กโลกลงมาทางขั้วเหนือหรือขั้วใต้ มีผลกระทบต่อโลกดังต่อไปนี้

1. ทำให้บรรยากาศชั้นบนของโลกปั่นป่วน

2. สนามแม่เหล็กโลกแปรปรวน ทำให้คลื่นวิทยุที่ส่งออกไปสะท้อนกลับไม่ได้ ซึ่งเป็นผลให้การรับคลื่นวิทยุคลื่นสั้นบนโลกขัดข้องเป็นระยะเวลานาน 1 – 20 นาที ต่อครั้ง

3. ทำให้การสื่อสารด้วยสัญญาณวิทยุบนโลกขัดข้อง ทั้งนี้เป็นเพราะบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ สะท้อนสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นกลับลงมายังโลกไม่ได้

4. ลมสุริยะที่ผ่านเข้ามา ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของก๊าซในบรรยากาศชั้นบนของโลก ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศอุ่นขึ้น และพองตัวจนอาจดึงดาวเทียม หรือยานอวกาศในระดับสูงให้ลดต่ำลงได้ แต่วิศวกรผู้ดูแล เตรียมพร้อมด้วยการเตรียมการป้องกันและแก้ไขไว้แล้ว เช่นบางครั้งจำเป็นต้องจุดจรวดขับดันผลักดาวเทียมให้สูงขึ้นไปในระดับที่ต้องการ

5. ปริมาณอนุภาคประจุไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจกระทบกระเทือนต่อ

การทำงานของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในดาวเทียมและยานอวกาศ

6. อาจทำให้แรงดันในระบบไฟฟ้าบนโลกเพิ่มมากขึ้น จนอาจจะเกิดการชำรุดเสียหาย หรือเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

3.2 ปรากฏการณ์ออรอรา (aurora) เมื่อลมสุริยะผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยากับบรรยากาศชั้นบนของโลก ในระดับไอโอโนสเฟียร์ซึ่งสูงราว 120 กิโลเมตรขึ้นไป อะตอมของออกซิเจนและไนโตรเจน ถูกกระตุ้นเรืองแสงสว่างสวยงาม คล้ายม่านแสงพลิ้วไปในท้องฟ้ากลางคืน เขาเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ออรอรา หรือแสงเหนือ เมื่อเกิดในท้องฟ้าใกล้ขั้วโลกเหนือ และเรียกว่า แสงใต้ เมื่อเกิดในท้องฟ้าใกล้ขั้วโลกใต้

รังสีจากดวงอาทิตย์

ตามหลักของวิชาฟิสิกส์ถือว่าดวงอาทิตย์เป็นวัตถุดำ (black body) ทั้งนี้เนื่องจากดวงอาทิตย์ดูดรังสีทั้งหมดที่ตกลงบนผิวของมันและแผ่รังสีจำนวนนี้ออกได้ทั้งหมด จะได้กล่าวถึงหลักการของการแผ่รังสีดังต่อไปนี้

1. หลักการของการแผ่รังสี

วัตถุทุกชนิดที่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์หรือศูนย์เคลวินแผ่พลังงานหรือแผ่รังสีให้แก่สิ่งแวดล้อมได้ดังหลักการต่อไปนี้

1. วัตถุมีรูปร่างและสมบัติใด ๆ แผ่รังสีได้แม้แต่บริเวณขั้วโลกที่เป็นน้ำแข็ง

2. วัตถุร้อนอุณหภูมิสูง แผ่รังสีได้ดีกว่าวัตถุที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 6,000 เคลวิน ปล่อยพลังงานออกไปได้มากกว่าผิวโลกที่มีอุณหภูมิผิวประมาณ 285 เคลวิน

3. วัตถุร้อนแผ่รังสีคลื่นสั้น เช่น ดวงอาทิตย์แผ่คลื่นที่มีช่วงยาวคลื่น 0.5 μm ซึ่งเป็นช่วงคลื่นของแสง ส่วนโลกแผ่รังสีที่มีช่วงยาวคลื่น 10 μm ที่เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดในรูปของความร้อน ซึ่งโลกแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่นยาวประมาณ 20 เท่าของความยาวคลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์ จึงกล่าวได้ว่าดวงอาทิตย์แผ่รังสีคลื่นสั้น โลกแผ่รังสีคลื่นยาวที่ให้ความร้อน

4. ผิวโลกและผิวดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่ดูดกลืนรังสีและคายรังสีได้ดีเกือบ 100 %

5. โดยธรรมชาติแล้ว ไม่มีวัตถุดำที่ทำหน้าที่ได้สมบูรณ์จริง ๆ บางสิ่งบางอย่างเป็นตัวแผ่รังสีที่ดีเท่านั้น และบางสิ่งทำหน้าที่ของวัตถุดำในระยะช่วงคลื่นแสงจำกัด

6. ยอดหรือส่วนบนของเมฆ และหิมะสีขาวบริสุทธิ์ ทำหน้าที่เหมือนกันกับวัตถุดำต่อช่วงคลื่นยาว แต่กลับสะท้อนคลื่นสั้นกลับอย่างแรง

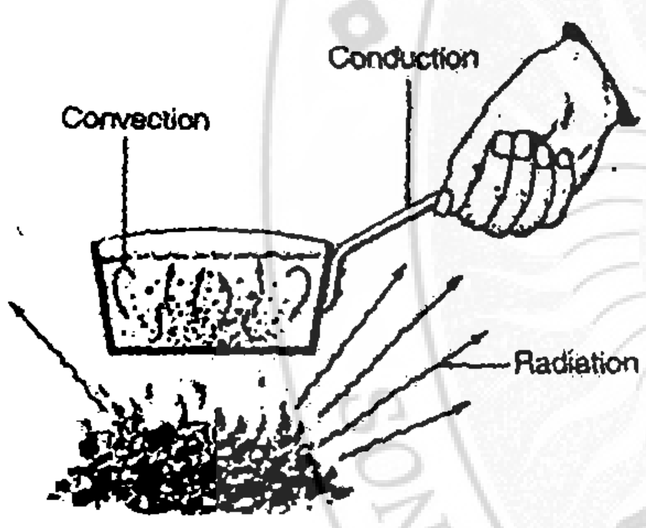
7. ก๊าซและไอน้ำเปล่งแสงสเปกตรัมที่ไม่ต่อเนื่องกัน

8. การแผ่รังสีสามารถทะลุผ่านวัตถุที่โปร่งใสได้ โดยไม่ทำให้วัตถุนั้นร้อน สำหรับวัตถุที่มีผิวเกลี้ยงเป็นเงามันจะสะท้อนรังสีได้ดี และสำหรับวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่มีลักษณะดังกล่าว จะดูดกลืนรังสีความร้อนไว้ได้ดีและตัววัตถุจะร้อนขึ้นด้วย

นอกจากการแผ่รังสีสามารถรับและคายความร้อนแล้ว ยังมีการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำและการพาความร้อนด้วย จะกล่าวถึงการถ่ายเทความร้อนดังต่อไปนี้

2. การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเป็นการส่งผ่านความร้อนจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า หรือจากที่ร้อนกว่าไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือที่เย็นกว่า



ภาพที่ 3.2 *การถ่ายเทความร้อน*

การถ่ายเทความร้อนความร้อนมี 3 วิธี คือ

2.1 การนำความร้อน (conduction of heat) เป็นการส่งผ่านความร้อนโดยที่โมเลกุลของวัตถุไม่เคลื่อนที่ เปรียบเหมือนกับว่าวัตถุเป็นสะพานให้ความร้อนเดินทางผ่านไป การนำความร้อนเกิดขึ้นได้ดีในของแข็ง เช่น มือที่จับด้ามภาชนะโลหะที่อยู่เหนือเตาไฟ ความร้อนจะเดินผ่านภาชนะโลหะนั้นจนถึงมือทำให้รู้สึกร้อน

2.2 การพาความร้อน (convection of heat) เป็นการส่งผ่านความร้อนโดยการถ่ายเทหรือหมุนเวียนเป็นกระแส ซึ่งความร้อนจะติดไปกับโมเลกุลของวัตถุ การพาความร้อนเกิดขึ้นได้ดีในของไหล (ก๊าซและของเหลว) เมื่อด้านล่างภาชนะร้อนส่งความร้อนหมุนเวียนให้แก่ของเหลวในภาชนะทุก ๆ จุด

ทางด้านอุตุนิยมวิทยานั้น convection คือ การพาความร้อนแนวดิ่ง ถ้าเป็นการพาความร้อนแนวราบเรียกว่า advection เช่น การเกิดลม และพายุ

2.3 การแผ่รังสี (radiation of heat) เป็นการส่งผ่านความร้อนผ่านห้วงอวกาศที่เกือบจะว่างเปล่าได้ ไม่จำเป็นต้องอาศัยวัตถุเป็นตัวกลาง เช่น การส่งรังสีของดวงอาทิตย์จากภาพที่ 3.2 ความร้อนจากเตาไฟ ส่วนที่ผ่านถึงมือ โดยไม่ต้องอาศัยภาชนะและไม่ต้องอาศัย

ของเหลว ความร้อนส่วนนี้ เตาไฟส่งถึงมือได้โดยตรง เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการแผ่รังสี

3. รังสีที่ดวงอาทิตย์ส่งและชนิดของรังสีที่โลกได้รับ

ดวงอาทิตย์ส่งรังสีให้แก่โลกเพียงส่วนน้อยแต่เป็นไปตามกฎของ Stefan & Boltzmann คือ **รังสีที่แผ่ออกจากวัตถุดำเป็นสัดส่วนตรงกับกำลังสี่ของอุณหภูมิเคลวินของวัตถุ**

เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $\psi \propto T^4$

$$\therefore \psi = \sigma T^4$$

ψ = พลังงานที่แผ่ออกมาในรูปของฟลักซ์ (flux) หน่วย cal / min และ ly / min

T = อุณหภูมิของวัตถุดำ หน่วย K

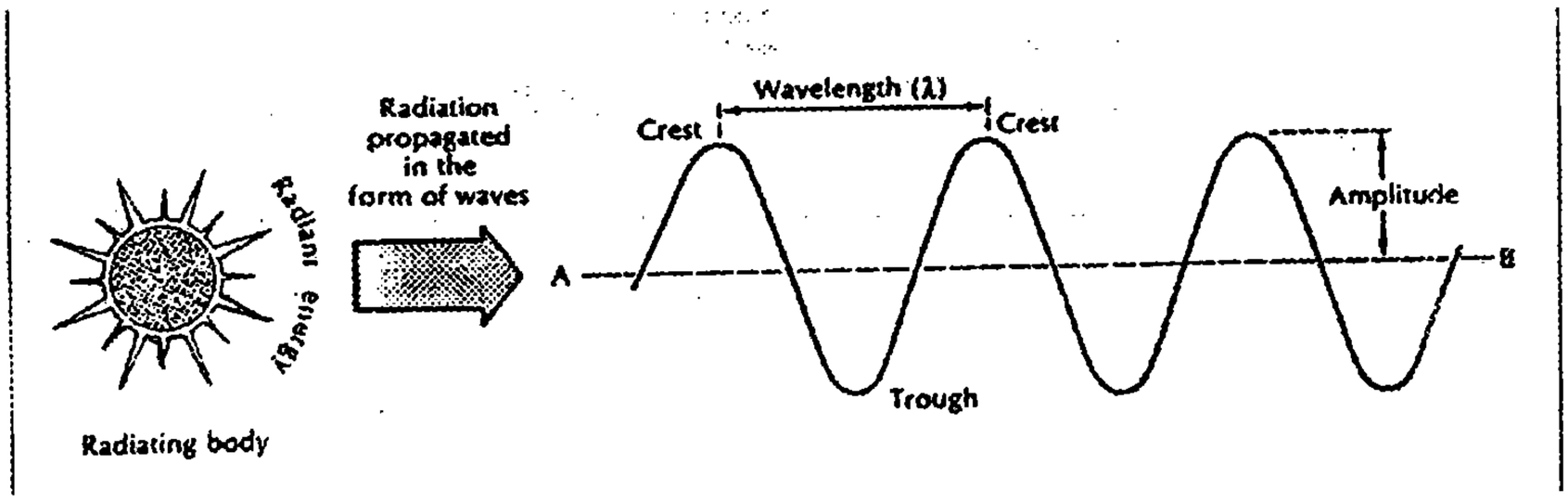
σ = ค่าคงที่ ที่เรียกว่า Stefan & Boltzmann constant = 8.14×10^{-11} cal / cm^2

สำหรับดวงอาทิตย์หาค่าของ ψ ได้ 56×10^{26} cal / s หรือ 9.2×10^4 cal / cm^2 / s ซึ่งคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวดวงอาทิตย์ได้ 5 800 K และจากกฎของ วีน

$$\lambda_{max} = \frac{2897}{T}$$

λ_{max} คือ ความยาวคลื่นที่มีความเข้มมากที่สุด หน่วยเป็นไมครอน ($1\ \mu = 10^{-6}$ m) จะได้ความยาวคลื่นของรังสีที่มีความเข้มมากที่สุดที่ดวงอาทิตย์ส่งออกมา 0.5 μ m ช่วงคลื่นขนาดนี้ คือ แสงสว่าง (visible light) จะกล่าวถึงรายละเอียดของรังสีจากดวงอาทิตย์ดังต่อไปนี้

3.1 รังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้น ดวงอาทิตย์จึงส่งรังสีมายังโลกโดยวิธีการแผ่รังสีออกมาในรูปคลื่นสั้น ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 *รังสีจากดวงอาทิตย์แผ่ออกเป็นคลื่น*

ที่มา : *Lutgens and Tarbuck 1992 : 31*

ตารางที่ 3.2 *แสดงชนิดและแถบความยาวของช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเมตร (m)*

ชนิด	ความยาวของช่วงคลื่น (m)
ไฟฟ้ากระแสสลับ	$> 10^5$
คลื่นวิทยุ	$10 - 10^5$
โทรทัศน์และคลื่นวิทยุ เอฟ เอ็ม	$1 - 10$
เรดาร์	$10^{-2} - 1$
experimental super high frequency wave	$10^{-3} - 10^{-2}$
อินฟราเรดความร้อน (infra – red heat)	$8 \times 10^{-7} - 10^{-3}$
แสงที่มองเห็น (visible light)	$4 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-7}$
อัลตราไวโอเลท (ultra violet)	$10^{-8} - 4 \times 10^{-7}$
รังสีเอ็กซ์(X – ray)	$10^{-10} - 10^{-8}$
รังสีแกมมา (gamma)	$10^{-12} - 10^{-10}$
รังสีคอสมิค (cosmic ray)	$< 10^{-12}$

ที่มา : *ละเอียด สังขญา 2535 : 4*

ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลทถึงอินฟราเรดมีความสำคัญและจำเป็นทางด้านอุตุนิยมวิทยา ซึ่งดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกเป็นคลื่นสั้นแต่โลกรับไว้แล้วส่งออกเป็นคลื่นยาว

3.2 ชนิดของรังสีที่โลกได้รับ รังสีดวงอาทิตย์ลงมาถึงพื้นผิวโลก 47 % อีก 53 % สะท้อนกลับสู่บรรยากาศ และบรรยากาศดูดกลืนไว้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 *รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกได้รับและสูญเสีย*

รังสีถึงพื้นผิวโลก 47 %		รังสีที่สูญเสีย 53 %	
ทะลุผ่านบรรยากาศ	24 %	บรรยากาศและเมฆดูดกลืน	19 %
ทะลุผ่านเมฆ	17 %	บรรยากาศสะท้อนกลับ	9 %
กระจัดกระจายจากบรรยากาศลงมา	6 %	เมฆสะท้อนกลับ	25 %

รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นผิวโลกแบ่งได้ 4 ส่วนคือ

1. ความยาวคลื่นคงเดิม กระจัดกระจายออกไปรอบ ๆ ด้าน ส่วนมากเป็นคลื่นสั้น
2. ถูกดูดกลืนไว้ตามระยะทางที่รังสีผ่านไป แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

3.รังสีอัลตราไวโอเลท ที่ทำให้โมเลกุลของอากาศเป็นประจุไฟฟ้า และทำให้ออกซิเจนเป็นโอโซน

4. เป็นส่วนที่ส่องตรงลงมาถึงพื้นผิวโลก ส่วนใหญ่เป็นคลื่นยาว

พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ เรียก insolation เป็นรังสีหลายชนิดคิดเป็นเปอร์เซนต์ (%) ของรังสีทั้งหมด มีช่วงยาวคลื่นเป็นไมโครเมตร (μm) ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 *แสดงชนิด ปริมาณ และช่วงยาวคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ*

ชนิดของรังสี	ปริมาณของรังสี (%)	ช่วงยาวคลื่น (μm)
รังสีคอสมิก	1	10^{-10}
รังสี UVหรือรังสี actinic	9	0.15 –0.4
แสงสว่าง (visible light)	45	0.4 - 0.7
รังสีอินฟราเรดและความร้อน	45	0.7 – 4.0

อินโซเลชันส่วนใหญ่เป็นพลังงานความร้อน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี

2. มุมที่รังสีกระทำกับพื้นขอบฟ้าของโลก ถ้าเป็นมุมฉากค่าอินโซเลชันมากที่สุด

3. ละติจูดของพื้นที่ภูมิประเทศ เวลาในรอบปี และระยะเวลาในแต่ละวัน

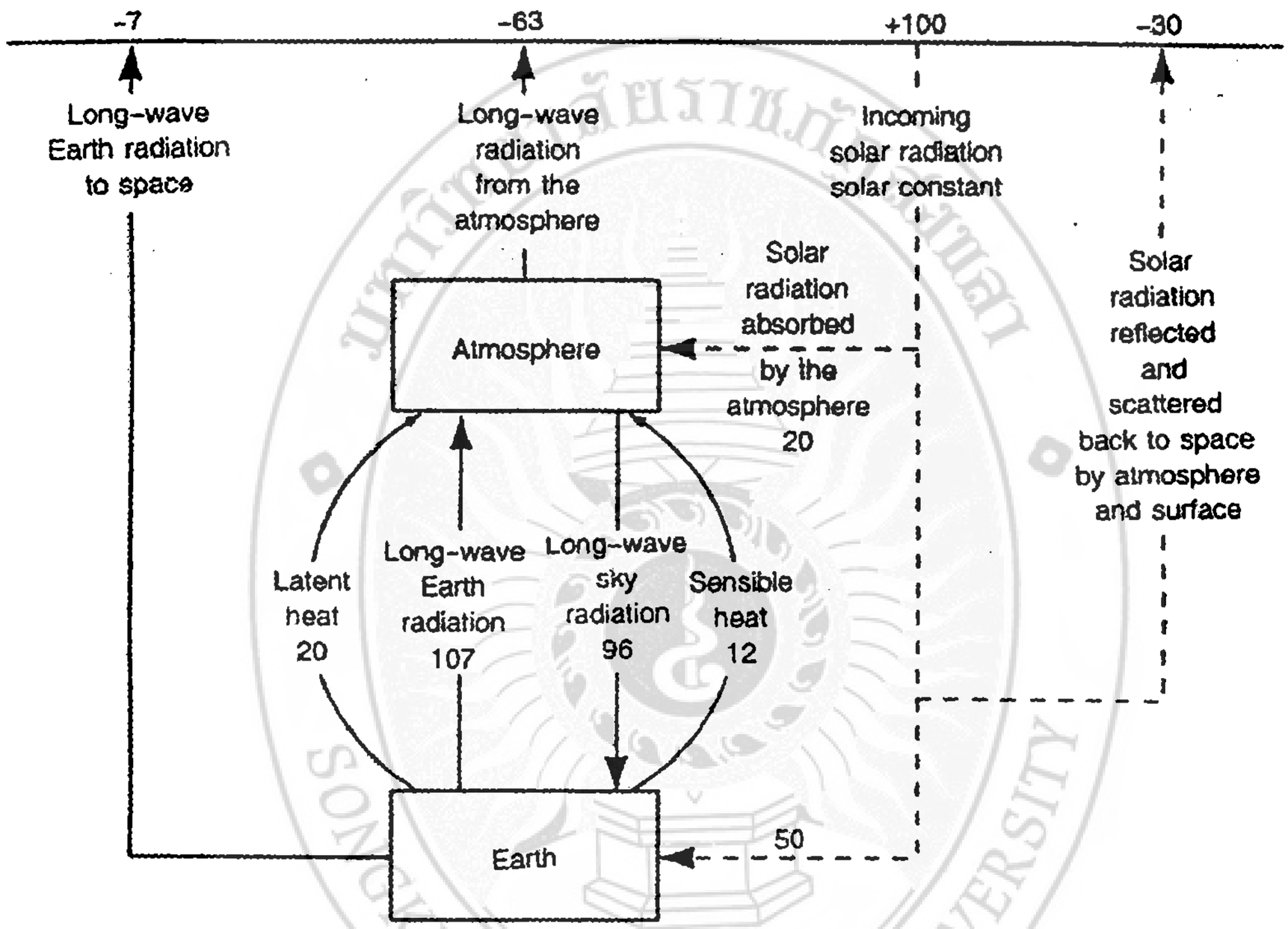
4. การดูดกลืน การสะท้อนกลับ และการกระเจิงของรังสีดวงอาทิตย์ ก่อนถึงพื้นโลก รังสีบางส่วนถูกบรรยากาศดูดกลืนไว้ บ้างก็มีการกระเจิง และหรือสะท้อนกลับสู่อากาศ เพื่อให้เกิดดุลความร้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญและน่าสนใจจึงกล่าวสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การดูดกลืนในบรรยากาศชั้นบนมีออกซิเจนดูดกลืนรังสี UV และในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์มีโอโซนดูดกลืน UV

สำหรับการกระเจิงหรือกระจัดกระจายทุกทิศทางนั้น ปริมาณและทิศทางขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของรัศมีของอนุภาคที่กระเจิงกับความยาวคลื่นของพลังงาน ดังนั้นเวลากลางวันที่แสงแผ่เข้ามาเกือบเป็นมุมฉาก แสงสีม่วงซึ่งเป็นคลื่นสั้นที่สุดจะถูกโมเลกุลก๊าซเล็ก ๆ ในบรรยากาศชั้นนอกดูดกลืนไว้ ส่วนแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่นยาวกว่ากระเจิงผ่านไปสู่บรรยากาศชั้นล่างให้เราเห็นได้ แต่เวลาเช้าตรู่และตอนเย็นการแผ่รังสีผ่านบรรยากาศเป็นแนวเฉียงมุมเล็กกระเจิงผ่านบรรยากาศลงสู่ชั้นล่างที่มีโมเลกุลของ ไอน้ำ อนุภาคฝุ่น ผงเกลือ และอื่น ๆ ที่ขนาด

ใหญ่จะดูดกลืนคลื่นแสงที่สั้นกว่าคือ ม่วง คราม น้ำเงินและเขียวเอาไว้ และคลื่นแสงสีที่ช่วงคลื่นยาวกว่า เช่นแสงสีส้ม แสงสีแดง กระเจิงผ่านบรรยากาศชั้นล่างได้ เราจึงเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้ม แดง

ดุลความร้อนหรือดุลพลังงาน พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์มีการกระเจิง (scatter) ดูดกลืน (absorb) สะท้อน (reflect) และแผ่รังสี (radiate) ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 *แสดงการดูดกลืน การกระเจิง การสะท้อน และการแผ่รังสีในบรรยากาศ*

ที่มา : *Lutgens and Tarbuck 1992 : 42*

ในช่วงเวลาเช้าตรู่และตอนเย็นการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศของโลกมีลักษณะเป็นแนวเฉียงมุมเล็ก กระเจิงผ่านบรรยากาศลงสู่ชั้นล่างที่มีโมเลกุลของ ไอน้ำ อนุภาคฝุ่น ผงเกลือ และอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่จะดูดกลืนคลื่นแสงที่สั้นกว่า คือ ม่วง คราม น้ำเงินและเขียวเอาไว้ และคลื่นแสงสีที่มีช่วงคลื่นยาวกว่า เช่น แสงสีส้ม แสงสีแดง กระเจิงผ่านบรรยากาศชั้นล่างได้ เราจึงเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้ม แดง

โดยเฉลี่ยซีกโลกเหนือได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าซีกโลกใต้ประมาณ 4.5 % แต่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกตั้งฉากกับบรรยากาศชั้นนอกสุดของโลกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ถือว่าเป็นค่าคงที่ ที่เรียกว่า solar constant คิดเป็นค่าเฉลี่ยได้ 1.94 $calories.cm^{-2}.\min^{-1}$

พื้นโลกเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์จะอุ่นขึ้น แล้วแผ่รังสีออกไป แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกประมาณ 285 K ดังนั้นรังสีที่ส่งออกจากโลกที่เรียกว่า เทอเรสเทรียล เรดิเอชัน (terrestrial radiation) มีช่วงยาวคลื่น 4 –50 μm จัดว่าเป็นรังสีคลื่นยาว และให้พลังงานสูงสุดอยู่ที่ช่วงความยาวคลื่น 10 μm

ถึงแม้ว่าทางอุตุนิยมวิทยาจะสนใจช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่น 0.4 μm จนถึง 0.7 μm ขึ้นไปก็ตาม แต่ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.1 - 30 μm เท่านั้นที่มีความสำคัญทางอุตุนิยมวิทยา

รังสีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเป็นแสงสีขาว เมื่อผ่านแท่งแก้วใส กระจกใส ปริซึม หรือวัสดุใสอื่น ๆ จะแยกเป็น 7 แสงสี เรียกว่า สเปกตรัมของแสง มีหน่วยวัดความยาวคลื่นเป็นอังสตรัม (Angstrom) ใช้สัญลักษณ์เป็น A ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 *แสดงสเปกตรัมของรังสีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและช่วงยาวคลื่นโดยประมาณ*

สเปคตรัมของรังสีที่เห็นด้วยตาเปล่า	ช่วงยาวคลื่นประมาณอังสตรัม (A)
Violet (สีม่วง)	4,000
Indigo (สีคราม)	4,400
Blue (สีน้ำเงิน)	4,700
Green (สีเขียว)	5,200
Yellow (สีเหลือง)	5,800
Orange (สีส้ม)	6,000
Red (สีแดง)	6,500

สเปกตรัมของรังสีหรือแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าในธรรมชาติจะมองเห็นไม่ครบทั้งหมด แสงสีที่เห็นได้ชัด ได้แก่ แสงสีม่วง น้ำเงิน เหลือง แสดหรือส้ม และแดง

องค์ประกอบของบรรยากาศแต่ละชนิดจะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวในช่วงยาวคลื่นที่แตกต่างกัน เรียกว่า เป็นช่วงคลื่นจำกัด (absorption band) ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 *แสดงองค์ประกอบของบรรยากาศที่ดูดกลืนคลื่นยาวตามช่วงคลื่นจำกัด*

องค์ประกอบของบรรยากาศ	ช่วงยาวคลื่น (μm)
ไอน้ำ	5.3 – 7.7 , > 20
*เมฆ	ทุกขนาดความยาวคลื่น
คาร์บอนไดออกไซด์	13.1 – 16.9

หมายเหตุ *คืนที่มีเมฆไม่เต็มท้องฟ้านั้น รังสีคลื่นยาวที่มีขนาดความยาวคลื่น 8.5 – 13.0 μm สามารถผ่านบรรยากาศออกนอกโลกได้ เรียกช่วงคลื่นนี้ว่า atmospheric window

ขณะที่ดวงอาทิตย์แผ่รังสีให้กับวัตถุใด ผิวพื้นของวัตถุนั้นจะสะท้อนรังสีบางส่วนออก เรียกอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างรังสีที่ผิวพื้นวัตถุใด ๆ สะท้อนกับรังสีที่วัตถุได้รับทั้งหมดว่า อัลบีโด (albedo) ของวัตถุนั้น ๆ พื้นผิวโลกมีค่าอัลบีโด 42 % หมายถึง พื้นผิวโลกสามารถสะท้อนแสงได้ 42 ส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกได้รับทั้งหมด ส่วนค่าอัลบีโดของผิวพื้นวัตถุบางชนิด ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 *ค่าอัลบีโดของผิวพื้นวัตถุบางชนิดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)*

ผิวพื้น	อัลบีโด หรือ % สะท้อนแสง
หิมะตกใหม่	80 – 90
เมฆสเตรตัสหนา 150 – 300 เมตร	45 – 75
ทรายขาว	30 – 60
ทราย หรือทะเลทราย	25 – 30
ทุ่งหญ้าเขียว	5 – 25
ถนนผิวสีดำ	5 – 10
น้ำ	8

4. การตรวจวัดการแผ่รังสี

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีได้ตลอดเวลา เมื่อผิวโลกได้รับรังสีแล้ว ก็มีการแผ่รังสีด้วย จึงมีการตรวจวัดการแผ่รังสี ซึ่งมี 2 แบบคือ

4.1 การตรวจในขณะใดขณะหนึ่ง เช่น ตรวจตามเวลาที่กำหนดไว้ ใช้เวลามาตรฐาน GMT หรือ UTC และตรวจต่อเนื่องเป็นการตรวจในเวลาที่ติดต่อกัน

4.2 การตรวจการแผ่รังสีทางอุตุนิยมวิทยา มีดังนี้

4.2.1 การแผ่รังสีรวม ประกอบด้วยการแผ่รังสีรวม และ การแผ่รังสีโดยกระจาย ซึ่งผิวพื้นระนาบได้รับโดยใช้เครื่องมือ Pyranometer, Pyraographs เรียกรวม ๆ ว่า Solarimeter

4.2.2 การแผ่รังสีโดยตรง คือ รังสีที่ส่องตรงมาจากดวงอาทิตย์ในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ที่ได้รับ เครื่องมือที่ใช้วัดเรียก Pyheliometer , Pyheliograph หรือ Actinometer

4.2.3 การแผ่รังสีของท้องฟ้า หรือ การกระจาย คือ รังสีที่กระจายไปจากลำแสงไปยังท้องฟ้าเท่านั้น ใช้เครื่องมือวัดเหมือนการแผ่รังสีตรง แต่มีโล่บังรังสีที่ส่องตรงตลอดเวลา

4.2.4 การแผ่รังสีออกจากพื้นผิวโลก การสมดุลของความร้อนเป็นรังสีที่ผิวโลกแผ่ออก ซึ่งมีค่าเท่ากันกับที่ผิวโลกได้รับ ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Heat balance meter

5. ผลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อผิวโลก

พื้นน้ำดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าพื้นดิน เนื่องจากรังสีทะลุพื้นน้ำได้ดีกว่า กล่าวคือ ถ้ารังสีกระทบผิวน้ำ 1 ส่วนแล้ว $\frac{1}{3}$ จะลงไปได้ 3 ฟุต ,$\frac{1}{10}$ จะลงไปได้ 30 ฟุตใต้ทะเล ประกอบกับภาวะปั่นป่วนของท้องทะเล เช่น คลื่นสามารถพาความร้อนลงไปได้เร็วยิ่งขึ้น ทำให้น้ำทะเลในระดับลึก 30 ฟุตแรก มีอุณหภูมิต่างกันในแนวดิ่ง อีกประการหนึ่งคือ พื้นน้ำมีความจุความร้อนสูงกว่าพื้นดินถึง 3 เท่า พื้นน้ำจึงสามารถดูดกลืนความร้อนได้มากกว่าพื้นดิน แต่ถ้าแนวรังสีตกกระทบทำมุมกับพื้นโลกน้อยกว่า 50° แล้ว รังสีส่วนใหญ่จะสะท้อนมากกว่าดูดกลืน นอกจากนี้ มีปัจจัยอื่น ๆ อีกที่ทำให้ผิวโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

1. เมฆ และ ฝุ่น ถ้ามีมากจะกักรังสีไว้มากทำให้โลกได้รับน้อยลง
2. ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ที่เป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน คือ

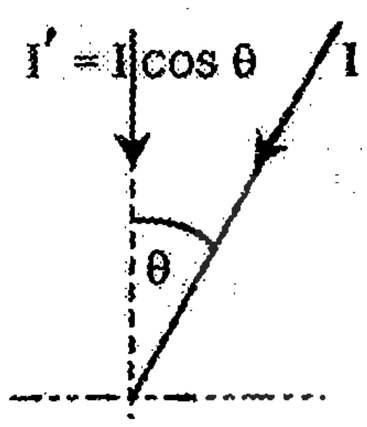
$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

เมื่อ I คือ ความเข้มของพลังงาน

d คือ ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์

3. ความยาวนานของวัน ช่วงที่กลางวันยาวกว่ากลางคืน เช่น ในฤดูร้อน โลกจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มาก

4. ตำบลหรือสถานที่ ถ้าใช้ละติจูดหรือเส้นรุ้งเป็นหลัก พบว่า ตำบลที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นในแนวตั้งฉาก ถ้าห่างออกไป เช่น ตำบลที่อยู่ ณ ละติจูดสูง ๆ นั้นรังสีดวงอาทิตย์ตกแนวเฉียง ทำให้ตำบลที่อยู่ห่างศูนย์สูตรได้รับพลังงานน้อยลง ซึ่งเป็นไปตาม กฎโคไซน์ (cosine law) คือ ค่า $\cos\theta$ จะมากที่สุดเมื่อมุม $\theta = 0^\circ$ ถ้ามุม θ โตขึ้นค่า $\cos\theta$ จะมีค่าน้อยลง นั่นคือ ละติจูดที่สูงกว่าเส้นศูนย์สูตรได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์น้อยลงไปตามลำดับ จนถึงบริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้จะได้รับพลังงานน้อยที่สุด



ภาพที่ 3.5 *แสดงแนวรังสีตก*

อุณหภูมิของอากาศ

พลังงานที่พื้นผิวโลกได้รับจากดวงอาทิตย์มีปริมาณความร้อนจำนวนน้อยก็จริง แต่มีระดับความร้อนสูงหรือมีอุณหภูมิสูง ดังที่เราทราบว่าดวงอาทิตย์แผ่รังสีออกได้ทุกทิศทางในอวกาศ เมื่อโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ แล้วจะแผ่ให้แก่บรรยากาศ โดยที่บรรยากาศชั้นล่างได้รับความร้อนจากพื้นผิวโลก ถ่ายเทให้แก่บรรยากาศชั้นบน ทำให้บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ที่ผิวพื้นมีอุณหภูมิสูงแล้วค่อย ๆ ลดลงตามความสูงตามสมบัติของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์นั่นเอง มีรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

1. การเย็นตัวของอากาศ

ลักษณะการเย็นตัวของอากาศ คือ อากาศชั้นบนเย็นเร็วกว่าอากาศชั้นล่าง เนื่องจากอากาศชั้นบนเจือจางมาก จึงไม่สามารถจะรับหรือดูดกลืนความร้อนได้เหมือนอากาศชั้นล่าง เมื่ออากาศชั้นล่างลอยขึ้นไปสู่เบื้องบนก็จะเย็นตัวลง การเย็นตัวของอากาศเป็นไปดังนี้

1. กลางคืนไม่มีแสงอาทิตย์อากาศจะเย็นตัวลง และพื้นผิวโลกก็คายความร้อนที่ได้รับตอนกลางวันออกไปสู่ บรรยากาศ

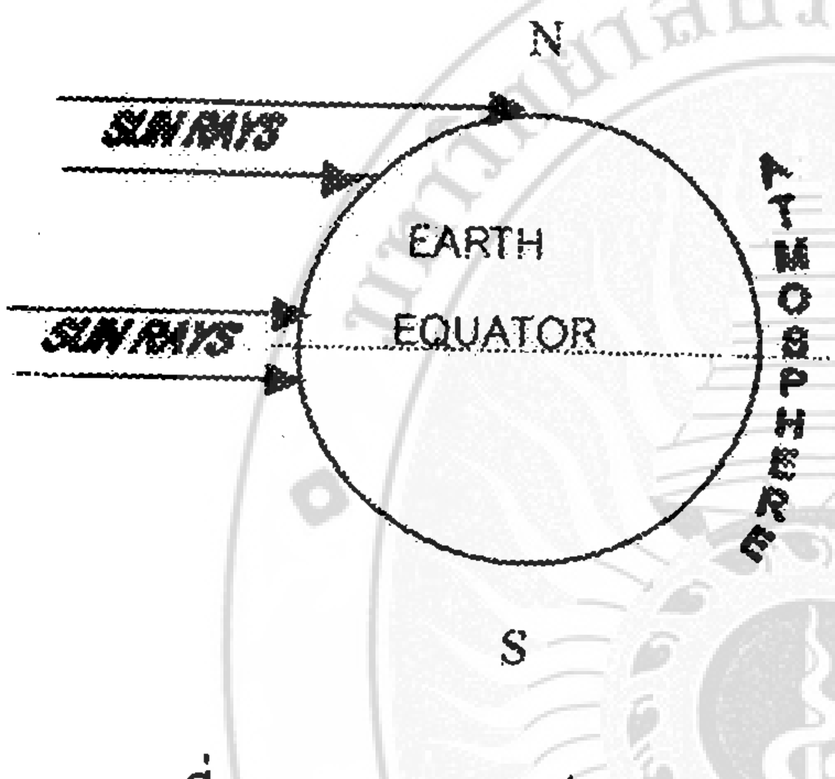
2. โดยการนำความร้อนทำให้อากาศตอนล่างเย็นตัวลง

3. อากาศร้อนแผ่รังสีความร้อนออกไปจากตัวเอง

2. ปัจจัยต่าง ๆ ต่ออุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศ หรือระดับสูงต่ำของความร้อนของอากาศ แต่ละสถานที่ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาทุกวัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ มีปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ละติจูด ถ้าพิจารณาลักษณะพื้นผิวโลกของเราพบว่า



ภาพที่ 3.6 *ลำแสงอาทิตย์กับละติจูด*

บริเวณศูนย์สูตรเป็นเขตละติจูดต่ำประมาณ 5° เหนือ ถึง 5° ใต้ ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมาเป็นลำแสงขนานที่ตกตั้งฉากกับพื้นผิวโลก ขณะเดียวกันบริเวณละติจูดสูง ๆ เช่น บริเวณขั้วโลกได้รับลำแสงที่ส่องไปในแนวเฉียง ทำให้พื้นผิวโลกได้รับลำแสงเป็นบริเวณกว้างใหญ่ที่ศูนย์สูตร รังสีที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่ที่บริเวณศูนย์สูตรได้รับรังสีคลื่นสั้นมากกว่าที่บริเวณขั้วโลก ดังนั้น อุณหภูมิของอากาศที่บริเวณศูนย์สูตรจึงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณขั้วโลกในเวลาเดียวกัน อาจกล่าวได้ว่าละติจูดของโลกเป็นส่วนกลับกับอุณหภูมิอากาศ หรือ $Latitude \propto \frac{1}{temperature}$

2.2 ธรรมชาติของพื้นที่ พื้นที่บริเวณที่เป็นพื้นดินหรือพื้นทรายได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลาเท่ากันกับพื้นที่บริเวณที่เป็นพื้นน้ำ พื้นดินหรือพื้นทรายจะร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำ ทั้งนี้เพราะ

2.2.1 ดินมีความจุความร้อนจำเพาะต่ำกว่าน้ำ ถ้าดิน และ น้ำ มีมวลเท่ากันหรือ หนักเท่ากันวางกลางแดดในเวลาที่เท่ากันแล้ว ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ

2.2.2 น้ำมีสภาพโปร่งแสง รังสีจากดวงอาทิตย์จึงส่งผ่านน้ำไปได้ลึก ทำให้มวลของน้ำที่ลึกลงไปได้รับความร้อนมากกว่า ผิวน้ำจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดิน เพราะมวลของดินที่ทึบแสงและเป็นฉนวนความร้อน จึงถ่ายเทความร้อนไปสู่ที่อื่นได้ยาก ทำให้ความร้อนสะสมอยู่ในดิน ดังนั้นเมื่อพื้นดินได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ พื้นดินที่ผิวหน้าเพียงไม่กี่เซนติเมตรที่อุณหภูมิสูงขึ้น ในเวลากลางวันพื้นดินร้อนเร็วกว่าผิวน้ำจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ

2.2.3 คลื่นในทะเล หรือผิวหน้าของน้ำ จะช่วยคลุกเคล้าน้ำที่ผิวหน้า และที่ลึกลงไปให้ได้รับความร้อนเฉลี่ยทั่วถึงกัน ซึ่งต่างจากดินที่ไม่สามารถคลุกเคล้ากันเองได้

2.2.4 น้ำใช้ความร้อนที่บริเวณผิวหน้าของน้ำ โดยเปลี่ยนเป็นความร้อนแฝงในการระเหย จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำไม่สูง พื้นดินที่เปียกนั้นน้ำก็ระเหยได้ ดินแห้งจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าดินเปียก และสูงกว่าอุณหภูมิของผิวหน้าของนำ

2.2.5 ดินร่วนหรือดินทรายมีอากาศแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดิน เป็นอากาศนิ่ง อากาศนิ่งเป็นฉนวนความร้อน เมื่อดวงอาทิตย์ส่งรังสีมาถึงพื้นดินจะร้อนเฉพาะผิวหน้า ในเวลากลางคืนพื้นดินหรือพื้นทรายจะคายความร้อนออกหมดอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิอากาศกลางคืนต่ำกว่ากลางวัน เช่น อากาศในแถบทะเลทรายจะร้อนจัดในเวลากลางวัน และเย็นจัดในเวลากลางคืน

2.3 ความสูงของพื้นที่ เนื่องจาก บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ลดลงตามความสูง ดังนั้นพื้นที่ซึ่งอยู่ในระดับสูง เช่น ยอดเขา หรือ ที่ราบสูง ย่อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่ราบ

2.4 กระแสลม เมื่อลมพัดมาจากเขตที่อากาศหนาวจะพาเอาความหนาวเย็นติดมาด้วย หรือลมที่พัดจากทะเล มหาสมุทรเขตร้อน จะพาไอน้ำและความร้อนมา ทำให้อากาศในบริเวณที่มีลมดังกล่าวพัดผ่าน มีสภาพอากาศหนาวเย็นหรือร้อนชื้นแล้วแต่กรณี ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง

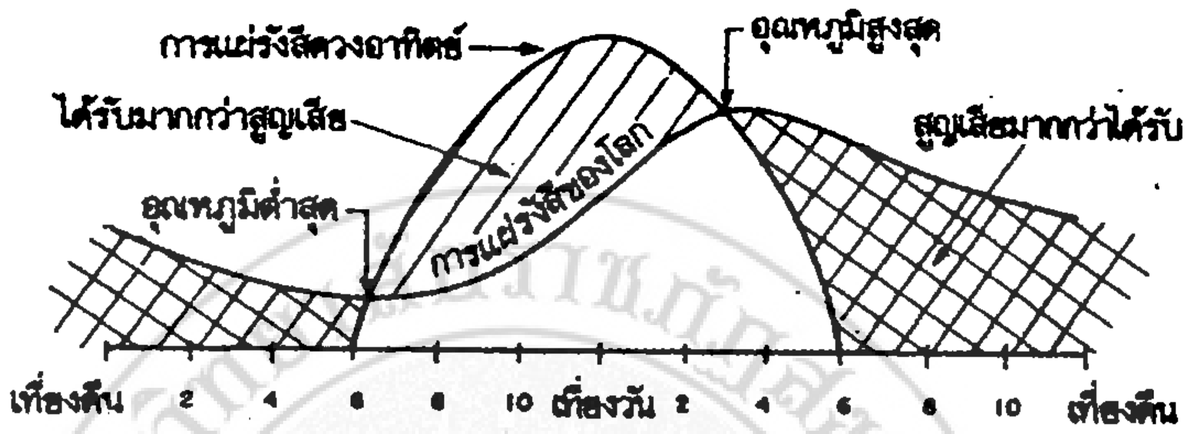
2.5 กระแสน้ำในมหาสมุทร การไหลเวียนของกระแสน้ำอุ่น "คูโรชิโว" ซึ่งอยู่ทางฝั่งทะเลตอนใต้ของประเทศญี่ปุ่น และกระแสน้ำเย็น "แลบราดอร์" ซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของแคนาดา ทำให้อุณหภูมิของอากาศเหนือผิวน้ำในบริเวณดังกล่าว มีอุณหภูมิสูงต่ำตามกระแสน้ำเหล่านั้นด้วย

2.6 เมฆ จะกั้นแสงแดดในเวลากลางวัน ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันของวันที่มีเมฆมากจึงไม่สูง และในเวลากลางคืนเมฆจะกันความร้อนจากพื้นดิน และอากาศเอาไว้ ทำให้อุณหภูมิของอากาศในคืนที่มีเมฆมากไม่เย็นจัด

3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศประจำวัน และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงทำให้อากาศร้อน ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิของอากาศต่ำ อากาศก็จะเย็นลงหรือหนาว ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศประจำวัน และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศประจำวัน ถ้าพิจารณาจากสถานที่หรือภูมิประเทศเดียวกันแล้ว จะพบว่าอุณหภูมิของอากาศตลอดวันในแต่ละวันจะแตกต่างกัน เพราะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของพื้นโลก ดังนี้



ภาพที่ 3.7 *การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศประจำวัน*

เนื่องจากพื้นโลกได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ตั้งแต่ดวงอาทิตย์โผล่พ้นขอบฟ้า ในเวลาประมาณ 06.00 นาฬิกา และได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงเวลา 12.00 นาฬิกา ซึ่งโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ต่อจากนั้นปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์จะค่อยๆลดลง แต่ขณะที่พื้นผิวโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ พื้นผิวโลกจะแผ่รังสีคลื่นยาวที่ทำให้เกิดความร้อน และความร้อนส่วนใหญ่ที่บรรยากาศชั้นล่างได้รับนั้น เนื่องมาจากการแผ่รังสีจากพื้นโลก ดังนั้นอุณหภูมิสูงสุดประจำวันไม่ใช่เวลาเที่ยงวัน แต่จะเป็นเวลาประมาณ 14.00 – 16.00 นาฬิกา ที่เป็นเช่นนี้เพราะในช่วงเวลา 12.00 – 14.00 นาฬิกา นั้น โลกยังคงได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีปริมาณของพลังงานความร้อนมากกว่าพลังงานความร้อนที่โลกสูญเสียไป แต่หลังจาก เวลา 15.00 นาฬิกา โลกจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนมากกว่าพลังงานความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศจึงลดต่ำลงจนกระทั่งอุณหภูมิของอากาศต่ำที่สุดในเวลาประมาณ 06.00 นาฬิกา ดังภาพที่ 3.7

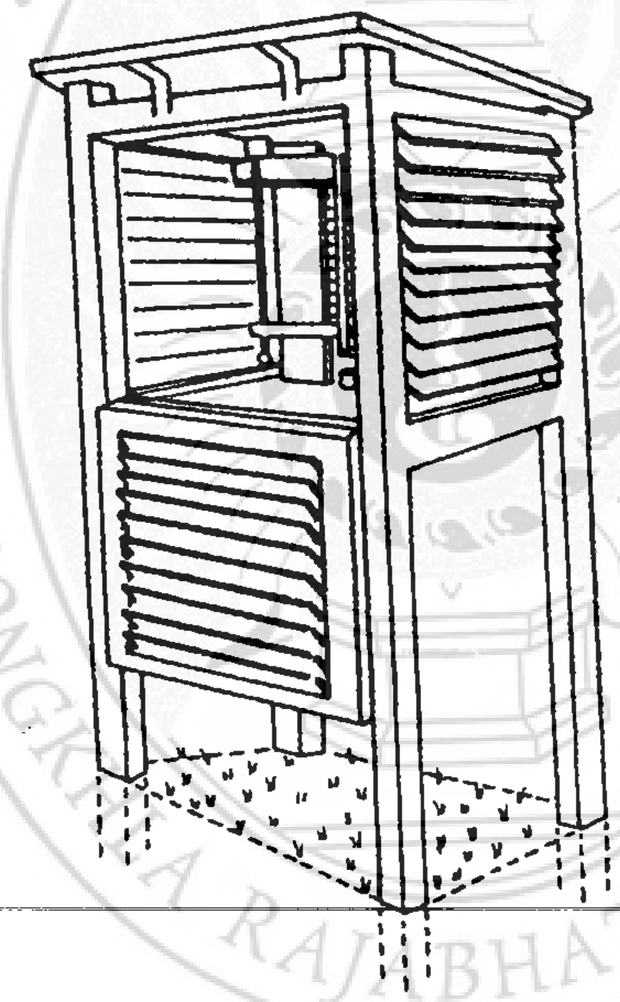
สรุปได้ว่าในวันที่อากาศปรกติ อุณหภูมิอากาศจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนสูงที่สุดในเวลาประมาณ 14.00 – 16.00 นาฬิกา และอุณหภูมิของอากาศจะค่อย ๆ ลดลงจนต่ำที่สุดเวลาประมาณ 05.00 – 07.00 นาฬิกา เราทราบค่าอุณหภูมิของอากาศได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer) มีหลายชนิด เช่น เทอร์มอมิเตอร์ธรรมดา เทอร์มอมิเตอร์แบบโลหะประกบ (bimetal strip) เทอร์มอคัปเปิล (thermocouple) หรือเทอร์มอไพล์ (thermopile) ใช้วัดอุณหภูมิที่มีค่าสูงมาก และ เทอร์มิสเตอร์

(thermister) ใช้หยั่งอุณหภูมิอากาศชั้นบน เป็นต้น

เพื่อให้การวัดอุณหภูมิอากาศผิวพื้นได้ค่าของอุณหภูมิของอากาศอย่างแท้จริง ไม่มีการแผ่รังสีมาเกี่ยวข้อง เขาจึงใช้ตู้สกรีน หรือเรือนเทอร์มอมิเตอร์ ดังภาพที่ 3.8

ตู้สกรีนมีขนาดมาตรฐาน คือ กว้าง 0.60 เมตร ยาว 0.76 เมตร และสูง 0.84 เมตร เป็นตู้สีขาวซึ่งมีหลังคา และฝาผนังทั้ง 4 ด้าน ทำเป็นบานเกล็ดเพื่อให้อากาศไหลถ่ายเทเข้าออกได้สะดวก วางตู้สกรีน ให้ด้านหน้าของตู้อยู่ในแนวทิศเหนือ – ใต้ เพื่อป้องกันการแผ่รังสี และไม่ควรวางตู้สกรีนบนพื้นลาดยางหรือพื้นคอนกรีต เพราะความร้อนจากพื้นเหล่านี้จะแผ่เข้าไปในตู้ และตู้สกรีน*วางอยู่ในสนามอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจอากาศผิวพื้น* ภายในตู้สกรีน มีเครื่องมือวัดอากาศผิวพื้น เช่น เทอร์มอมิเตอร์ ตลอดจนรังสีจากดวงอาทิตย์ ตู้สกรีนควรอยู่ในที่โล่งแจ้ง สูงจากพื้นดินประมาณ 1.20 – 1.80 เมตร เพื่อให้พ้นการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นดิน



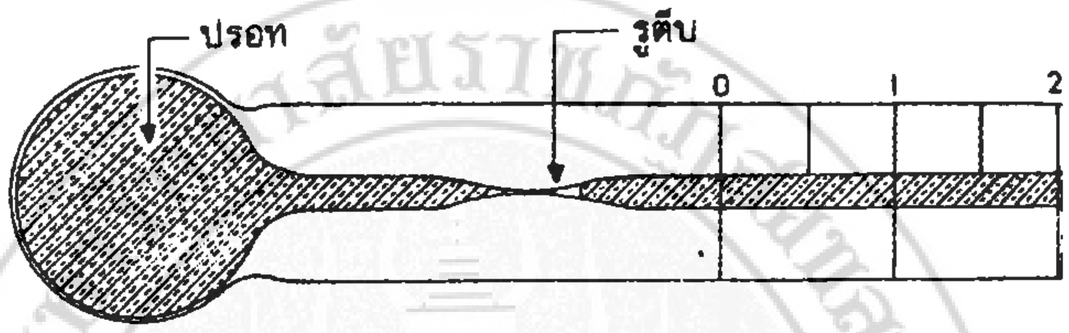
ภาพที่ 3. 8 *ตู้สกรีนหรือเรือนเทอร์มอมิเตอร์*

เครื่องมือตรวจอากาศผิวพื้นอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น เครื่องวัดการระเหยของน้ำแบบหลอดแก้ว เทอร์มอมิเตอร์ค่าสูง เทอร์มอมิเตอร์ค่าต่ำ เทอร์มอไฮโกรกราฟ และเครื่องมืออื่น ๆ

เทอร์มอมิเตอร์ที่ใส่ในตู้สกรีนมีดังต่อไปนี้

3.2.1 เทอร์มอมิเตอร์ธรรมดา เป็นเทอร์มอมิเตอร์หลอดแก้วเล็กและยาว สม่ำเสมอ ภายในบรรจุของเหลว เช่น ปรอท เอทิลแอลกอฮอล์ หรือของเหลวอื่น ๆ เมื่อต้องการทราบอุณหภูมิของอากาศเวลใดก็อ่านค่าจากเทอร์มอมิเตอร์ในเวลานั้น เทอร์มอมิเตอร์ธรรมดานี้ ใช้เทียบมาตรฐานจากจุดเดือดของน้ำและจุดเยือกแข็งของน้ำ ณ ความกดอากาศปกติ 1 บรรยากาศเป็นจุดหลัก 2 จุด

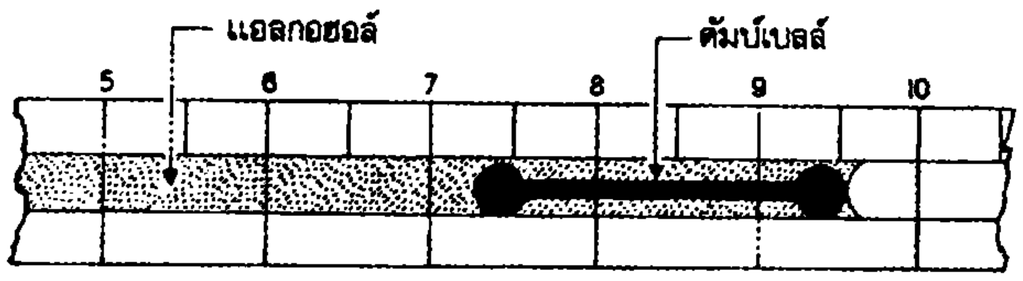
3.2.2 เทอร์มอมิเตอร์สูงสุด ใช้วัดอุณหภูมิของอากาศสูงสุดในแต่ละวัน



ภาพที่ 3.9 *เทอร์มอมิเตอร์สูงสุด*

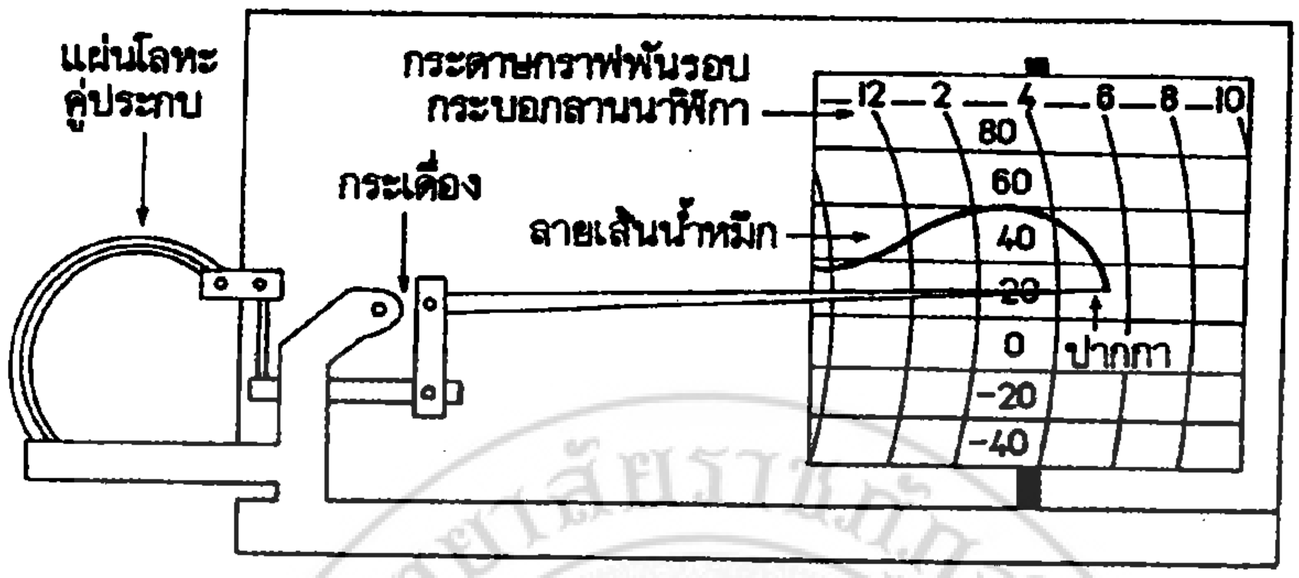
เทอร์มอมิเตอร์สูงสุด (maximum thermometer) มีปรอทบรรจุในหลอดแก้วที่มีรูตีบที่เล็กมากอยู่ใกล้กับกะเปาะ เมื่ออากาศร้อนปรอทขยายตัวผ่านรูตีบขึ้นไปได้ แต่เมื่ออากาศเย็นลง ปรอทในกะเปาะจะหดตัว แต่ปรอทในหลอดแก้วผ่านรูตีบลงไปไม่ได้ จึงค้างอยู่ในหลอดแก้ว ดังนั้นปลายบนของลำปรอทในหลอดแก้วจึงชี้บอกค่าอุณหภูมิสูงสุดของอากาศในวันนั้น ๆ แต่ละวันได้

3.2.3 เทอร์มอมิเตอร์ต่ำสุด (minimum thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิต่ำสุดในแต่ละวัน มีเอทิลแอลกอฮอล์บรรจุในหลอดแก้ว และมีดรรชนีเป็นรูปดัมบ์เบลล์ ดังภาพที่ 3.10 ขณะที่อากาศร้อนแอลกอฮอล์ขยายตัวผ่านดรรชนีขึ้นไปได้ แต่เมื่ออากาศเย็นลงแอลกอฮอล์จะหดตัวครูดดรรชนีลง เราจึงอ่านอุณหภูมิต่ำที่สุดของอากาศในแต่ละวันได้จากขอบด้านบนของดรรชนี



ภาพที่ 3.10 *ดรรชนีในเทอร์มอมิเตอร์ต่ำสุด*

3.2.4 เทอร์มอกราฟ (thermograph) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่บันทึกค่าอุณหภูมิลงบนกระดาษกราฟ ลักษณะของเทอร์มอกราฟโดยทั่ว ๆ ไป ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 *เทอร์มอกราฟ*

หลักการทำงานของเทอร์มอกราฟ ใช้แผ่นโลหะคู่ต่างชนิดกัน 2 อันตรึงติดกัน (bimetal strip) เช่น โลหะอินวาร์กับทองเหลือง อินวาร์ขยายตัวได้น้อยกว่าอยู่ด้านใน ส่วนทองเหลืองที่ขยายตัวได้ดีกว่า อยู่ด้านนอก ม้วนเป็นสปริง มีปลายข้างหนึ่งตรึงไว้ อีกปลายหนึ่งมีปากกาติดอยู่ ปากกาต่อกับร่องใส่น้ำหมึก ปลายปากกาแตะที่กระดาษกราฟซึ่งสวมอยู่รอบทรงกระบอกที่หมุนรอบแกนตลอดเวลา ครบรอบในเวลา 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์ กระดาษกราฟมีทั้งแบบที่บันทึกในเวลา 1 วันหรือ 1 สัปดาห์ จึงมีการเปลี่ยนแผ่นกระดาษกราฟ ทุกวันหรือทุกสัปดาห์

การใช้เทอร์มอกราฟวัดอุณหภูมิของอากาศมีข้อดี คือ เราอ่านค่าอุณหภูมิของอากาศได้ทุก ๆ ค่าและทุกเวลาตามที่เครื่องบันทึกไว้บนกระดาษกราฟภายในรอบเวลา 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์ แต่ก็มีข้อเสีย คือ อาจได้ค่าอุณหภูมิของอากาศที่ไม่ละเอียด

สำหรับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดานั้น ประเทศไทยใช้เทอร์มอมิเตอร์ชนิดเซลเซียส ($^{\circ}C$) บางประเทศใช้ชนิดฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}F$)

ในการวัดอุณหภูมิของอากาศหรือของสารอื่น ๆ อาจใช้เทอร์มอมิเตอร์ธรรมดาชนิดเซลเซียส ($^{\circ}C$) ชนิดฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}F$) ซึ่งเปรียบเทียบกับชนิดสัมบูรณ์ (K)ได้ ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง C, F และ K ได้ดังนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5} \quad \ldots\ldots\ldots\ (1)$$

จาก (1) ระหว่าง C กับ F จะได้ $C = 5(\frac{F-32}{9})$ หรือ $F = \frac{9C}{5}+32$ ..... (2)

จาก (1) ระหว่าง C กับ K จะได้ $K = C + 273$ หรือ $C = K - 273$ ..... (3)

แสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่าง $^{\circ}C$, $^{\circ}F$ และ K *บางค่า* ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 *ค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่าง* $^{\circ}C$, $^{\circ}F$ *และ* K *บางค่า*

$^{\circ}C$	$^{\circ}F$	K
100	212	373
80	176	353
60	140	333
40	104	313
20	68	293
0	32	273
-20	-4	253
-40	-40	233

ถ้าใช้เทอร์มอมิเตอร์ชนิดเซลเซียสวัดอุณหภูมิ แต่เราไม่มีเทอร์มอมิเตอร์ที่อ่านค่าเป็นฟาเรนไฮต์ และเคลวินเราก็ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง C, F และ K คำนวณหาคำตอบได้ เช่น อุณหภูมิอากาศ $35^{\circ}C$ จะเป็นกี่ $^{\circ}F$ และ K

$$\because \quad F = \frac{9C}{5} + 32$$

$$\therefore \quad F = \frac{9(35)}{5} + 32$$

$$= 63 + 32$$

$$\therefore \quad 35^{\circ}C = 95\ ^{\circ}F$$

เปลี่ยน $35^{\circ}C$ ให้เป็น K

$$\because \quad K = C + 273$$

$$\therefore \quad K = 35 + 273$$

$$\therefore \quad 35^{\circ}C = 308\ K$$

อุณหภูมิหรือระดับสูงต่ำของความร้อนหรือความร้อนหนาวของบรรยากาศโลกกระจายได้ ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง ดังต่อไปนี้

4. การกระจายอุณหภูมิ

เนื่องจากกระแสอากาศเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวราบทำให้เกิดการกระจายอุณหภูมิไปได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบตามแนวทางที่อากาศเคลื่อนที่ดังนี้

4.1 การกระจายอุณหภูมิของอากาศในแนวดิ่ง เมื่อกระแสอากาศลอยสูงขึ้นอุณหภูมิของอากาศจะลดลงตามอัตราลดอุณหภูมิแบบอะเดียเบติค (adiabatic lapse rate) ดังนี้

4.1.1 อัตราการลดอุณหภูมิของอากาศชื้นเฉลี่ย $6.5^{\circ}C/km$

4.1.2 อัตราการลดอุณหภูมิของอากาศแห้งเฉลี่ย $10^{\circ}C/km$

ในขณะที่มีการกระจายอุณหภูมิของอากาศชื้นในแนวดิ่ง ถ้าความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในอากาศอิ่มตัวอาจมีเมฆ และฝนได้ หรืออาจเกิดปรากฏการณ์ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าคะนอง เป็นต้น

4.2 การกระจายอุณหภูมิของอากาศในแนวราบ เนื่องจากในเวลาเดียวกันแต่สถานที่ต่างกัน อุณหภูมิก็จะแตกต่างกัน ถ้าเราสนใจในกรณีของอากาศที่แผ่ปกคลุมเหนือพื้นผิวโลกประมาณ 1.50 – 2.00 เมตร ที่เรียกกันว่า อากาศผิวพื้น จะพบว่า อุณหภูมิอากาศที่ผิวพื้นเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ตามปกติ โดยทั่วไปอุณหภูมิของอากาศเหนือผิวน้ำจะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดิน โดยเฉพาะระหว่างผิวน้ำกับผิวดินแถบทะเลทราย พบว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือผิวน้ำจะเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) แต่อุณหภูมิของอากาศเหนือผิวพื้นทะเลทรายอาจเปลี่ยนแปลงถึง $20\ ^{\circ}C$ เมื่ออุณหภูมิอากาศเหนือผิวน้ำกับเหนือผิวดินหรือผิวทรายแตกต่างกัน จะเกิดการพาความร้อนแนวราบ (advection) เป็นลักษณะการกระจายอุณหภูมิในแนวราบ ทำให้มวลอากาศมีการหมุนเวียนเกิดลม พายุ เป็นต้น

บทสรุป

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญในระบบสุริยะ ทำให้บรรยากาศของโลกปั่นป่วน บรรยากาศชั้นสูง ๆ เกิดประจุไฟฟ้ารบกวนการทำงานระบบอิเล็กทรอนิกส์ พลังงานของดวงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถ่ายเทมาสู่โลกด้วยการแผ่รังสี ส่วนมากเป็นคลื่นสั้น ซึ่งมีเพียงส่วนน้อย เมื่อโลกและบรรยากาศรับไว้หรือดูดกลืนไว้ จะคายหรือแผ่ออก

เป็นรังสีคลื่นยาวที่ทำให้เกิดความร้อน

อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ธรรมชาติของพื้นที่และอื่น ๆ ในรอบ 1 วัน อุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดเวลาประมาณ 05.00 – 07.00 นาฬิกา และอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดเวลาประมาณ 14.00 – 16.00 นาฬิกา ในทางอุตุนิยมวิทยามีเทอร์มอมิเตอร์หลายชนิดใช้วัดอุณหภูมิ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความสะดวกในการใช้งาน

ภูมิประเทศหรือสถานที่ที่แตกต่างกัน ทำให้มีการกระจายอากาศทั้งแนวดิ่งและแนวราบ เกิดปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศหลายอย่าง เช่น เกิดเมฆ เกิดฝน ลม พายุหมุน พายุฟ้าคะนอง และอื่น ๆ

คำถามท้ายบท

1. ดวงอาทิตย์มีผลต่อบรรยากาศโลกอย่างไร
2. อธิบายความหมายต่อไปนี้

เทอร์มอนิวเคลียร์, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, ลมสุริยะ, แสงเหนือแสงใต้, Insolation , Teresstrial radiation , สเปคตรัมของแสง , ความจุความร้อนจำเพาะ , อัลบีโด (albedo) , หิมะมีค่าอัลบีโด 80 % , การแผ่รังสีความร้อน , การนำความรู้, การพาความร้อน

3. กระติกน้ำแข็งที่ใช้กันในชีวิตประจำวัน ป้องกันการแผ่รังสี, การนำ และการพาความร้อน เขียนรูปกระติกน้ำแข็ง พร้อมทั้งอธิบายหรือบ่งชี้ว่า ส่วนใดทำด้วยวัสดุอะไรในการป้องกันการแผ่รังสี, การนำ และการพาความร้อน

4. เครื่องมือต่อไปนี้ใช้วัดอะไร

เทอร์มอมิเตอร์ค่าสูง, เทอร์มอมิเตอร์ค่าต่ำ, เทอร์มอกราฟ, Solarimeter, Actinometer,

5. รูตีบในหลอดแก้วใกล้กับกระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์ค่าสูงมีไว้ทำไม

6. เขานิยมบรรจุเอทิลแอลกอฮอล์ในหลอดแก้วของเทอร์มอมิเตอร์ค่าต่ำ พราะอะไร

7. เทอร์มอกราฟมีข้อดีอะไรบ้างบอกมา 2 ข้อ

8. บอกและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศสั้น ๆ 3 ข้อ

9. การกระจายอุณหภูมิของอากาศในแนวดิ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศอะไรบ้าง