

บทที่ 1

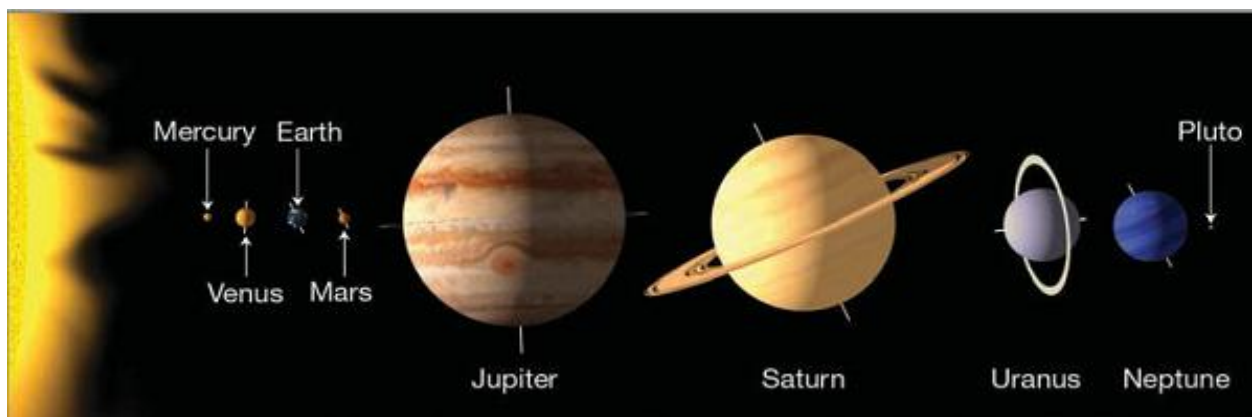
โลกและบรรยากาศ (Atmospheric Physics)

ฟิสิกส์บรรยากาศ (Atmospheric Physics)

การศึกษาปรากฏการณ์ในบรรยากาศของโลก โดยใช้วิชาฟิสิกส์มาอธิบาย การเกิดปรากฏการณ์เหล่านั้น เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชั้นบรรยากาศตามความสูง การเกิดเมฆ การเกิดหยาดน้ำฟ้า การเกิดแสงสีต่างๆ ในบรรยากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาแบบจำลอง (model) ในทางอุตุนิยมวิทยา และ ภูมิอากาศ ด้วย

1.1 บรรยากาศของโลก

จักรวาลประกอบด้วย กาแล็กซีพันล้าน แต่ละกาแล็กซีประกอบขึ้นด้วยดาวต่างๆเป็นพันล้านซึ่งดวงดาวเหล่านี้มีความร้อนสูงมาก เนื่องจากประกอบด้วยกลุ่มก๊าซที่มีพลังงาน เกิดจากการเปลี่ยนไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมใกล้ ศูนย์กลางดวงอาทิตย์ของเราเป็นดาวที่อยู่บริเวณขอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก มีดาวเคราะห์เป็นบริวารหมุนรอบ 8 ดวง (สำหรับดาวพลูโต ปัจจุบันถูกจัดเป็นดาวเคราะห์แคระ) นอกจากนี้ยังมีดาวหาง อุกกาบาต และดาวเคราะห์แคระอื่นๆ อยู่ในระบบสุริยะ



ดาวเคราะห์ที่เป็นบริวารของดวงอาทิตย์ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ห่างออกไป 156 ล้าน กิโลเมตร (53 ล้านไมล์) ซึ่งเป็นพลังงานเพียงเล็กน้อยที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยออกมา พลังงานดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในบรรยากาศ เกิดลม และสภาพอากาศ ซึ่งทำให้อุณหภูมิผิวโลกมีค่าเฉลี่ย 15 °C แม้ว่าบางแห่งอาจจะมีอุณหภูมิต่ำถึง -85 °C ในตอนกลางคืน ของแอนตาร์กติกา และสูงถึง 50 °C ในกลางวัน บริเวณทะเลทราย กึ่งเขตร้อน

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีความบางมาก แต่ประกอบด้วยก๊าซที่มีจำนวนมาก เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน และก๊าซจำนวนน้อยอื่นรวมทั้ง ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังปกคลุมด้วยเมฆ ซึ่งประกอบด้วยหยดน้ำ และ ผลึกน้ำแข็ง บรรยากาศโลกมีความหนาหลายร้อยกิโลเมตรแต่ 99 เปอร์เซ็นต์ ของบรรยากาศอยู่ที่ระดับไม่เกิน 30 กม. (19 ไมล์) หากเราบีบโลกให้มีขนาดเล็กเท่าลูกวอลเลย์บอล บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกจะมีความหนาประมาณ เท่าแผ่นกระดาษ แต่ถึงกระนั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก สามารถป้องกันรังสี ultraviolet จากดวงอาทิตย์ อุกกาบาต จากนอกโลก บรรยากาศของโลกจะค่อยๆบางลงจนหายไปจากโลก



1.2 ส่วนประกอบของบรรยากาศ

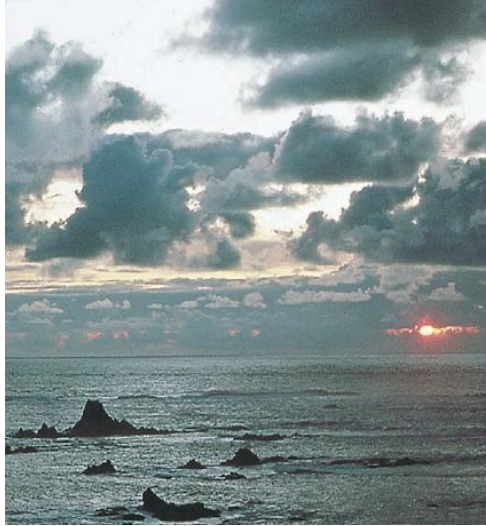
อากาศที่ห่อหุ้มโลกถ้าเทียบโดยปริมาตรบริเวณใกล้ผิวโลกจะประกอบด้วย ไนโตรเจน 73 % ออกซิเจน 21% โดยปริมาตรของอากาศแห้ง และจะคงที่ไปจนถึงระดับความสูง 80 กม. (50ไมล์) ที่ผิวโลก ความสมดุลของก๊าซต่างๆ ที่เกิดขึ้นและสลายไปเกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น ก๊าซไนโตรเจนในอากาศถูกนำไปใช้ในขบวนการชีววิทยาของแบคทีเรียในดิน และถูกแปลงตอนในน้ำทะเลนำไปใช้ผลิตอาหารในห่วงโซ่อาหารในทะเล ไนโตรเจนถูกผลิตกลับเข้าสู่บรรยากาศโดยการเน่าสลายของพืชและสัตว์

PERMANENT GASES			VARIABLE GASES			
Gas	Symbol	Percent (by Volume) Dry Air	Gas (and Particles)	Symbol	Percent (by Volume)	Parts per Million (ppm)*
Nitrogen	N ₂	78.08	Water vapor	H ₂ O	0 to 4	
Oxygen	O ₂	20.95	Carbon dioxide	CO ₂	0.038	385*
Argon	Ar	0.93	Methane	CH ₄	0.00017	1.7
Neon	Ne	0.0018	Nitrous oxide	N ₂ O	0.00003	0.3
Helium	He	0.0005	Ozone	O ₃	0.000004	0.04†
Hydrogen	H ₂	0.00006	Particles (dust, soot, etc.)		0.000001	0.01–0.15
Xenon	Xe	0.000009	Chlorofluorocarbons (CFCs)		0.00000002	0.0002

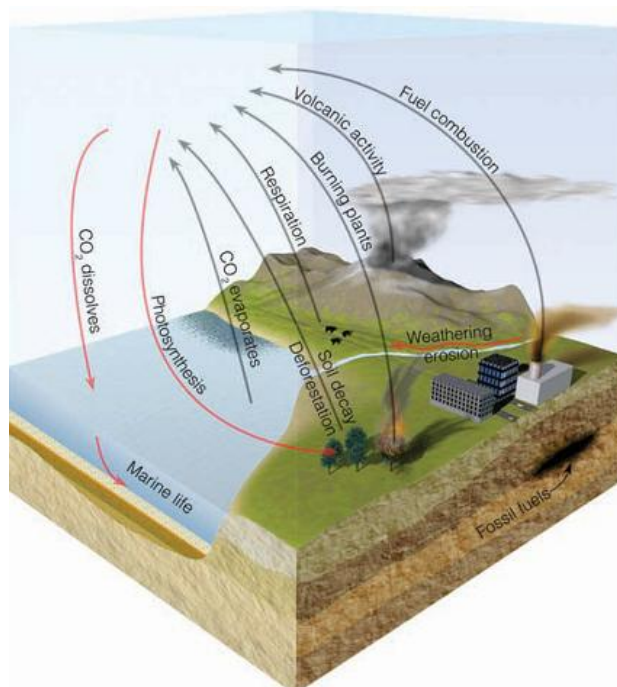
*For CO₂, 385 parts per million means that out of every million air molecules, 385 are CO₂ molecules.
†Stratospheric values at altitudes between 11 km and 50 km are about 5 to 12 ppm.

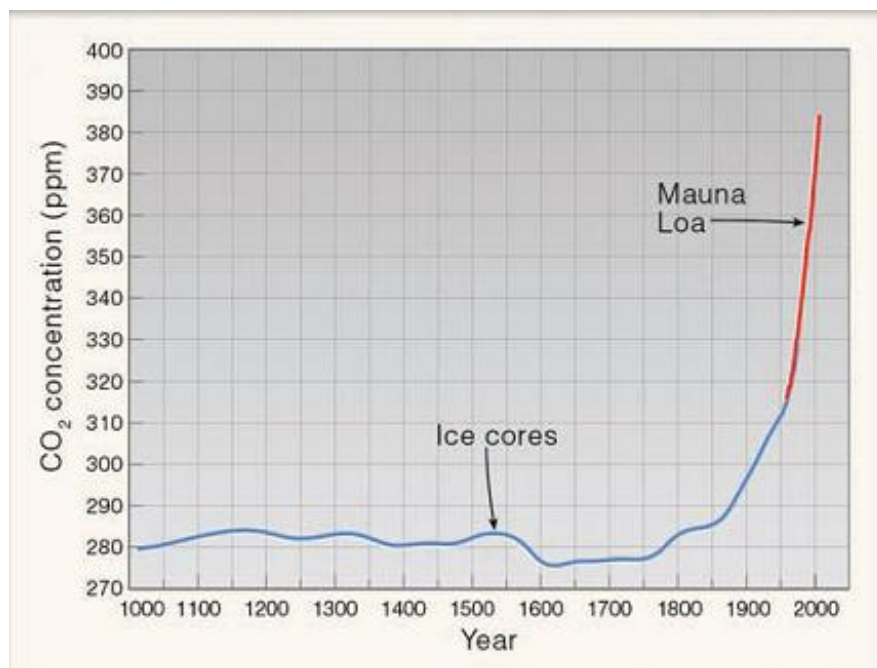
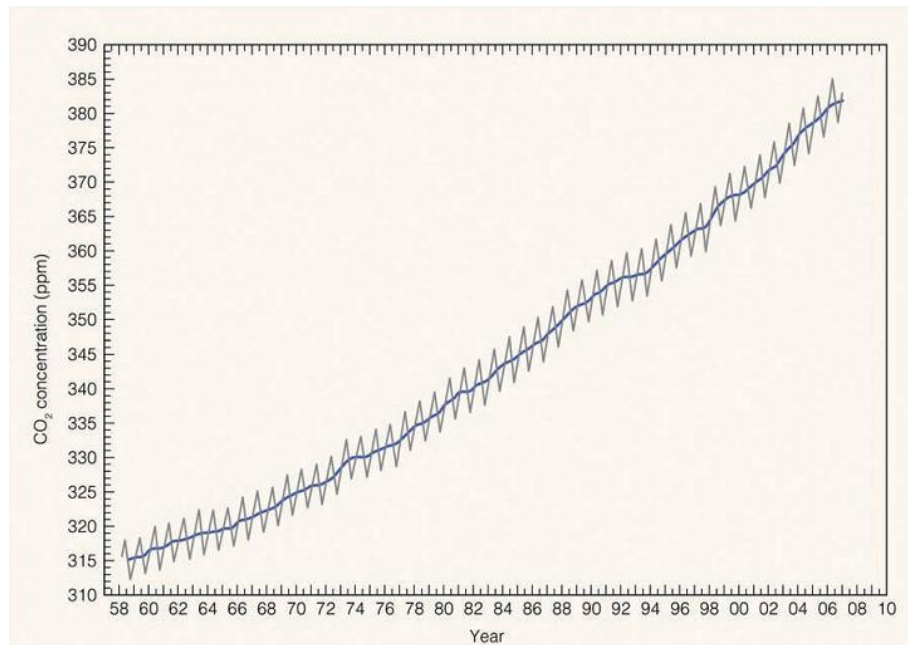
ออกซิเจนในอากาศสลายตัวโดยการรวมตัวกับก๊าซอื่น ทำให้เกิดออกไซด์ และถูกนำไปใช้แบบการหายใจก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนในอากาศจากขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยใช้แสง รวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดน้ำตาลและออกซิเจน

ไอน้ำในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ต่างๆในเขตร้อน ไอน้ำอาจมีปริมาณถึง 4% ในบรรยากาศ เขตหนาว ขั้วโลกอาจมีปริมาณเพียงเล็กน้อยไม่ถึง 1% ไอน้ำในอากาศสามารถมองเห็นเมื่อกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

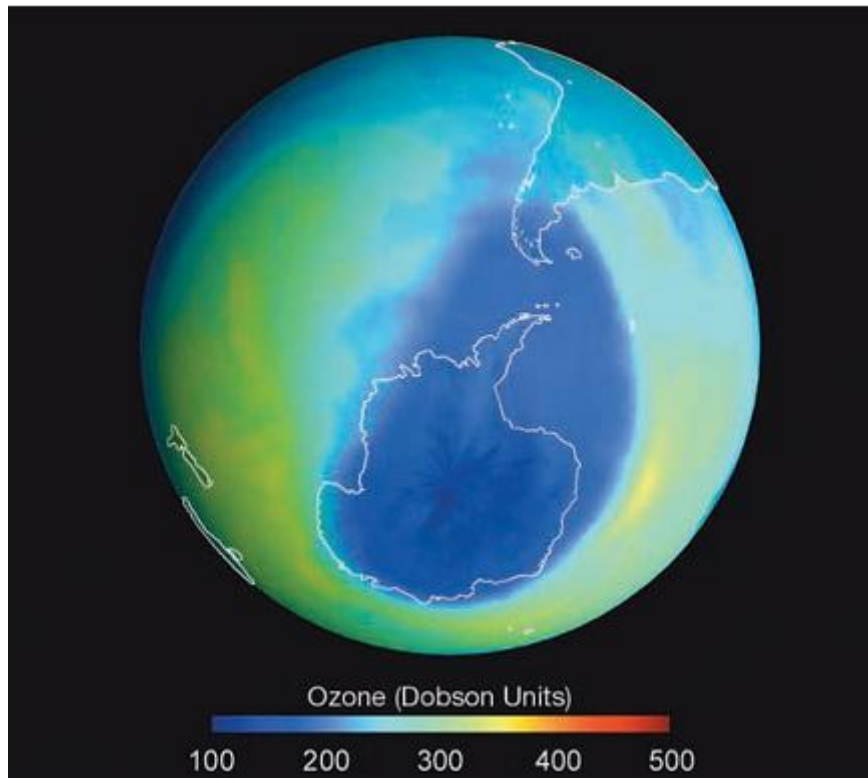


- ไอน้ำในอากาศ (H_2O) เปลี่ยนแปลงตามสถานที่ จาก 0-4 % เมื่อเปลี่ยนสถานะอาจมีการคายความร้อนแฝง หรือ ดูดความร้อนแฝง
- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีอยู่ในอากาศเล็กน้อย 0.038 % และสะสมในมหาสมุทร ประมาณ 50 เท่า ในบรรยากาศเป็นก๊าซเรือนกระจกทำให้โลกร้อน





- ก๊าซมีเทน ไนตรัสออกไซด์และคลอโรฟลูออไรด์คาร์บอน สะสมอยู่ในบรรยากาศ เช่นกัน
- โอโซน (O_2) เป็นสารที่พบในระดับต่ำผิวโลกและระดับสูงในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์ซึ่งช่วยป้องกันรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์



- อนุภาคในบรรยากาศ (aerosol) ผงฝุ่น ผงเกลือ คาร์บอน เขม่าควัน ไฟฟ้า เป็นแกนกลางในการกลั่นตัวและการเกิดมลภาวะในบรรยากาศ

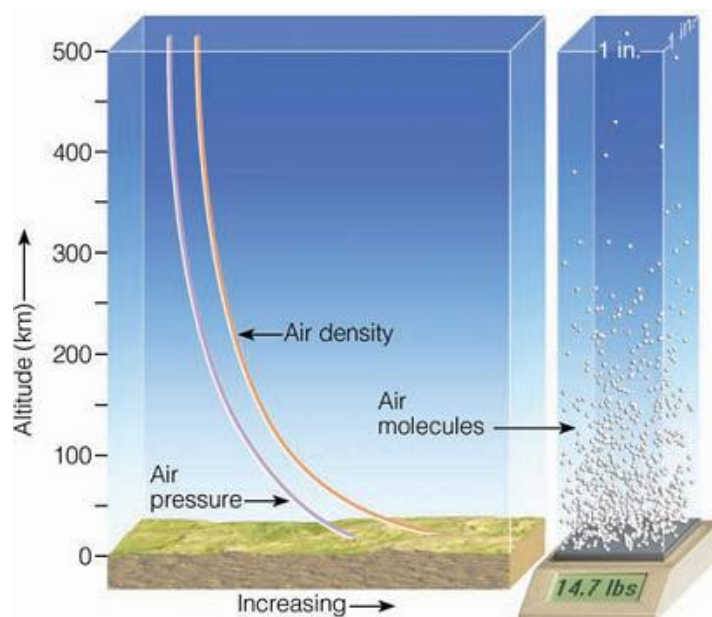


	DIAMETER	AVERAGE DISTANCE FROM SUN	AVERAGE SURFACE TEMPERATURE		MAIN ATMOSPHERIC COMPONENTS
	Kilometers	Millions of Kilometers	°C	°F	
Sun	$1,392 \times 10^3$		5,800	10,500	—
Mercury	4,880	58	260*	500	—
Venus	12,112	108	480	900	CO ₂
Earth	12,742	150	15	59	N ₂ , O ₂
Mars	6,800	228	-60	-76	CO ₂
Jupiter	143,000	778	-110	-166	H ₂ , He
Saturn	121,000	1,427	-190	-310	H ₂ , He
Uranus	51,800	2,869	-215	-355	H ₂ , CH ₄
Neptune	49,000	4,498	-225	-373	N ₂ , CH ₄
Pluto	3,100	5,900	-235	-391	CH ₄

*Sunlit side.

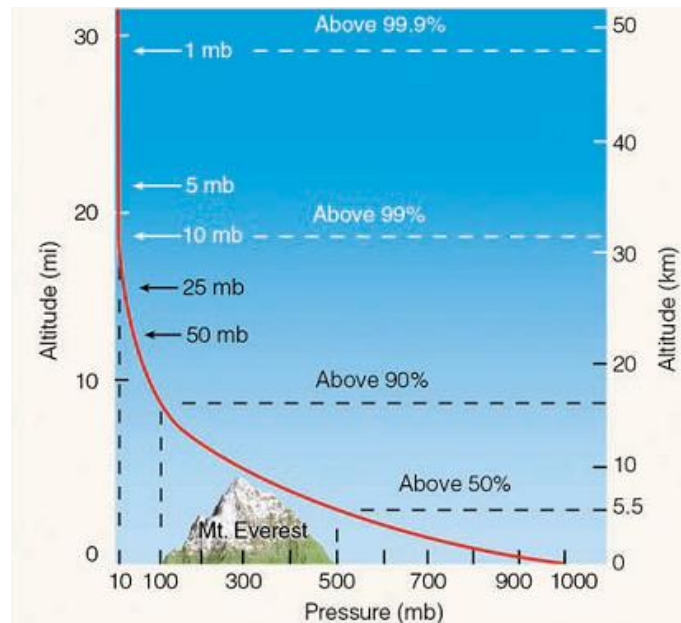
1.3 โครงสร้างของบรรยากาศ

- บางตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ส่วนประกอบของก๊าซ คุณสมบัติของประจุไฟฟ้า
- น้ำหนัก = มวล $\times$ แรงดึงดูดของโลก
- ความหนาแน่น = $\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$
- ความดัน = $\frac{\text{แรง}}{\text{พื้นที่}}$ ความดันมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเล 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- หน่วยความดัน mb , hPa

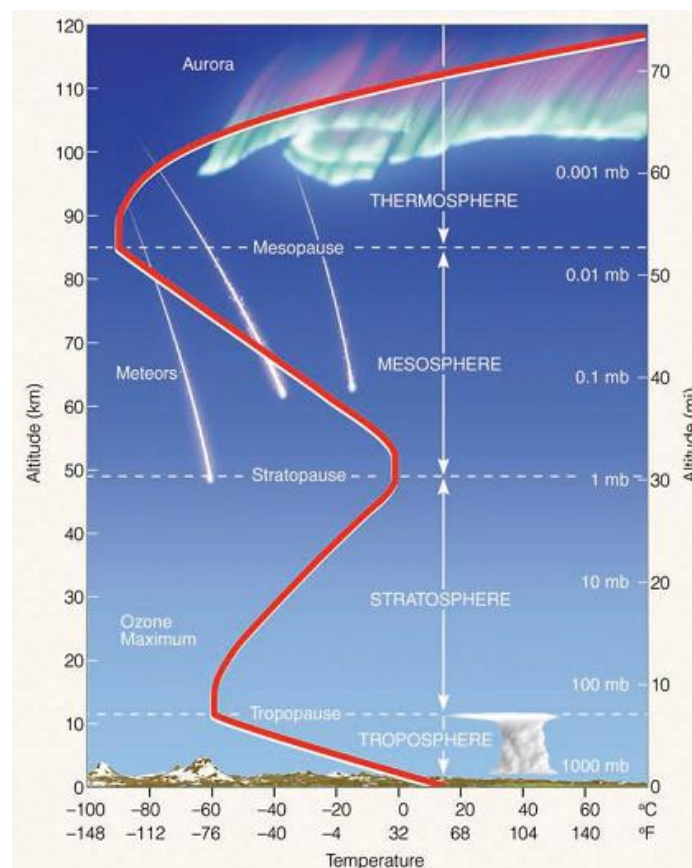


- ความกดบรรยากาศมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเล 1013.25 hPa , 29.92 in.Hg
- ความดันของบรรยากาศ คือ แรงกระทำต่อพื้นผิวขนาด 1 ตารางหน่วย ความดันบรรยากาศลดลง

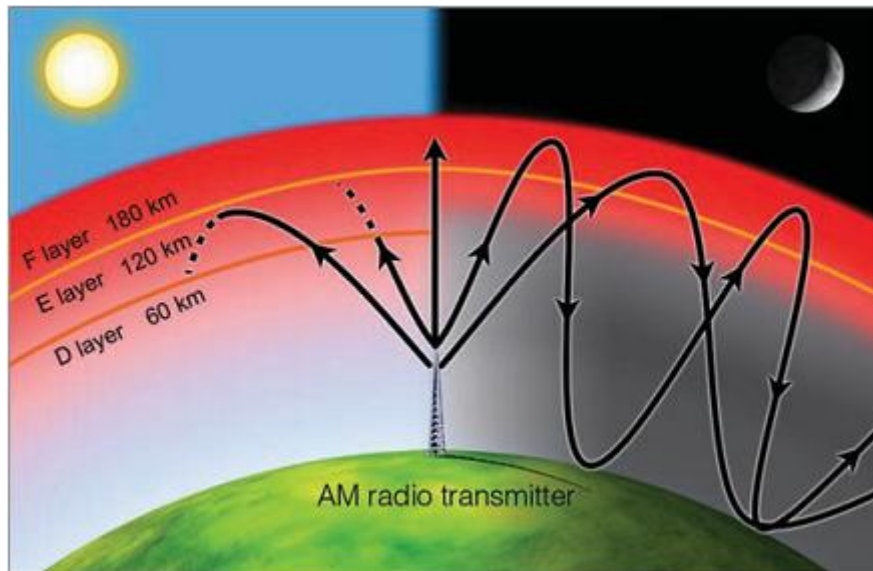
เมื่อสูงขึ้นไปในบรรยากาศ และเพิ่มขึ้นเมื่อต่ำลงมา



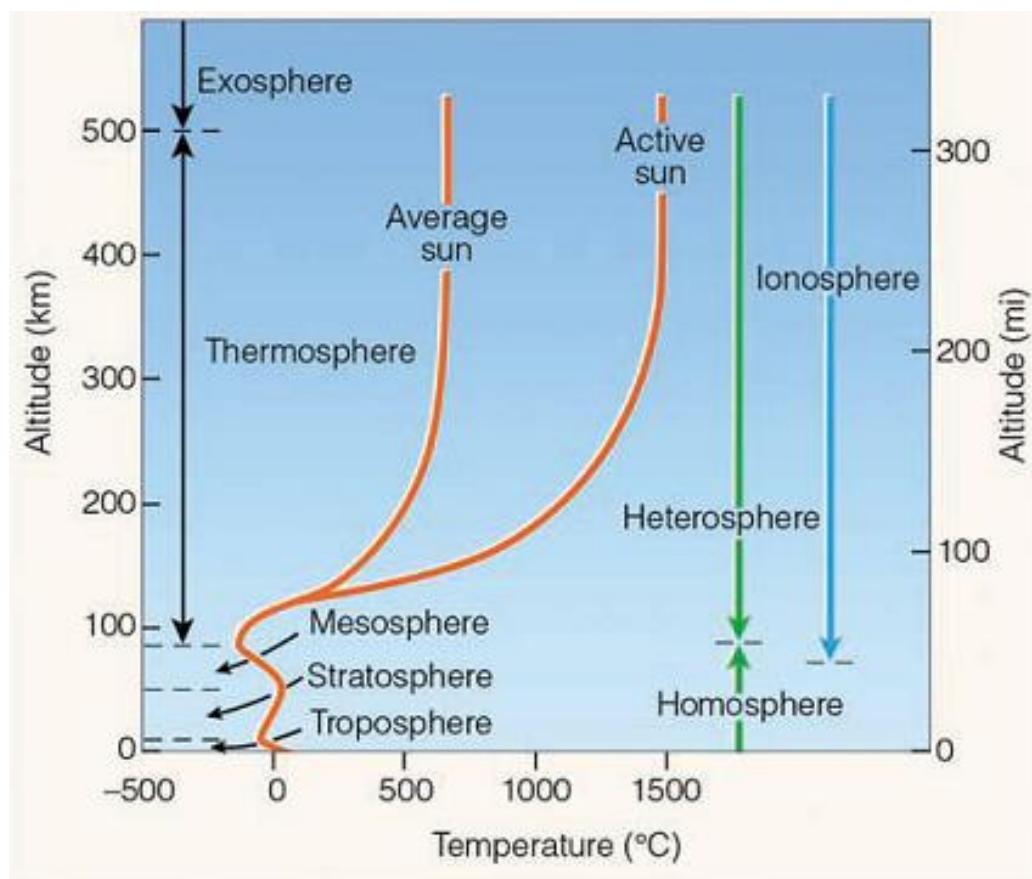
- บรรยากาศชั้นโทรโมสเฟียร์ อุณหภูมิลดลงตามความสูง Lapse rate (2°/ 1,000ฟุต)
- ชั้นโทรโพสเฟียร์ อุณหภูมิคงที่ Isothermal มักเกิด Jet stream บริเวณนี้
- บรรยากาศชั้น Mesosphere อุณหภูมิลดลงตามความสูง
- บรรยากาศชั้น Thermosphere อุณหภูมิเพิ่มตามความสูงเลยออกไปเรียก Exosphere



- Ionosphere เป็นชั้นประจุไฟฟ้าในบรรยากาศประกอบด้วย D, E, F



- Homosphere โมเลกุลอากาศ อยู่ใกล้กัน Heterosphere โมเลกุลอากาศอยู่ห่างกัน

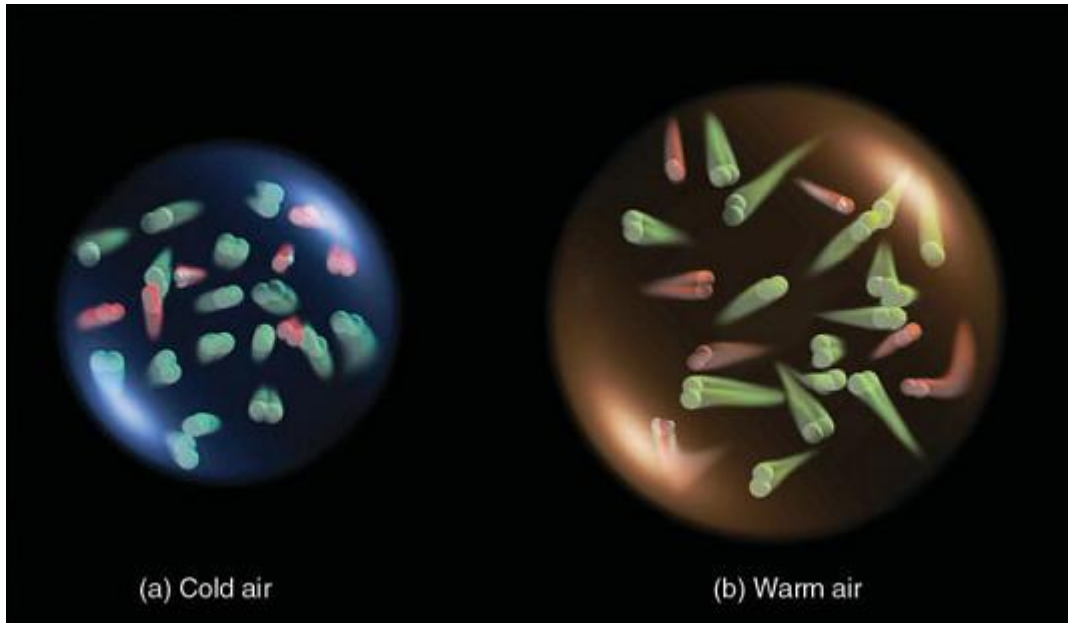


บทที่ 2

ความร้อน

1.1 พลังงาน (Energy)

- ความสามารถในการทำงานของวัตถุในอากาศ

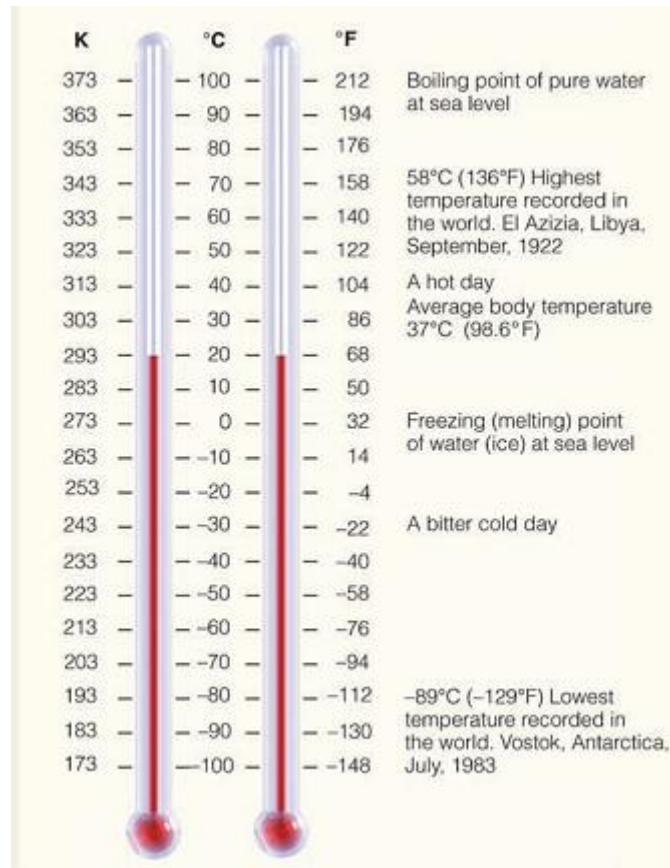


- พลังงานศักย์ (Potential Energy : PE) เป็นพลังงานที่สะสมในวัตถุ
 $PE = mgh$ (m = มวล , g = แรงดึงดูดของโลก , h = ความสูง)
 - พลังงานจลน์ (Kinetic Energy : KE) เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 $KE = \frac{1}{2}mv^2$ (m = มวล , v = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ)
 - พลังงานภายใน หมายถึงพลังงานศักย์รวมกับพลังงานจลน์ในวัตถุ
- #### 1.2 อุณหภูมิ (Heat)
- พลังงานที่ส่งผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง อันเป็นผลมาจากการแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัตถุ
 - ถ่ายเทพลังงานความร้อนมี 3 วิธี ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน
 - สเกลของอุณหภูมิ เซลเซียส ฟาเรนไฮต์ เคลวิน หรือ องศาสมบูรณ์
 - ศูนย์องศาสมบูรณ์ หมายถึง อะตอมและโมเลกุลจะมีจำนวนพลังงานต่ำสุด ซึ่งไม่สามารถทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

9

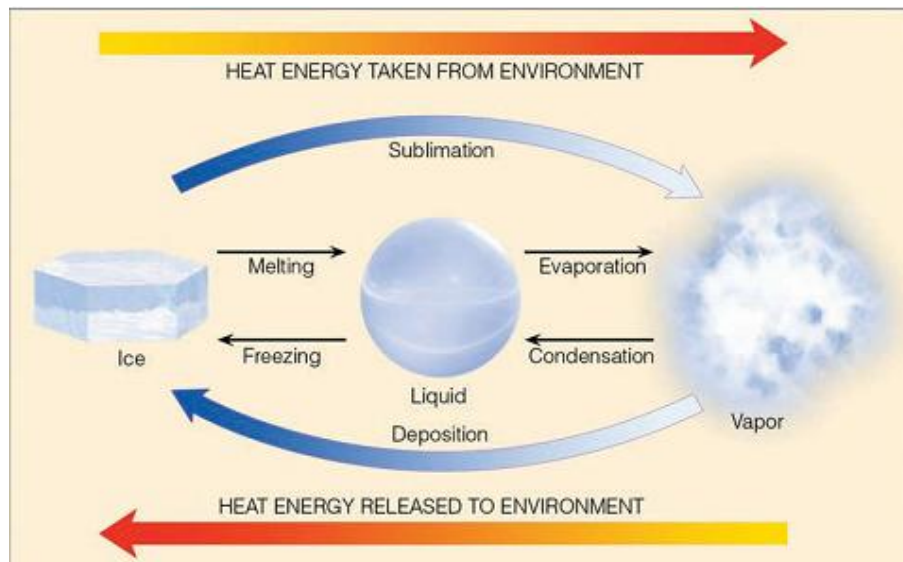
$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$



- ความร้อนจำเพาะจำนวนความร้อนที่ทำให้วัตถุ น้ำหนัก 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C

SUBSTANCE	SPECIFIC HEAT (Cal/g × °C)	J/(kg × °C)
Water (pure)	1.00	4186
Wet mud	0.60	2512
Ice (0°C)	0.50	2093
Sandy clay	0.33	1381
Dry air (sea level)	0.24	1005
Quartz sand	0.19	795
Granite	0.19	794

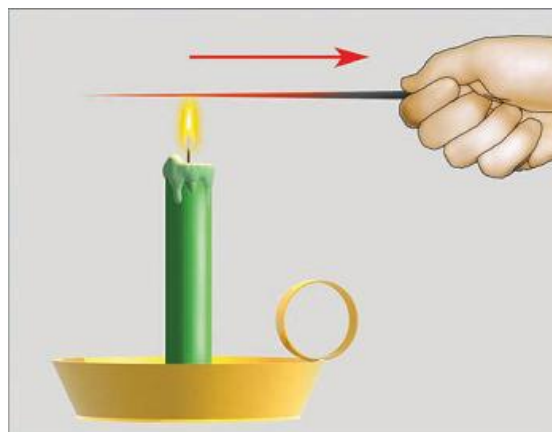
- ความร้อนแฝง (Latent heat) คือ พลังงานความร้อนที่ต้องการเปลี่ยนสถานะสารจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง
- ความร้อนแฝงการระเหย 600 แคลอรี/กรัม ความร้อนแฝงการละลาย 80 แคลอรี/กรัม



- ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) พลังงานความร้อนที่รู้สึกและสามารถวัดด้วยเทอร์มิเตอร์ได้

1.3 การส่งผ่านความร้อนในบรรยากาศ

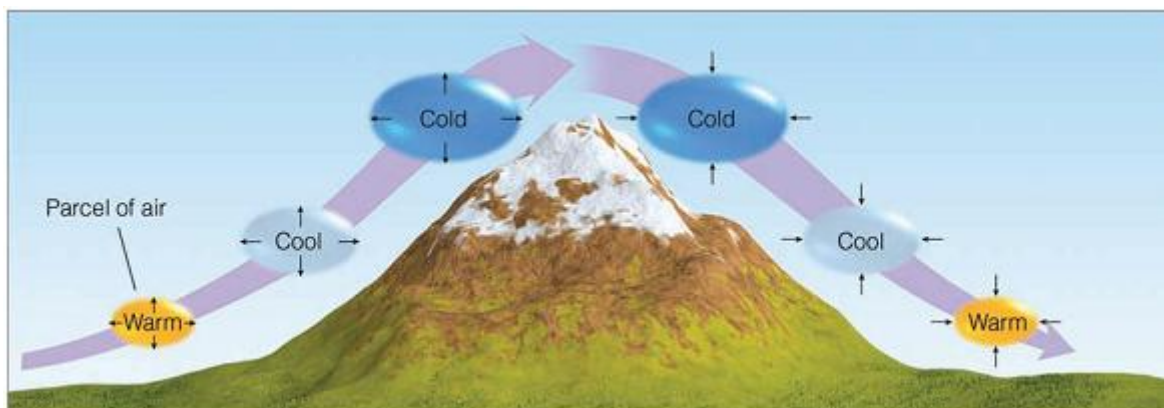
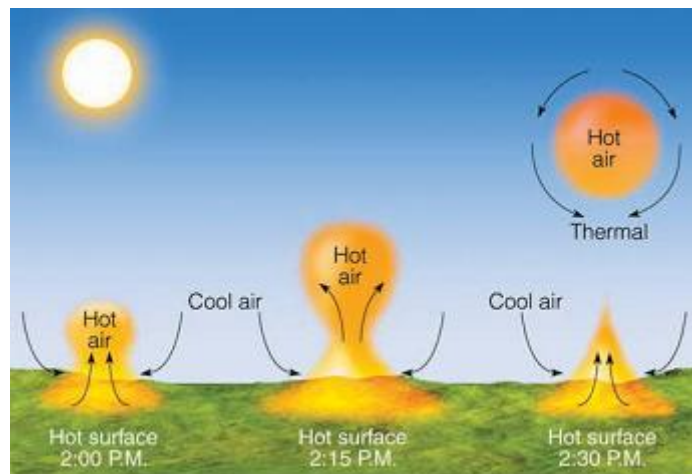
- การนำความร้อน อาศัยตัวกลางที่ติดกันส่งผ่านความร้อน จากร้อนไปเย็น



SUBSTANCE	HEAT CONDUCTIVITY (Watts† per meter per °C)
Still air	0.023 (at 20°C)
Wood	0.08
Dry soil	0.25
Water	0.60 (at 20°C)
Snow	0.63
Wet soil	2.1
Ice	2.1
Sandstone	2.6
Granite	2.7
Iron	80
Silver	427

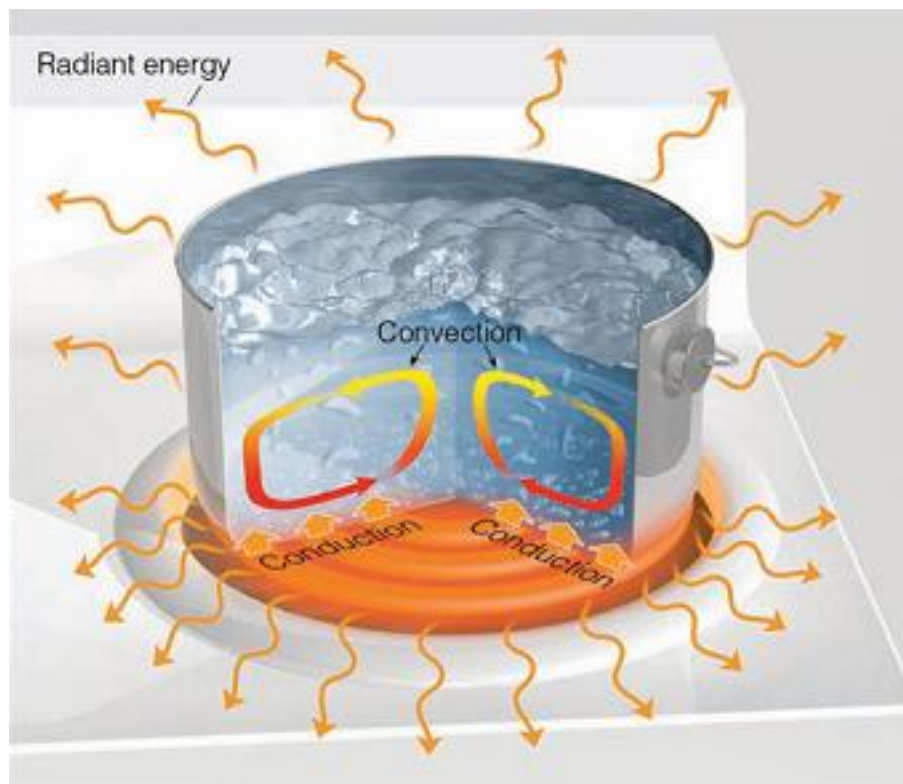
*Heat (thermal) conductivity describes a substance's ability to conduct heat as a consequence of molecular motion.
†A watt (W) is a unit of power where one watt equals one joule (J) per second (J/s). One joule equals 0.24 calories.

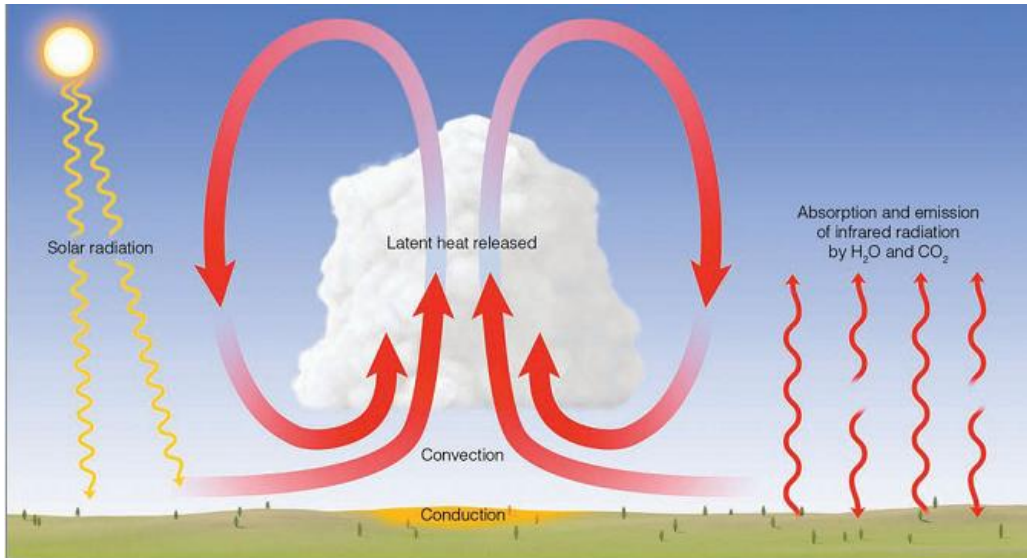
- การพาความร้อน การเคลื่อนที่ของไหลส่งผ่านความร้อน ประกอบด้วย การพาความร้อนทางระดับ และทางตั้ง



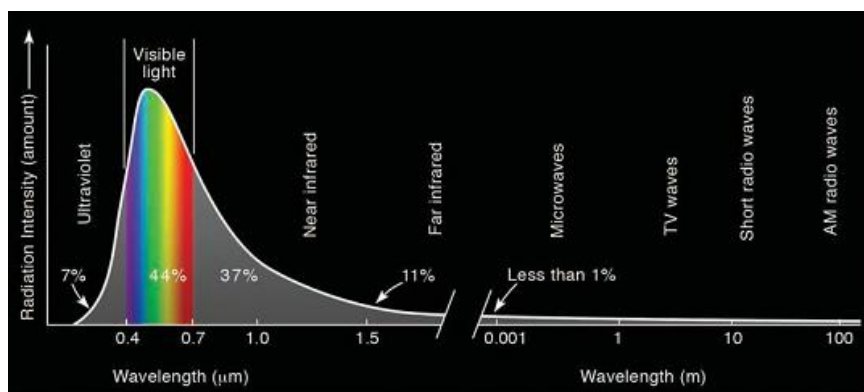
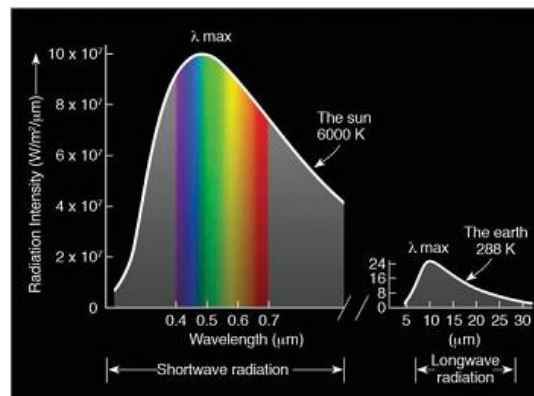
TYPE OF RADIATION	RELATIVE WAVELENGTH	TYPICAL WAVELENGTH (meters)	ENERGY CARRIED PER WAVE OR PHOTON
AM radio waves	Wavelength	100	Increasing 
Television waves		1	
Microwaves		10^{-3}	
Infrared waves		10^{-6}	
Visible light		5×10^{-7}	
Ultraviolet waves		10^{-7}	
X rays		10^{-9}	

- การแผ่รังสีความร้อน การส่งผ่านความร้อนโดยไม่มีตัวกลาง

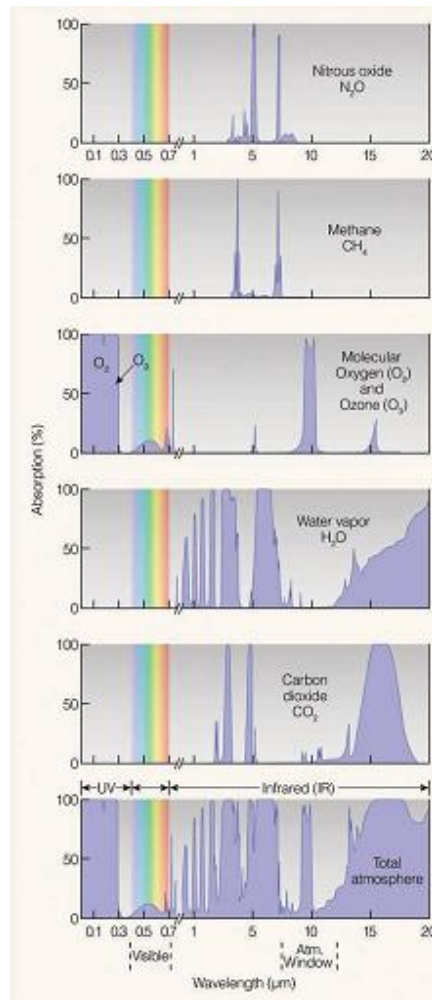




- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลกประกอบด้วยหลายช่วงคลื่น

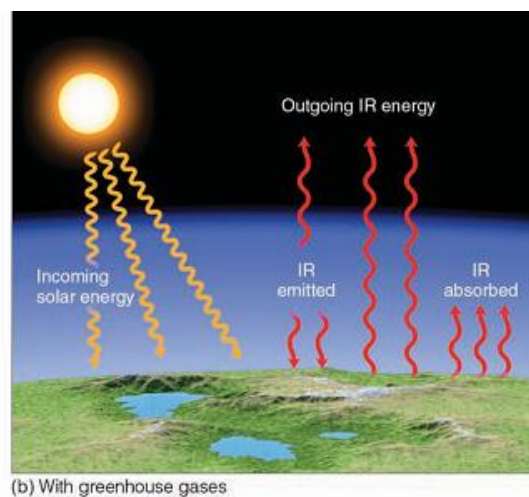
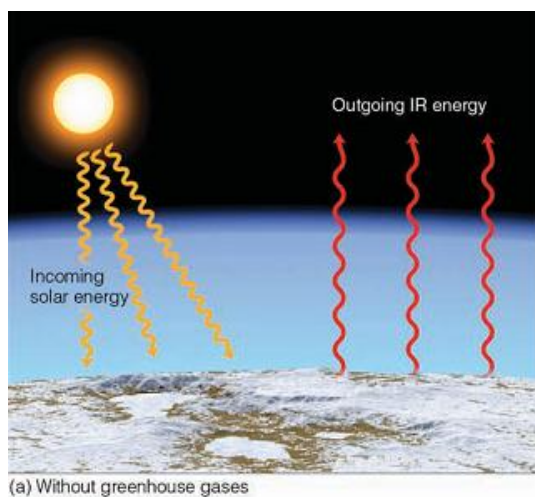


- หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Window) คือ ความยาวคลื่นที่โลกแผ่รังสีความร้อนออกไปสู่อวกาศ

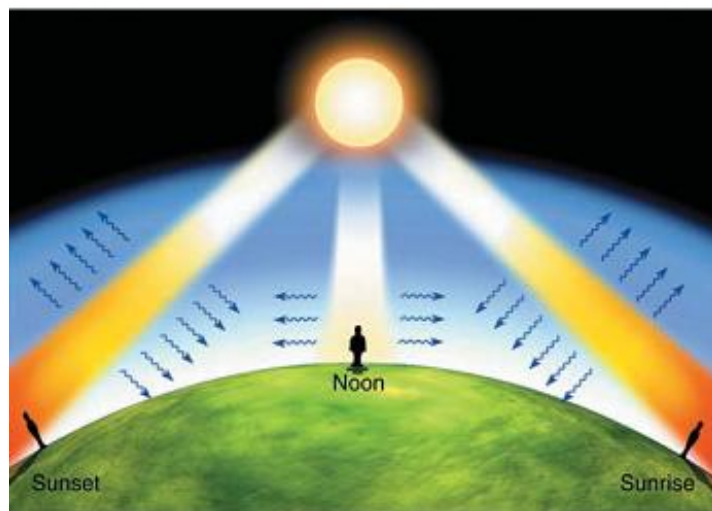
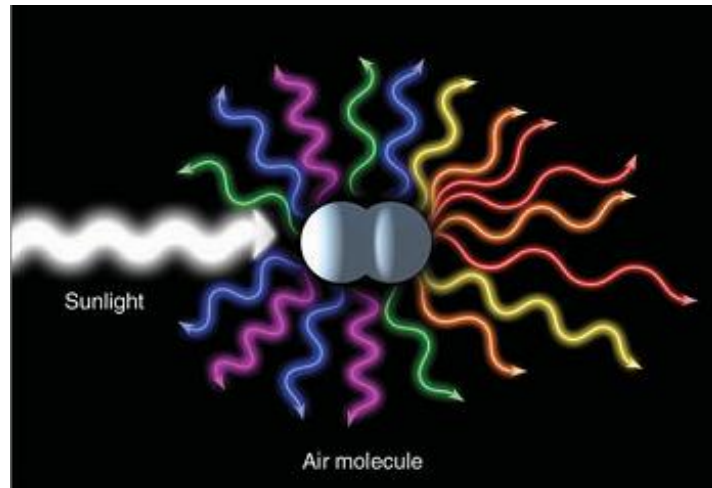


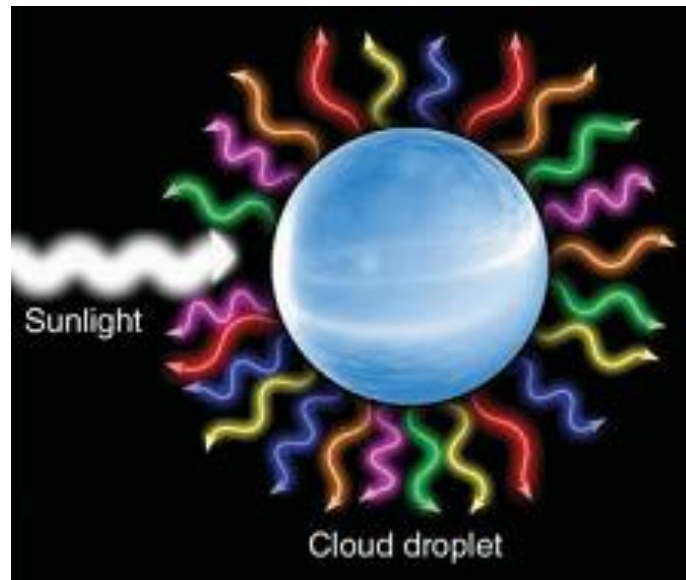
1.4 รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Incoming Solar Radiation)

- คลื่นสั้น พลังงานสูง และมีการชนกับบรรยากาศโลก
- คลื่นสั้นทำมุม ตั้งฉากกับพื้นดินมีค่า 1.367 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร เรียกว่า Solar Constant
- การกระจายของคลื่นสั้นเมื่อกระทบพื้นดิน เรียกว่า scattering
- การสะท้อนของคลื่นสั้นเมื่อกระทบพื้นดิน เรียกว่า Reflection
- เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนการสะท้อนของคลื่นสั้นต่อการกระทบบนผิวพื้น เรียกว่า Albedo

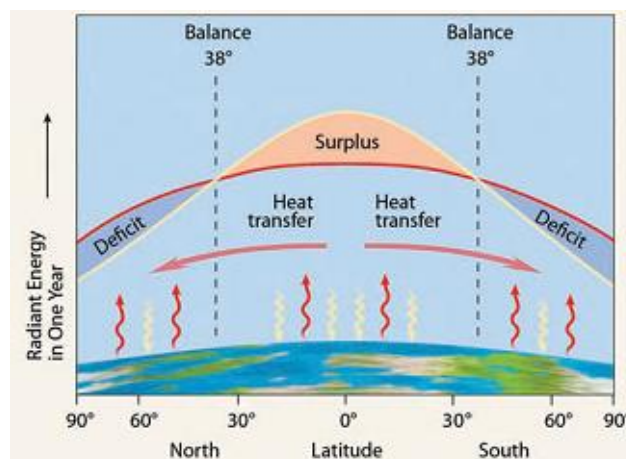
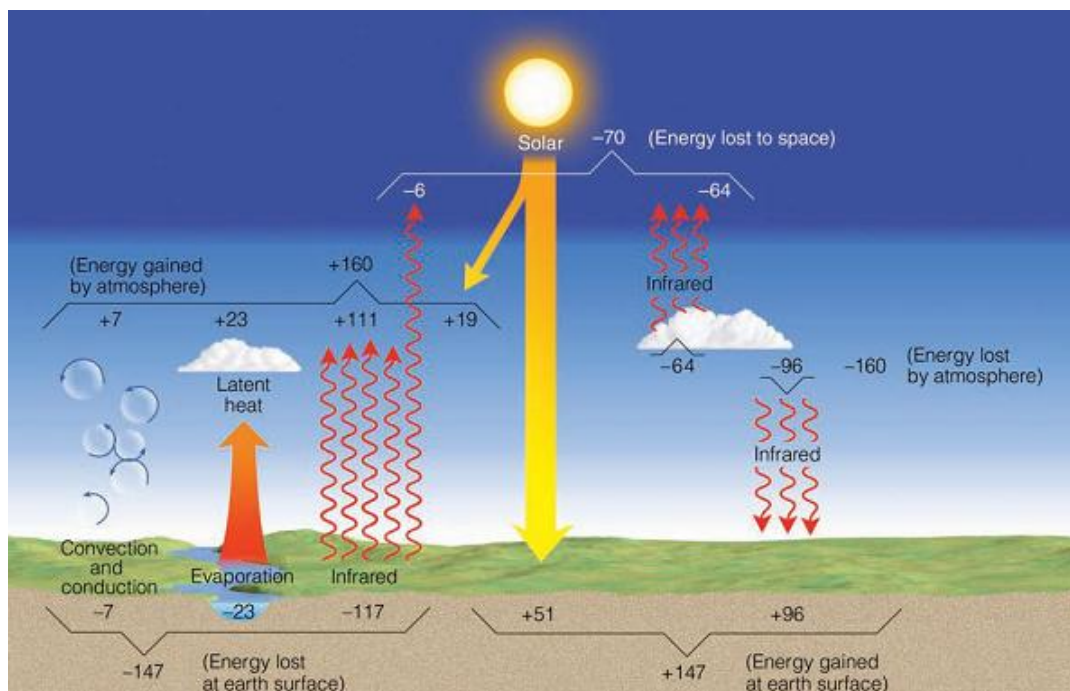
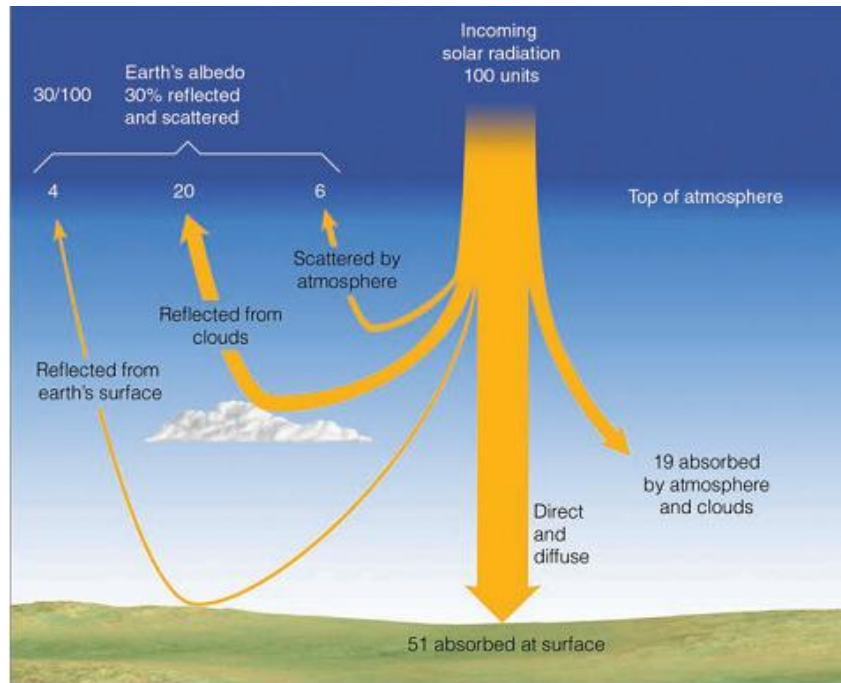


1.5 สมดุลพลังงานความร้อนของโลก

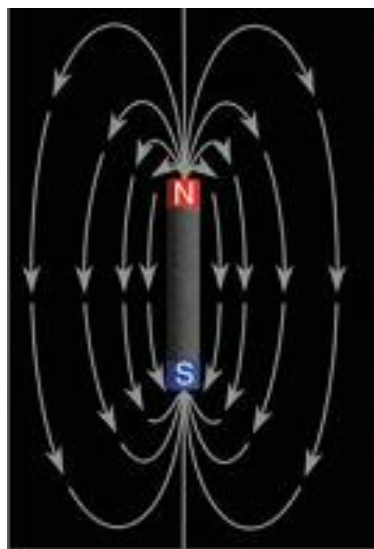
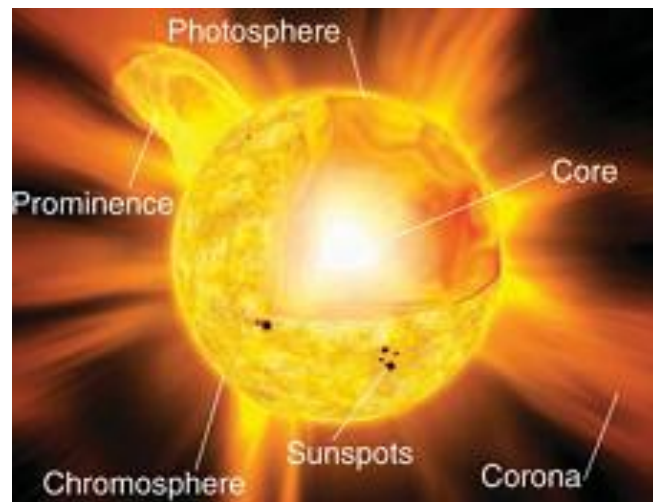




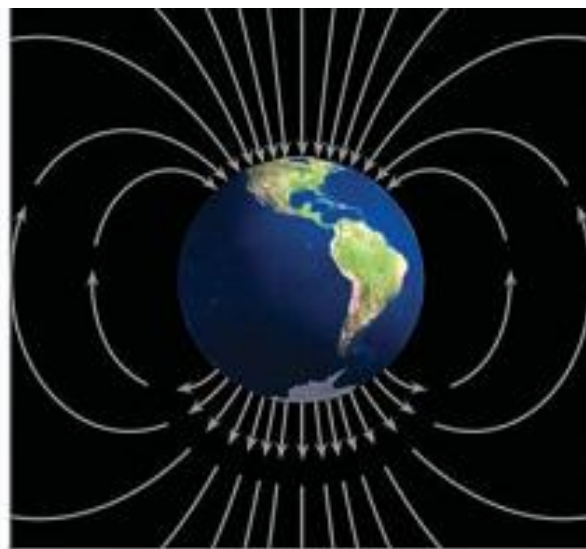
SURFACE	ALBEDO (PERCENT)
Fresh snow	75 to 95
Clouds (thick)	60 to 90
Clouds (thin)	30 to 50
Venus	78
Ice	30 to 40
Sand	15 to 45
Earth and atmosphere	30
Mars	17
Grassy field	10 to 30
Dry, plowed field	5 to 20
Water	10*
Forest	3 to 10
Moon	7
*Daily average.	



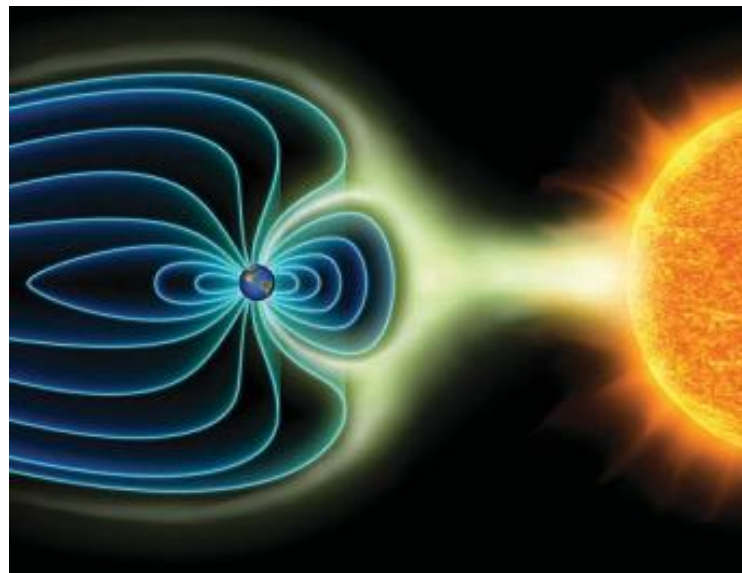
1.6 อนุภาคจากดวงอาทิตย์ และแสงเหนือแสงใต้

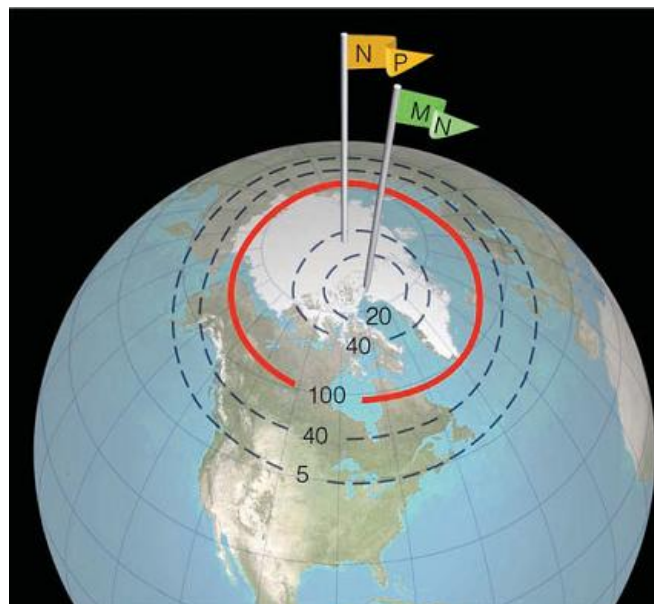
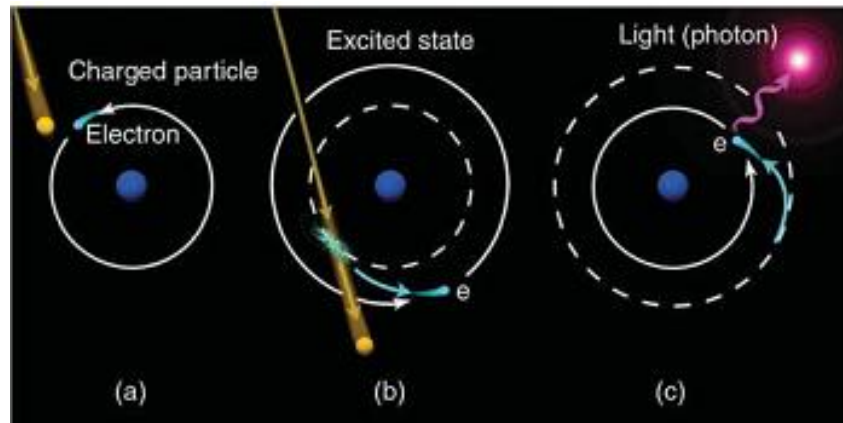


Bar magnet



Earth



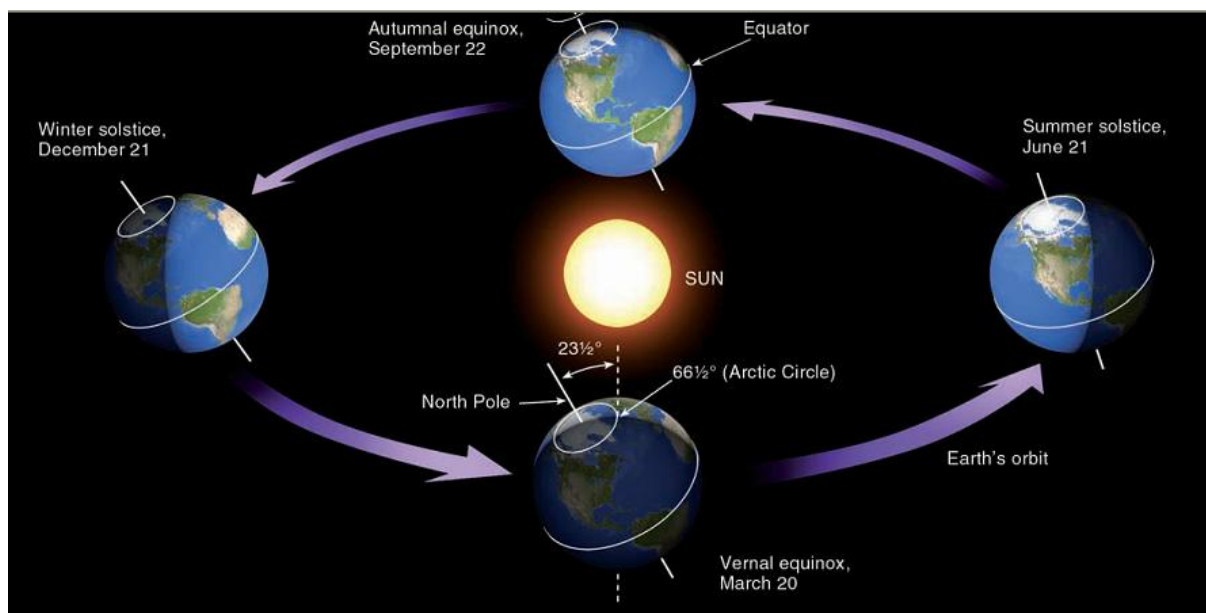
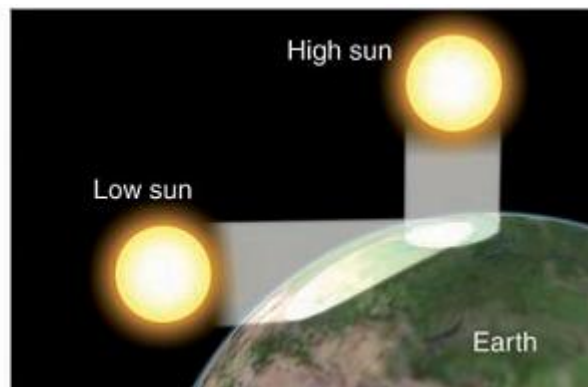
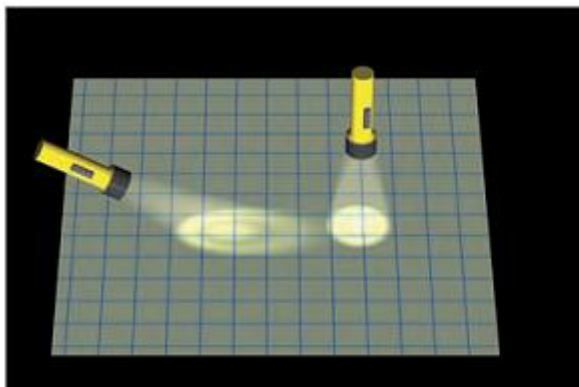
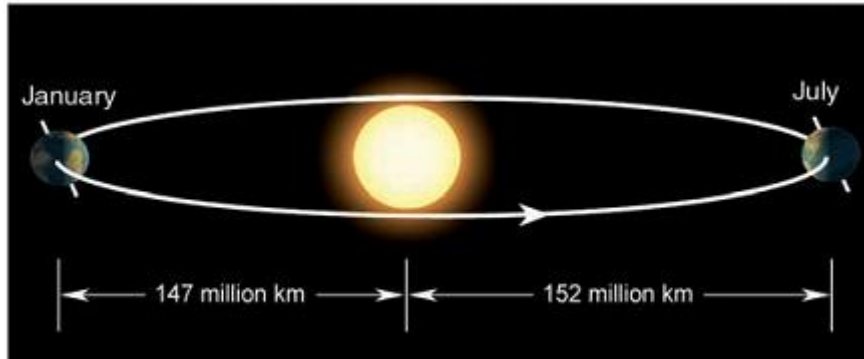


บทที่ 3

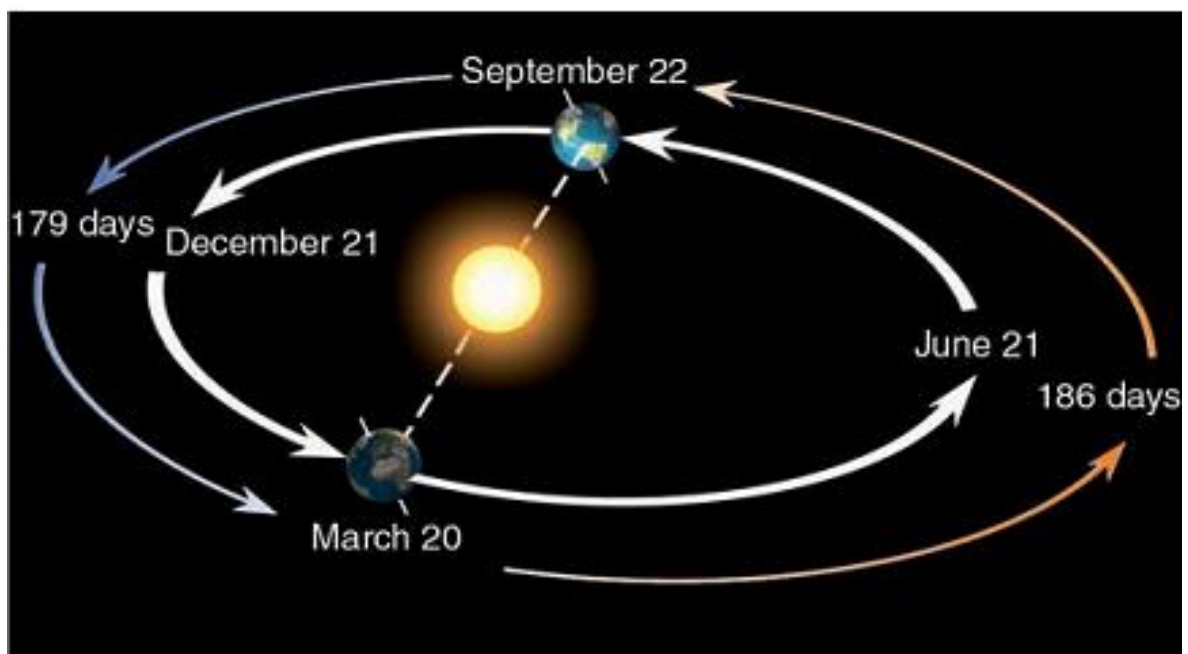
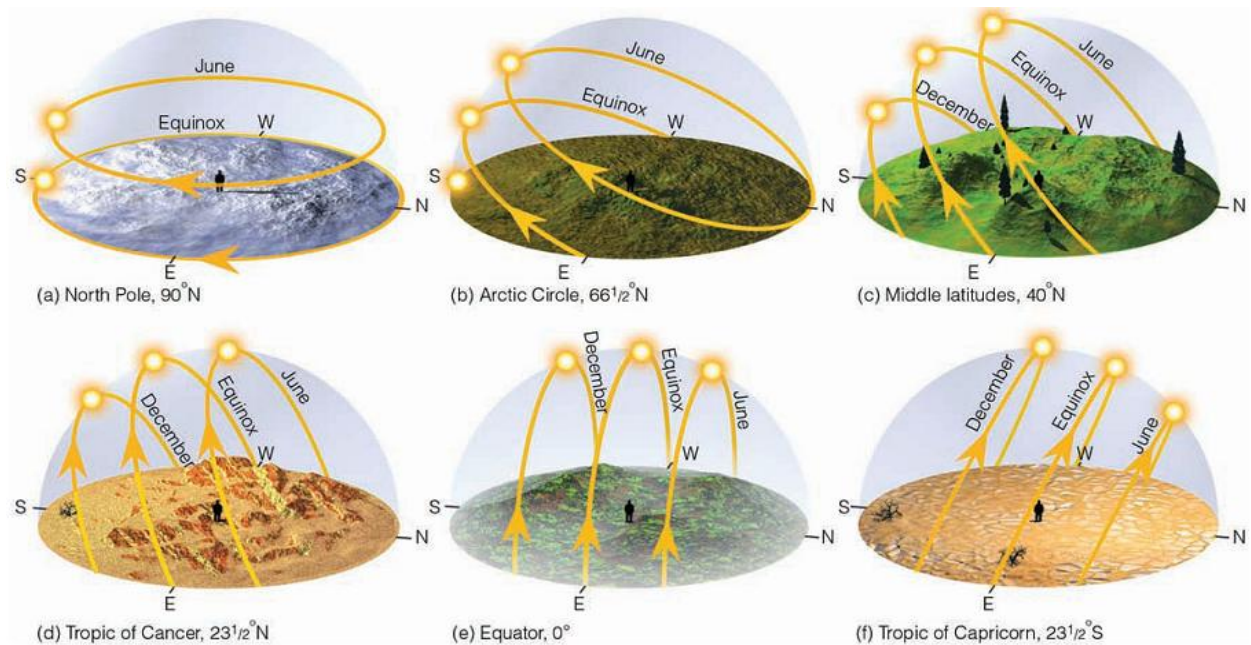
อุณหภูมิจิ

1.1 ฤดูกาล

- เกิดจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ รัศมี 150 ล้านกิโลเมตร (93 ล้านไมล์)

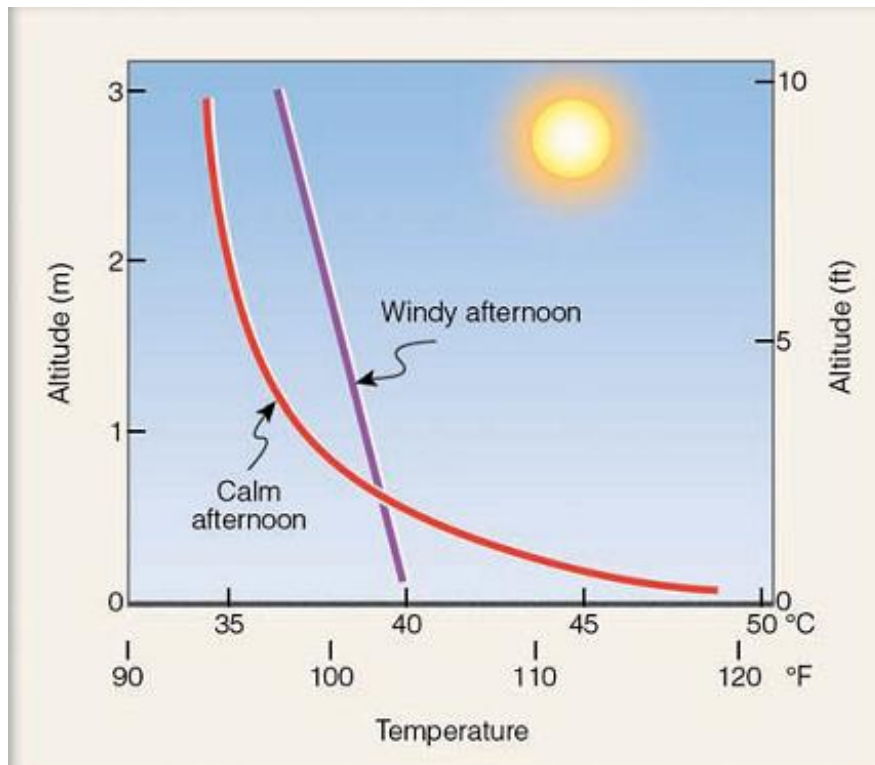
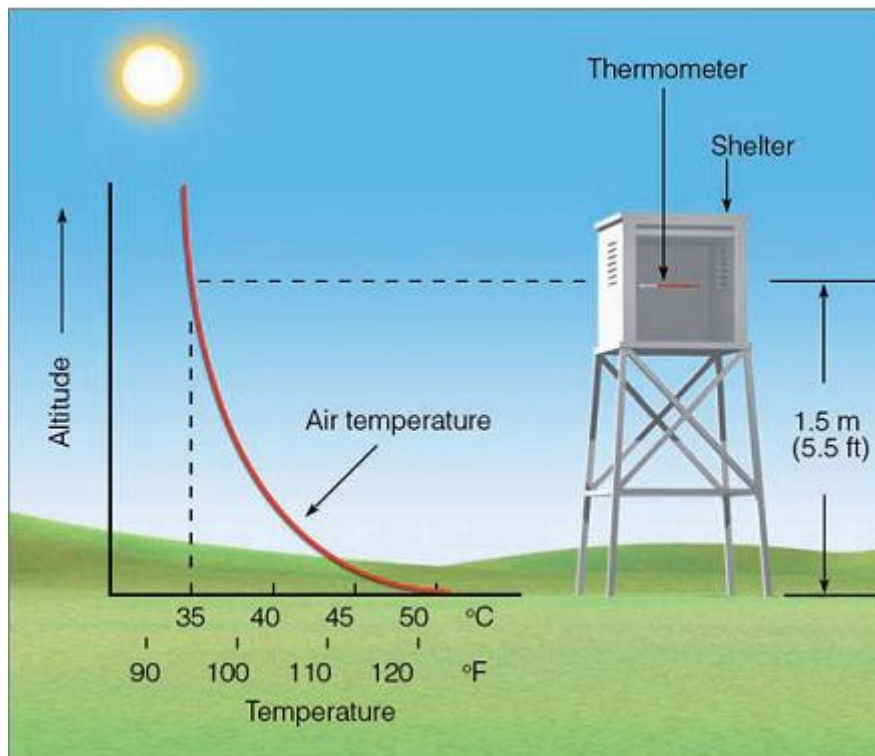


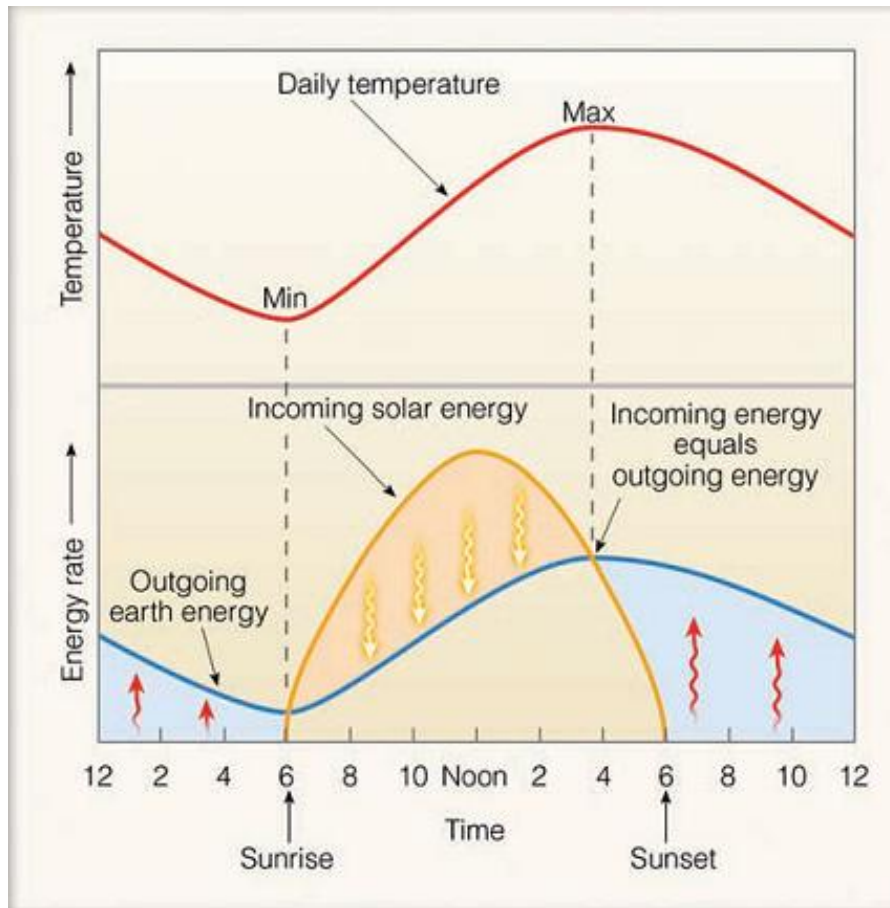
- Summer solstice : 21 June แสงจากดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉาก ละติจูด 23.5°N เป็นวันเริ่มต้นฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ
- Autumnal (fall) equinox : 22 September แสงจากดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉาก equator เป็นวันเริ่มต้นฤดูใบไม้ร่วง
- Winter solstice : 21 December แสงจากดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉาก ละติจูด 66.5°S เป็นวันเริ่มต้นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ
- Vernal (spring) equinox : 20 March แสงจากดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉาก equator เป็นวันเริ่มต้นฤดูใบไม้ผลิ



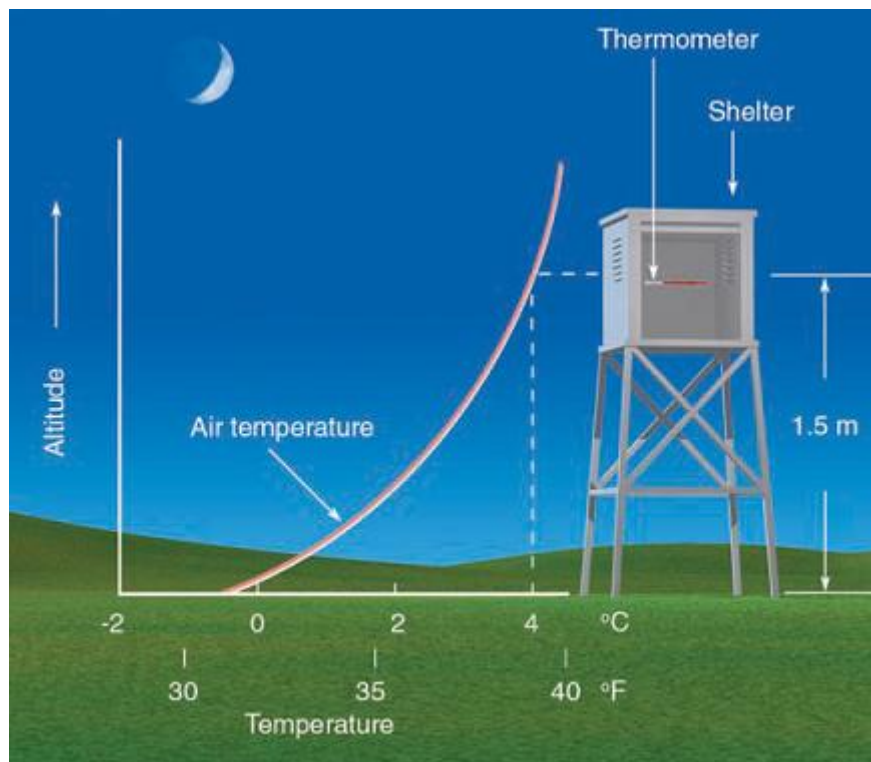
1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน

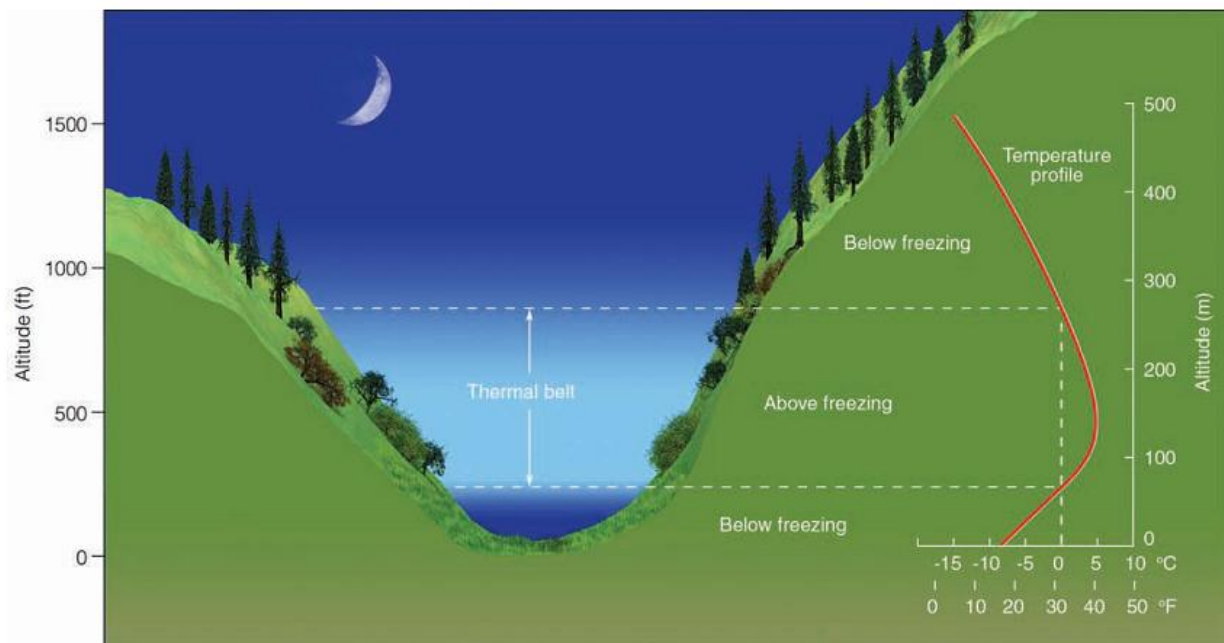
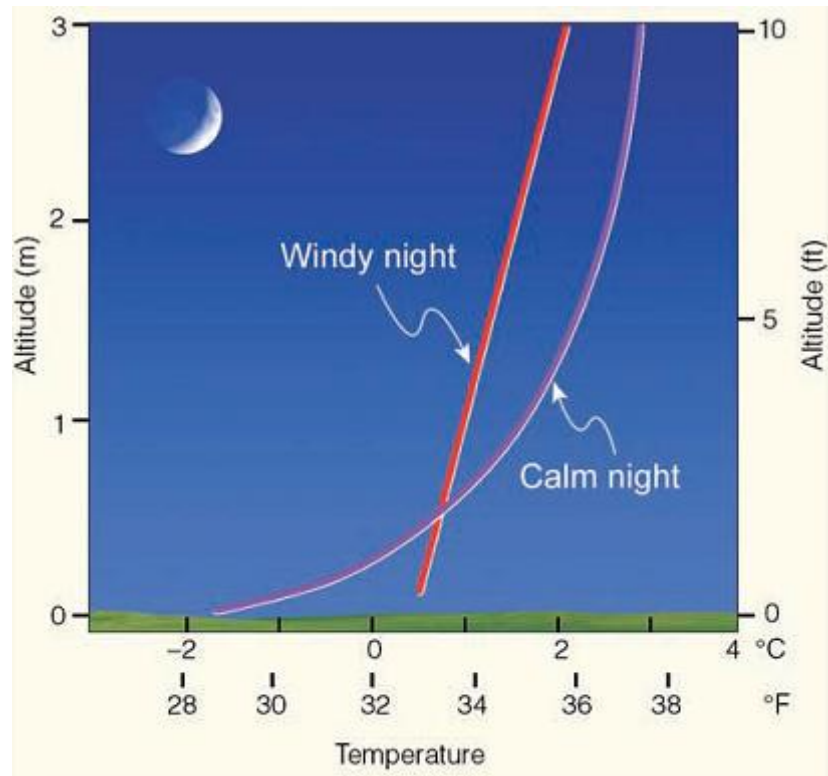
- เวลากลางวัน



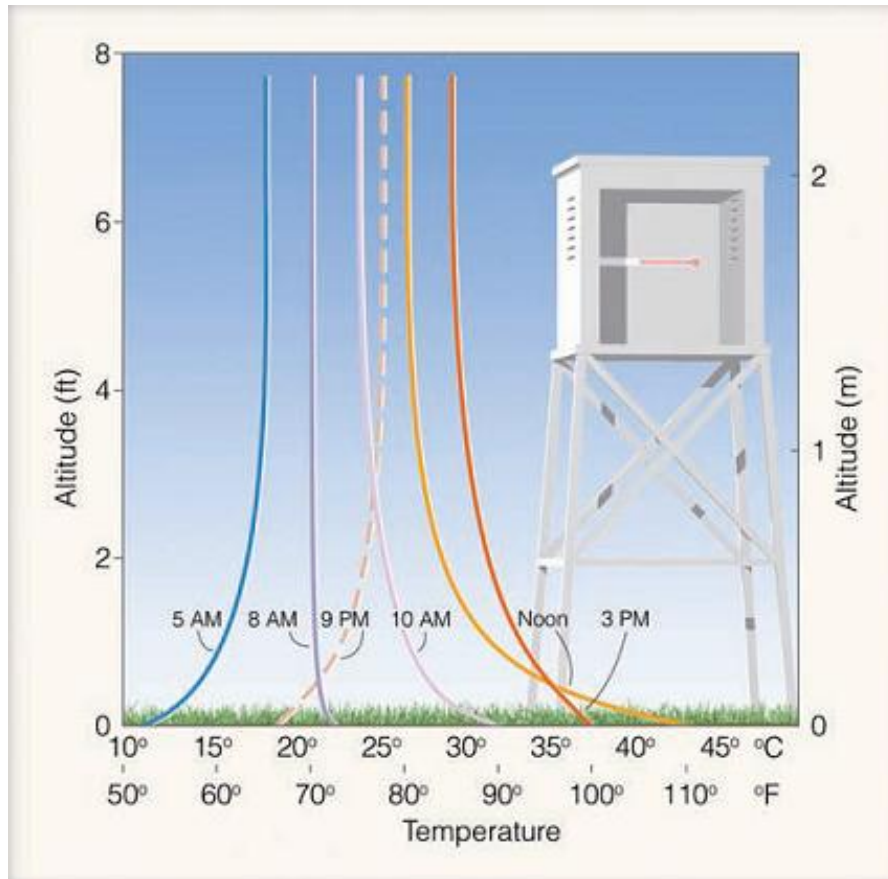


- เวลากลางวัน



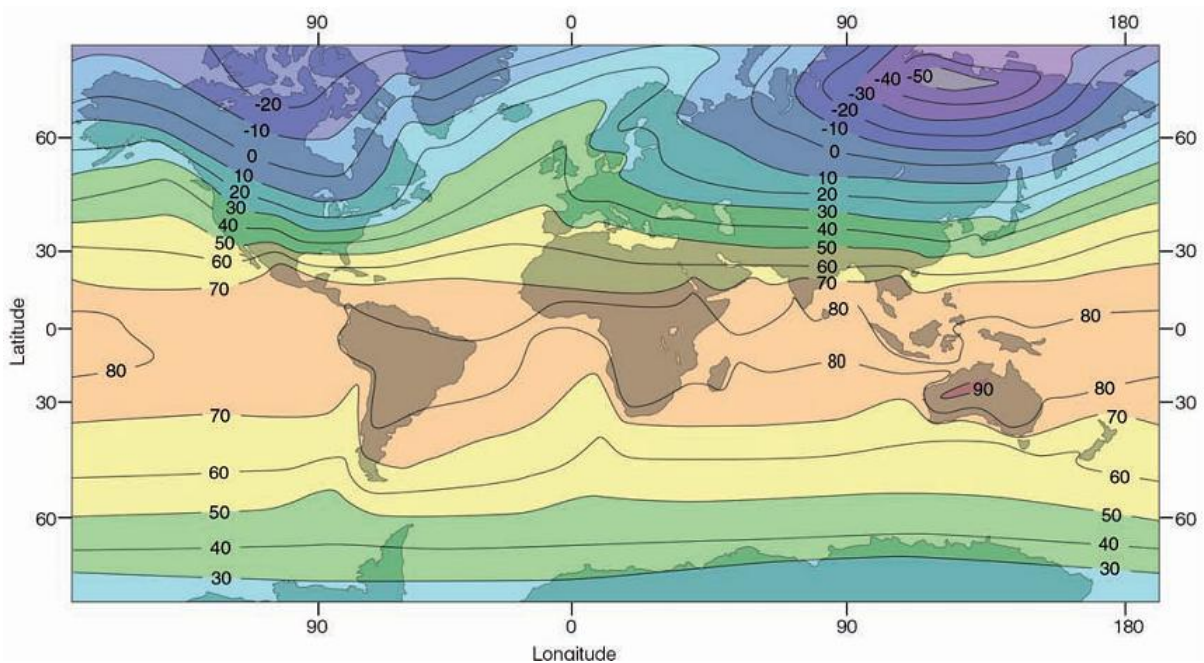


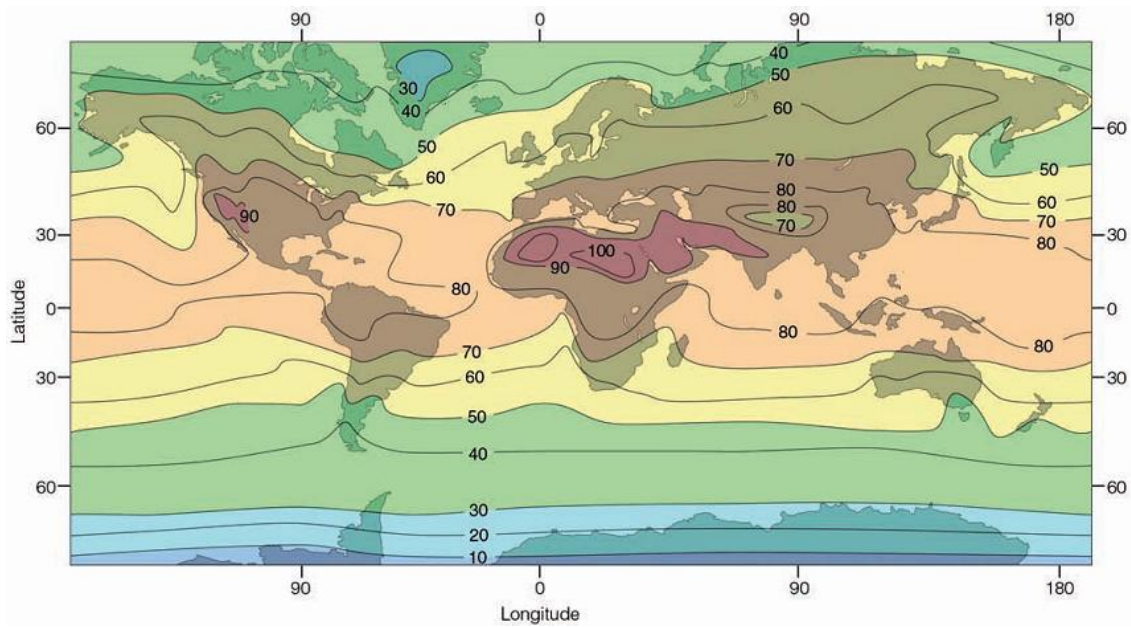
- อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดวัน



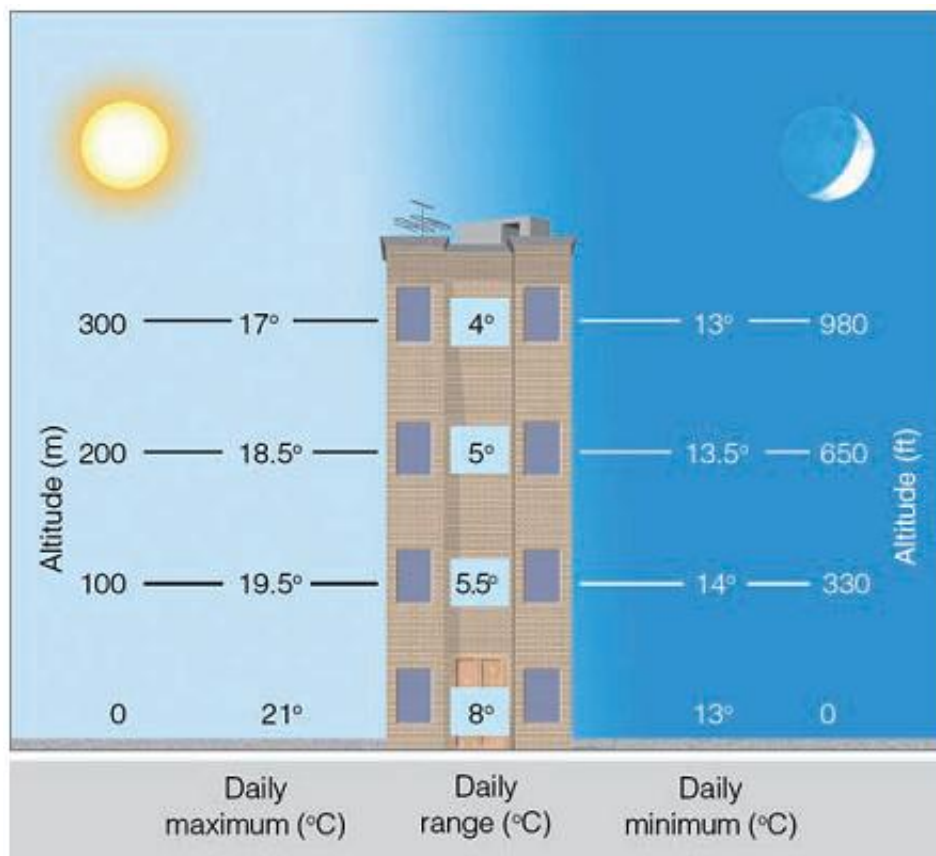
1.3 ปัจจัยควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

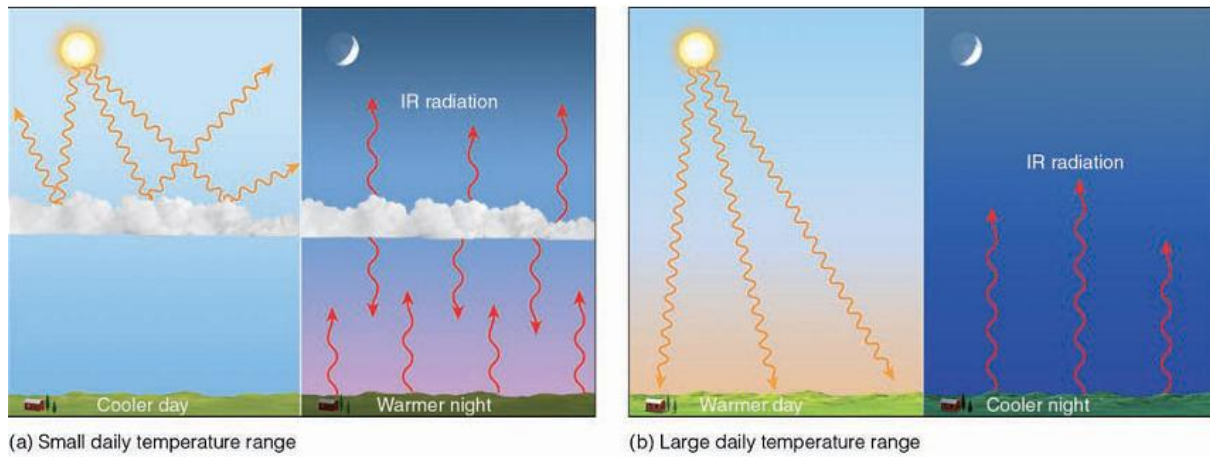
- ละติจูด การกระจายของพื้นดินและพื้นน้ำ , กระแสน้ำในมหาสมุทร , ความสูง
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน (diurnal variation) คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน





- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทางดิ่ง





1.4 สภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ที่ได้รับผลกระทบจากอากาศหนาว

▼ TABLE 3.4 Wind-Chill Equivalent Temperature (°C)*

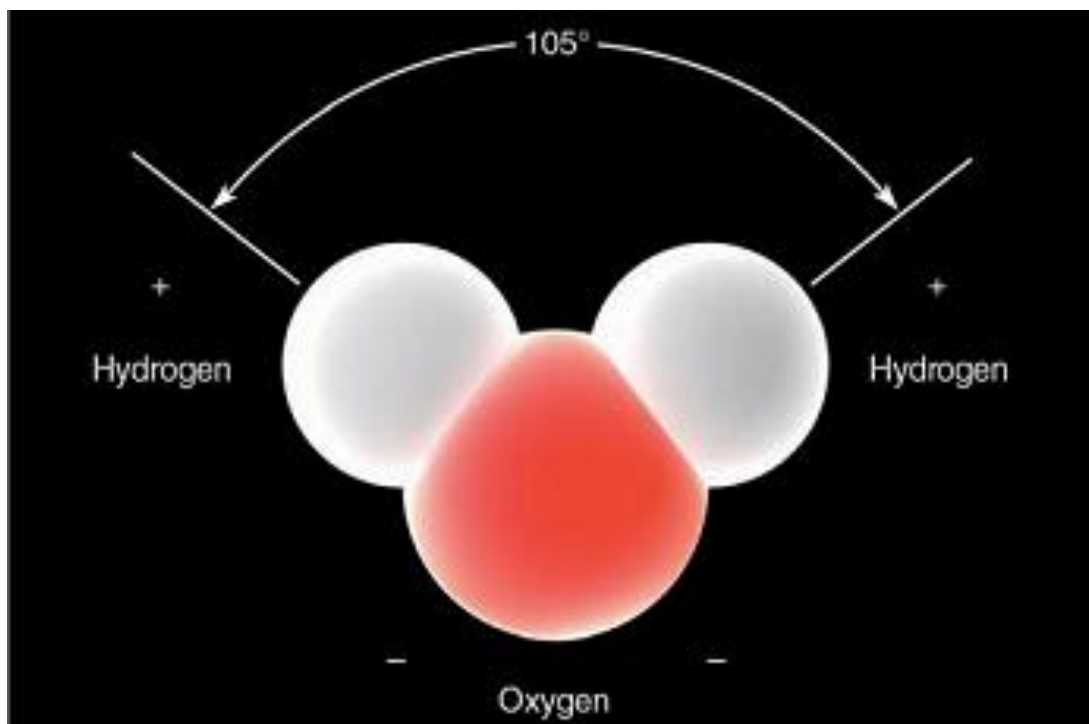
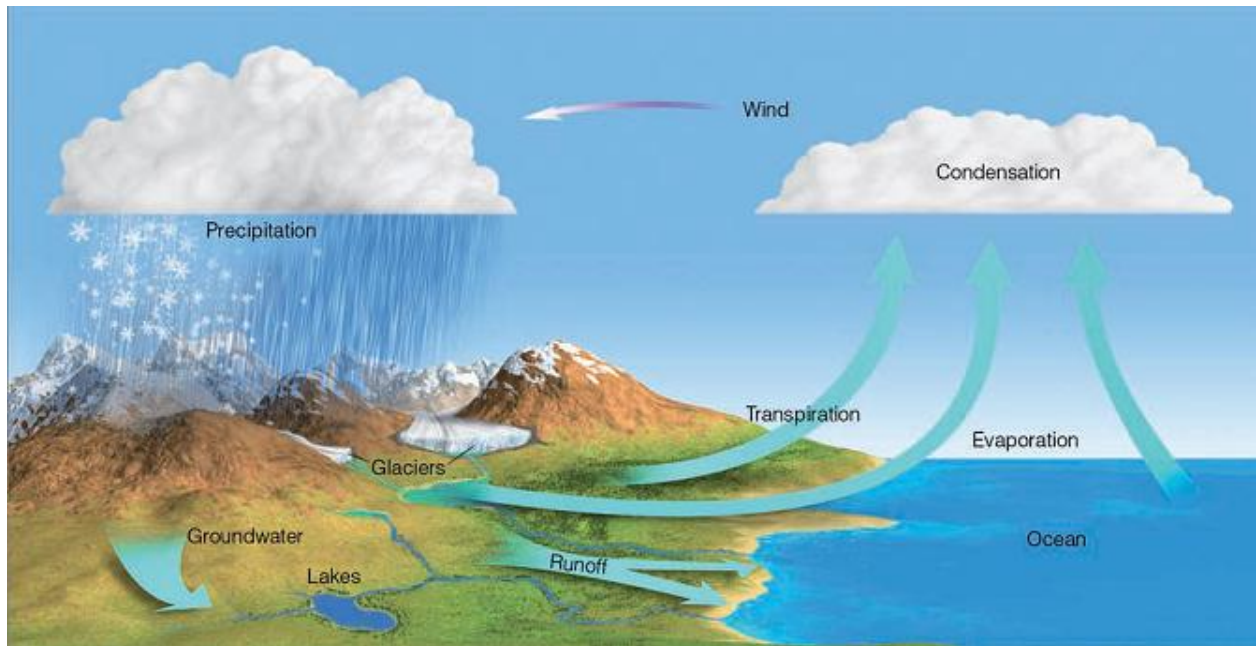
		AIR TEMPERATURE (°C)													
WIND SPEED (KM/HR)	Calm	10	5	0	−5	−10	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45	−50	
	10	8.6	2.7	−3.3	−9.3	−15.3	−21.1	−27.2	−33.2	−39.2	−45.1	−51.1	−57.1	−63.0	
	15	7.9	1.7	−4.4	−10.6	−16.7	−22.9	−29.1	−35.2	−41.4	−47.6	−51.6	−59.9	−66.1	
	20	7.4	1.1	−5.2	−11.6	−17.9	−24.2	−30.5	−36.8	−43.1	−49.4	−55.7	−62.0	−68.3	
	25	6.9	0.5	−5.9	−12.3	−18.8	−25.2	−31.6	−38.0	−44.5	−50.9	−57.3	−63.7	−70.2	
	30	6.6	0.1	−6.5	−13.0	−19.5	−26.0	−32.6	−39.1	−45.6	−52.1	−58.7	−65.2	−71.7	
	35	6.3	−0.4	−7.0	−13.6	−20.2	−26.8	−33.4	−40.0	−46.6	−53.2	−59.8	−66.4	−73.1	
	40	6.0	−0.7	−7.4	−14.1	−20.8	−27.4	−34.1	−40.8	−47.5	−54.2	−60.9	−67.6	−74.2	
	45	5.7	−1.0	−7.8	−14.5	−21.3	−28.0	−34.8	−41.5	−48.3	−55.1	−61.8	−68.6	−75.3	
	50	5.5	−1.3	−8.1	−15.0	−21.8	−28.6	−35.4	−42.2	−49.0	−55.8	−62.7	−69.5	−76.3	
	55	5.3	−1.6	−8.5	−15.3	−22.2	−29.1	−36.0	−42.8	−49.7	−56.6	−63.4	−70.3	−77.2	
	60	5.1	−1.8	−8.8	−15.7	−22.6	−29.5	−36.5	−43.4	−50.3	−57.2	−64.2	−71.1	−78.0	
*Dark blue shaded areas represent conditions where frostbite occurs in 30 minutes or less.															

*Dark blue shaded areas represent conditions where frostbite occurs in 30 minutes or less.

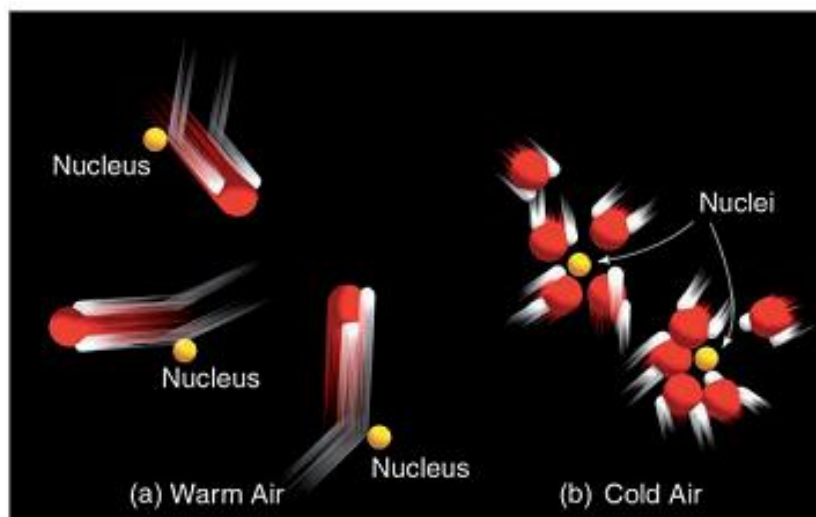
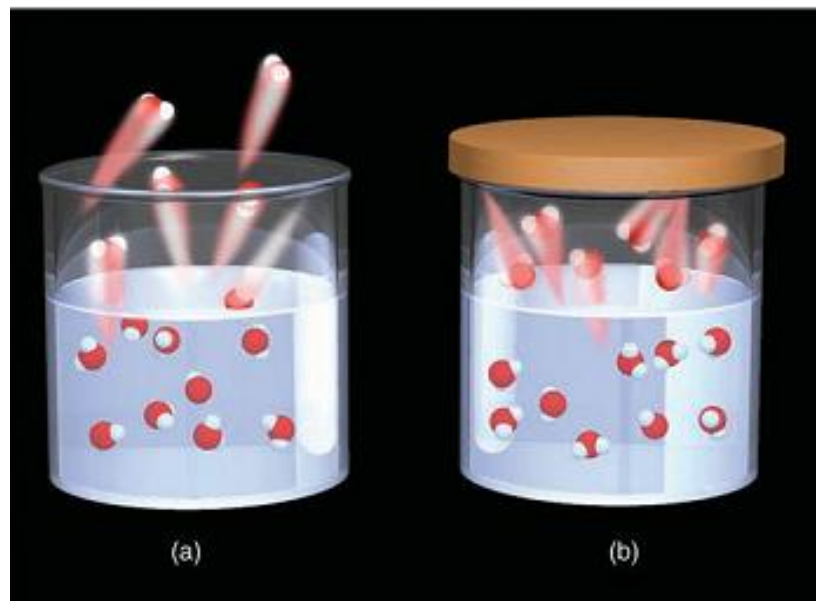
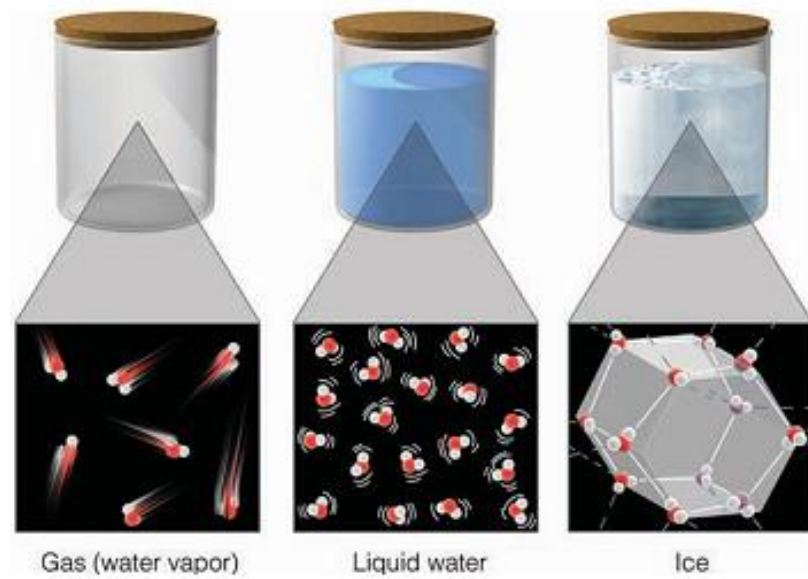
บทที่ 4

ความชื้น

1.1 วัฏจักรของน้ำในบรรยากาศ

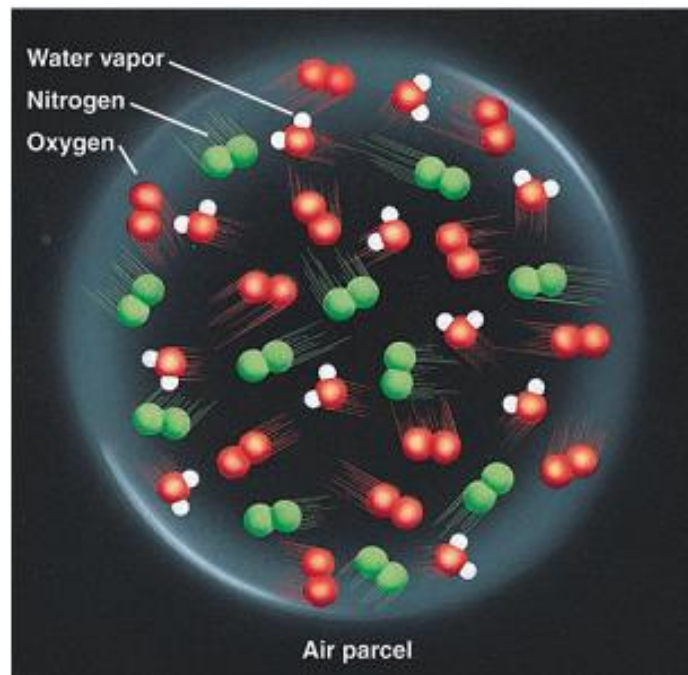


1.2 การระเหย การอิมตัว และการควบแน่น



1.3 ความชื้น

- ความชื้นสมบูรณ์ = $\frac{\text{มวลของไอน้ำ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ}}$

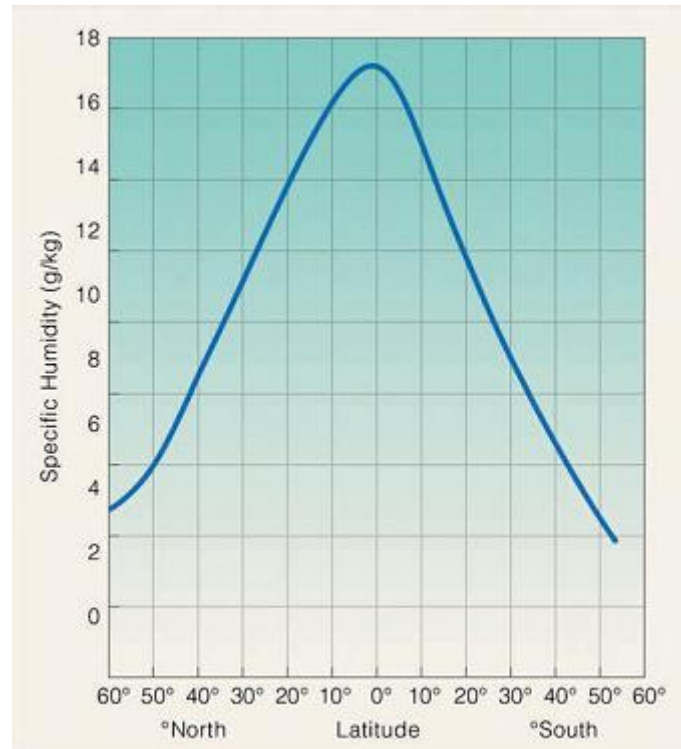


	Parcel Size	Mass of H ₂ O Vapor	Absolute Humidity
	2 m ³	10 g	5 g/m ³
	1 m ³	10 g	10 g/m ³

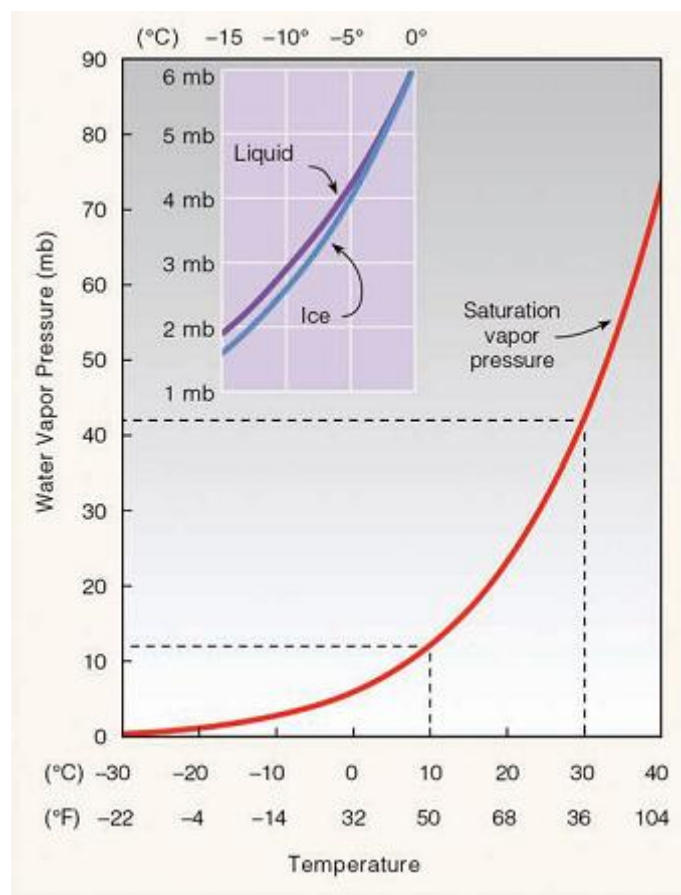
- ความชื้นจำเพาะ = $\frac{\text{มวลของไอน้ำ}}{\text{มวลของอากาศทั้งหมด}}$
- Mixing ratio = $\frac{\text{มวลของไอน้ำ}}{\text{มวลของอากาศแห้ง}}$

	Mass of Parcel	Mass of H ₂ O Vapor	Specific Humidity
	1 kg	1 g	1 g/kg
	1 kg	1 g	1 g/kg

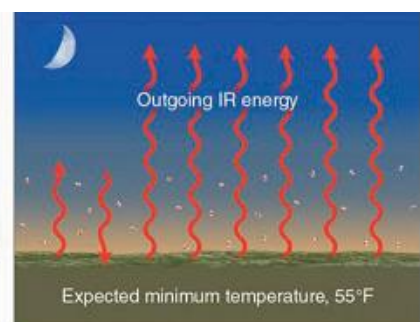
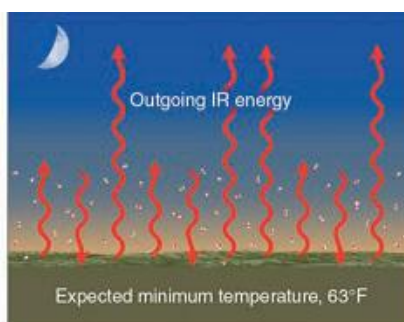
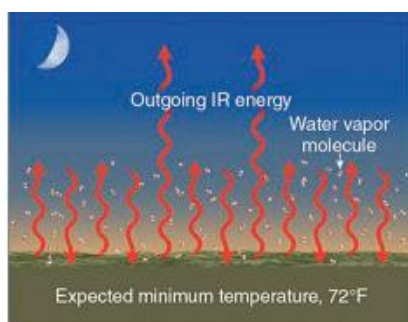
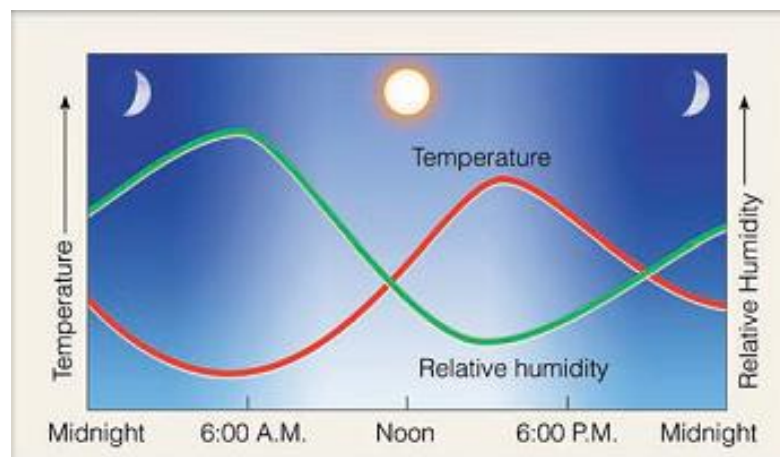
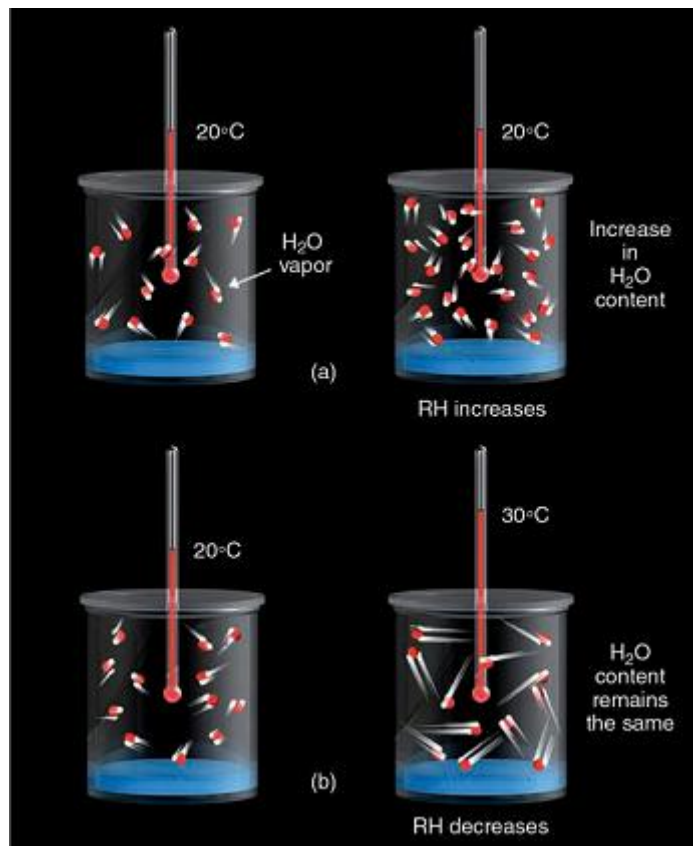
- ความดันไอน้ำ

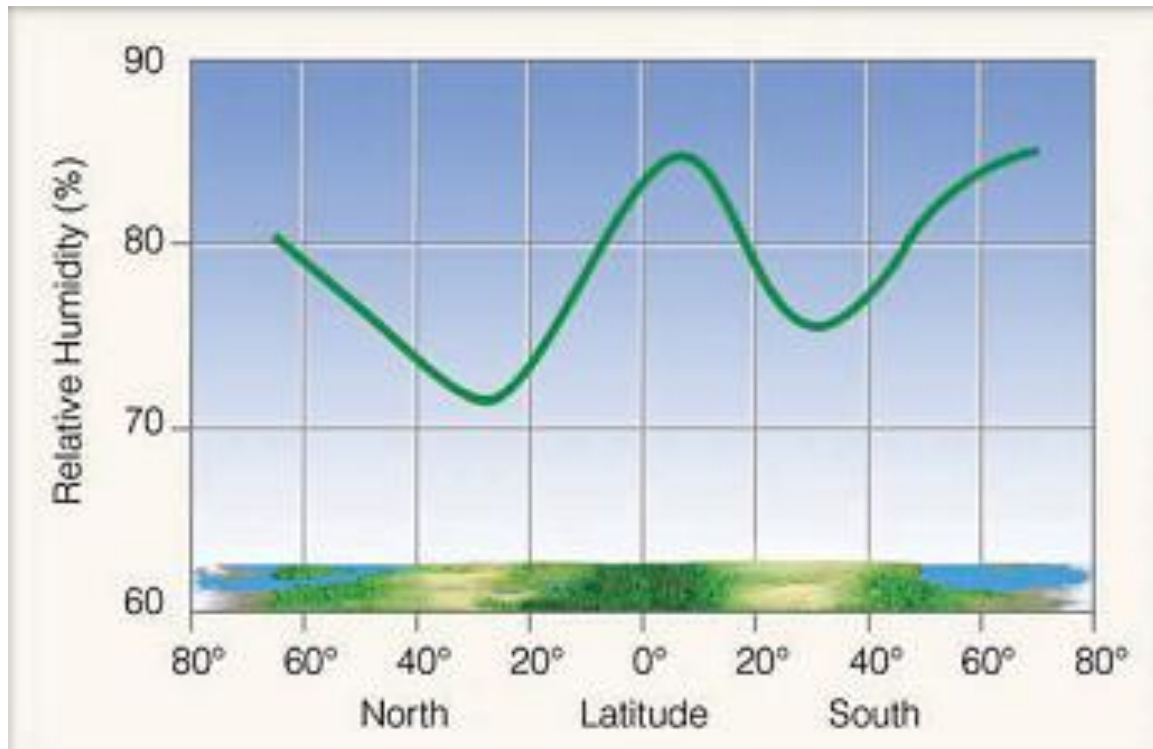


- ความดันไอน้ำอิ่มตัว



$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความดันไอน้ำขณะนั้น}}{\text{ความดันไอน้ำอิ่มตัว}} \times 100$$





AIR TEMPERATURE			SATURATION VAPOR PRESSURE		
(°C)	(°F)	(MB)	(°C)	(°F)	(MB)
-18	(0)	1.5	18	(65)	21.0
-15	(5)	1.9	21	(70)	25.0
-12	(10)	2.4	24	(75)	29.6
-9	(15)	3.0	27	(80)	35.0
-7	(20)	3.7	29	(85)	41.0
-4	(25)	4.6	32	(90)	48.1
-1	(30)	5.6	35	(95)	56.2
2	(35)	6.9	38	(100)	65.6
4	(40)	8.4	41	(105)	76.2
7	(45)	10.2	43	(110)	87.8
10	(50)	12.3	46	(115)	101.4
13	(55)	14.8	49	(120)	116.8
16	(60)	17.7	52	(125)	134.2

*The data in this table can be obtained in Fig. 4.10 on p. 95 by reading where the air temperature intersects the saturation vapor pressure curve.

4.4 สถานะความชื้นสัมพัทธ์ที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์

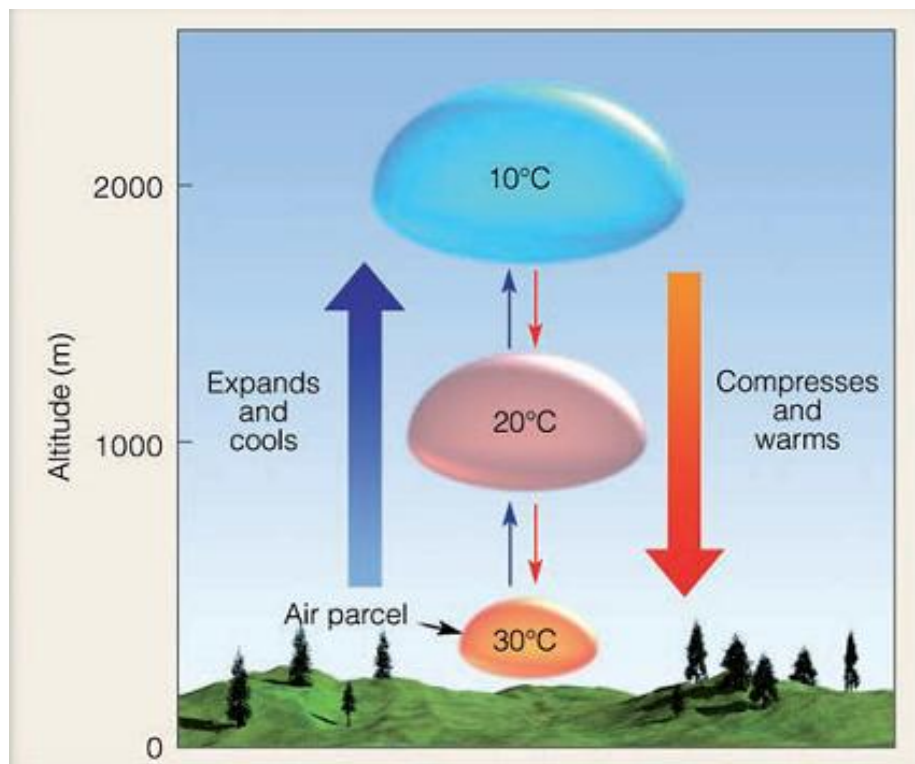
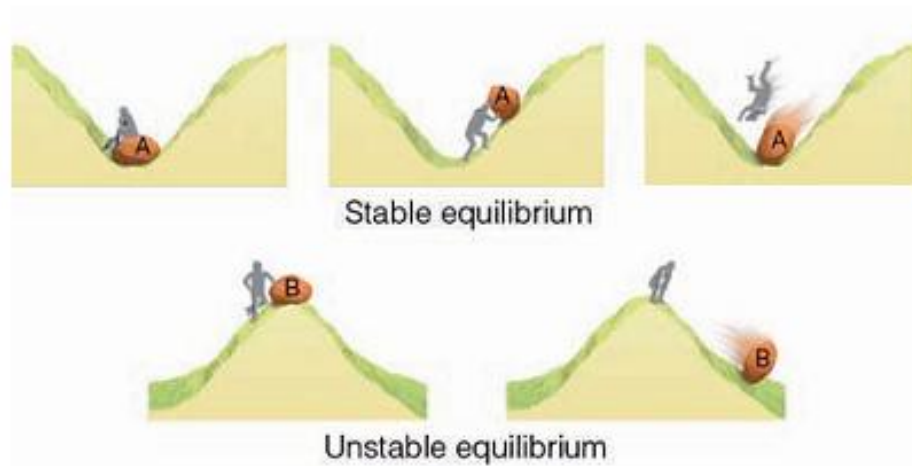
- Heat index คือ ดัชนีที่แสดงอุณหภูมิของร่างกายที่ได้รับผลกระทบของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
- Heat stroke เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมนุษย์สูง 41 °C ทำให้ระบบหมุนเวียนในร่างกายล้มเหลว

		Relative Humidity (%)																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Air Temperature (°F)	140	125																				
	135	120	128																			
	130	117	122	131																		
	125	111	116	123	131	141																
	120	107	111	116	123	130	139	148														
	115	103	107	111	115	120	127	135	143	151												
	110	99	102	105	108	112	117	123	130	137	143	150										
	105	95	97	100	102	105	109	113	118	123	129	135	142	149								
	100	91	93	95	97	99	101	104	107	110	115	120	126	132	138	144						
	95	87	88	90	91	93	94	96	98	101	104	107	110	114	119	124	130	136				
	90	83	84	85	86	87	88	90	91	93	95	96	98	100	102	106	109	113	117	122		
	85	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	95	97	99	102	105	108
	80	73	74	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	83	85	86	86	87	88	89	91
	75	69	69	70	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80
	70	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	70	71	71	71	71	72

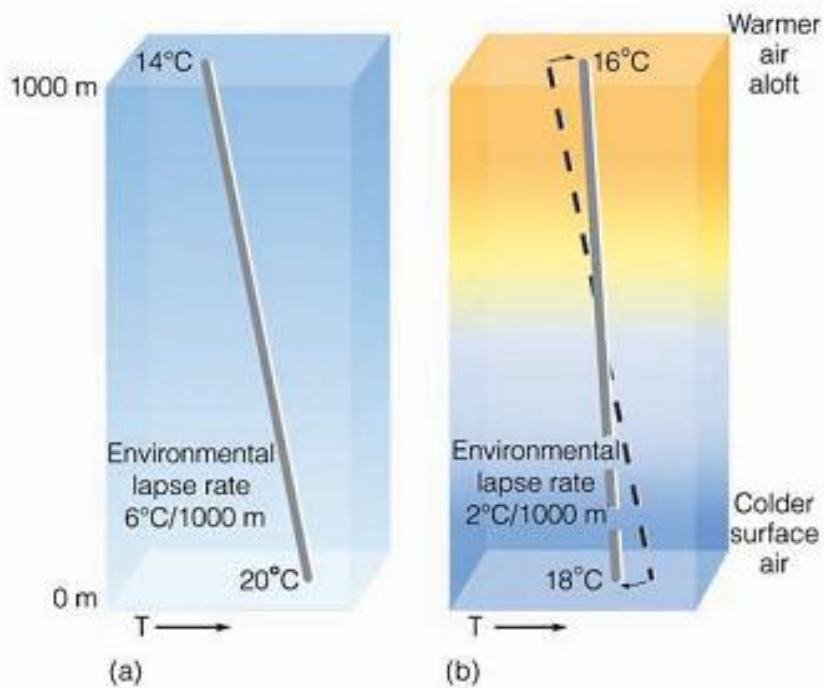
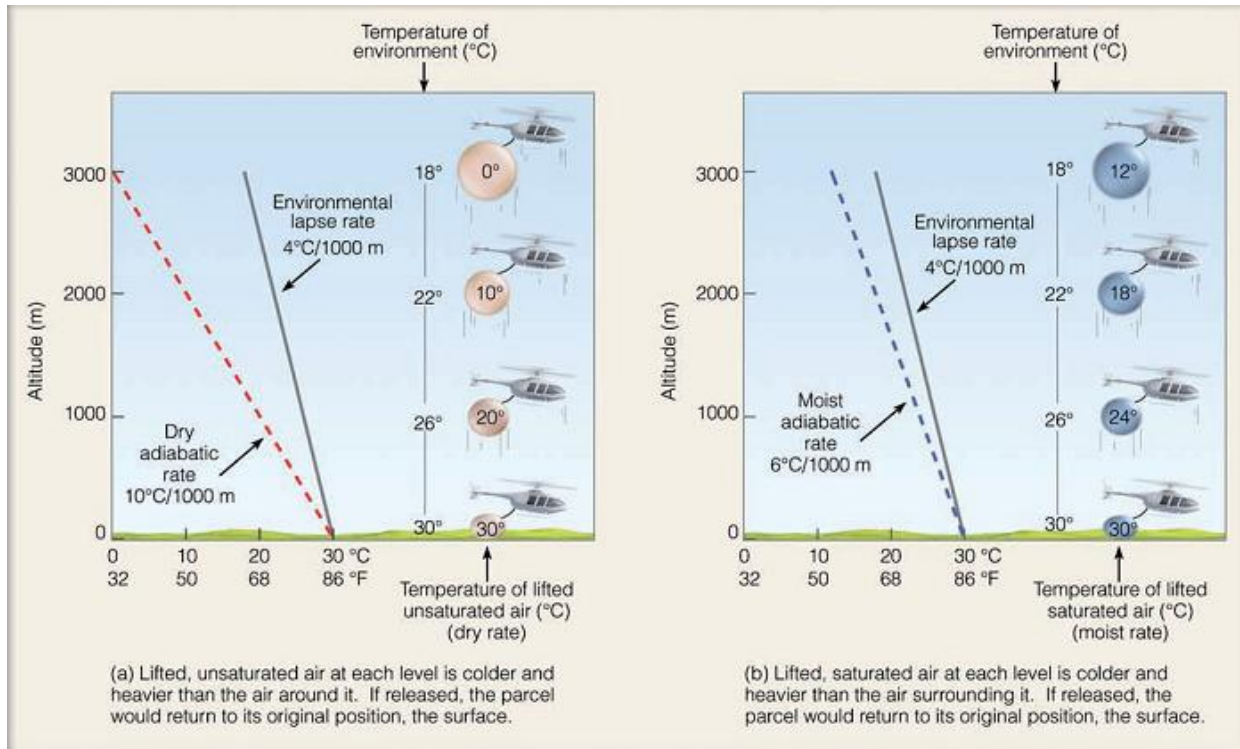
บทที่ 5

เสถียรภาพของบรรยากาศ (Stability of Atmosphere)

1.1 เงื่อนไขที่ทำให้มวลอากาศเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่

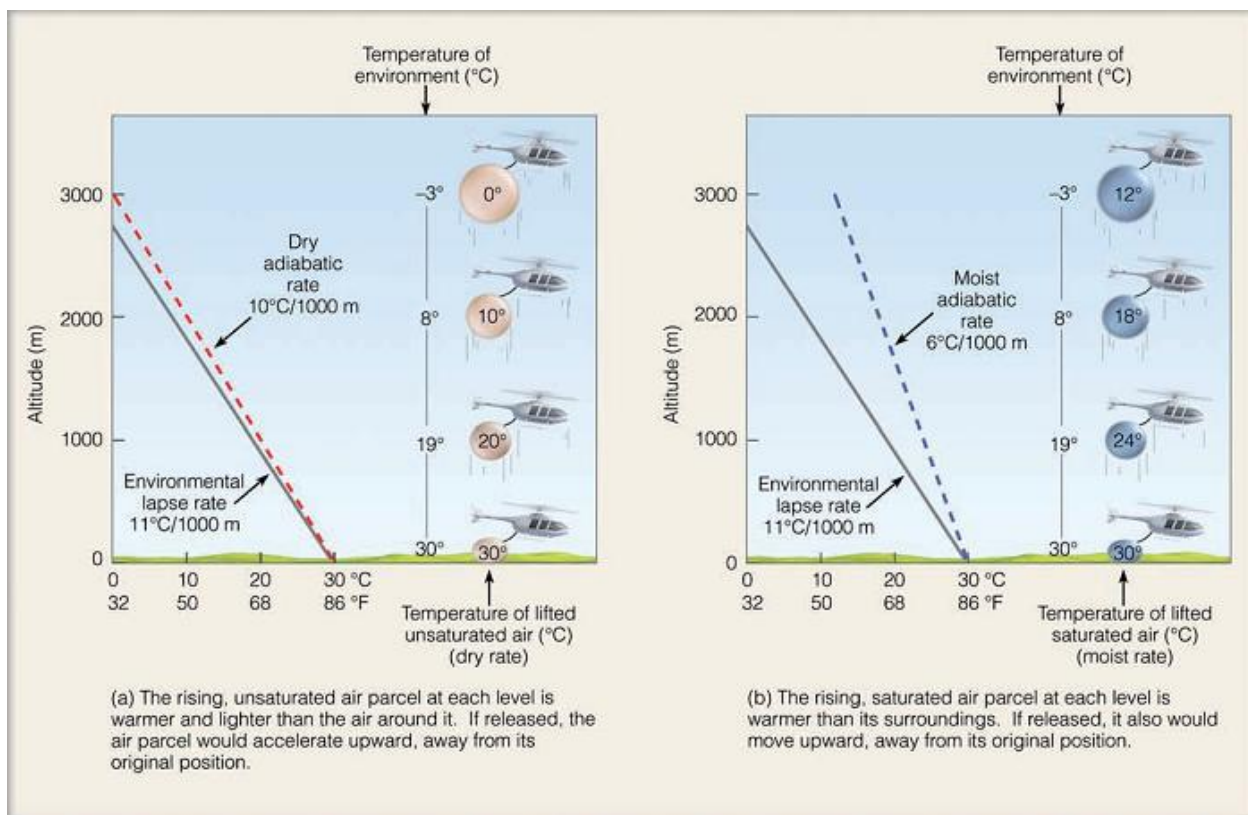


1.1.1 เสถียรภาพสมบูรณ์ (Absolute stable)

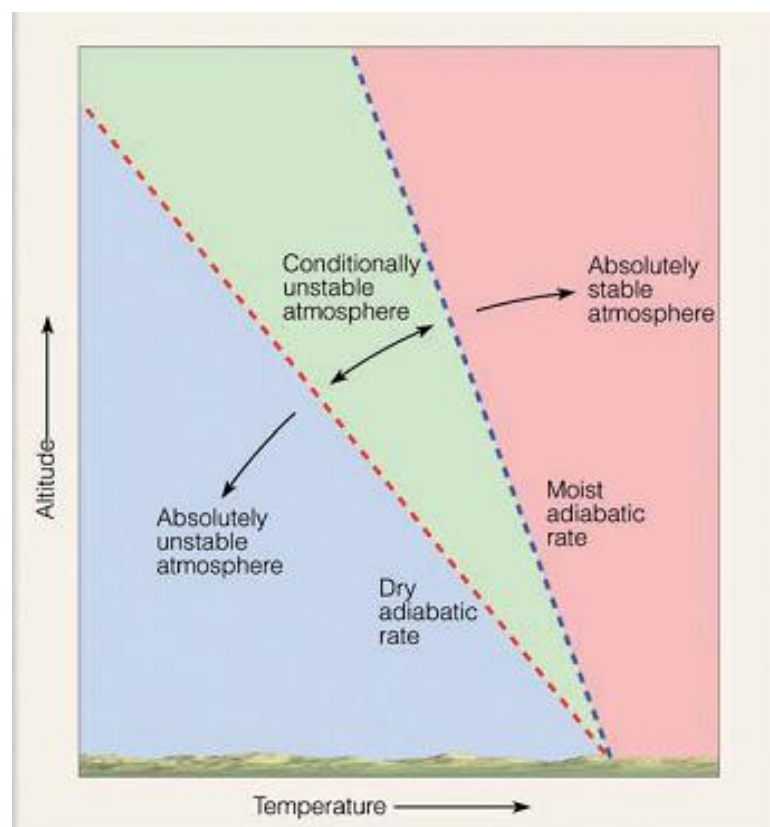
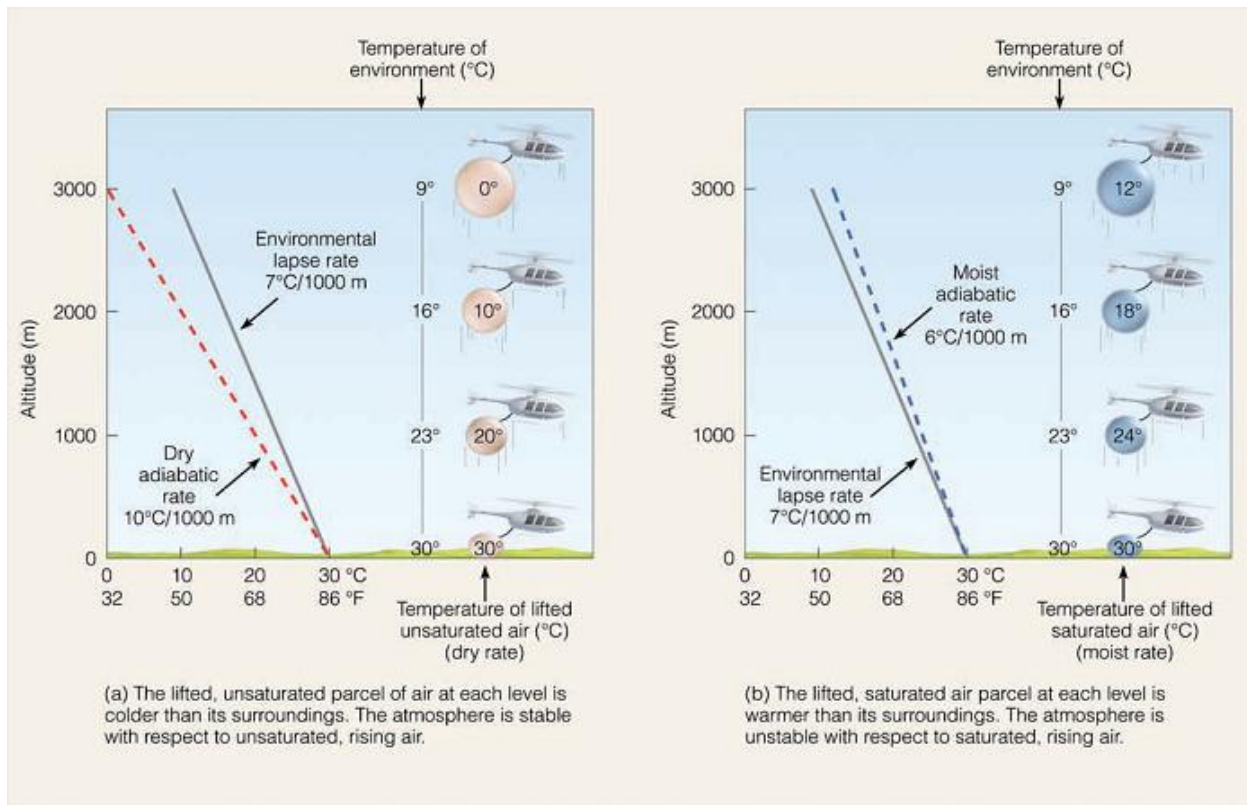


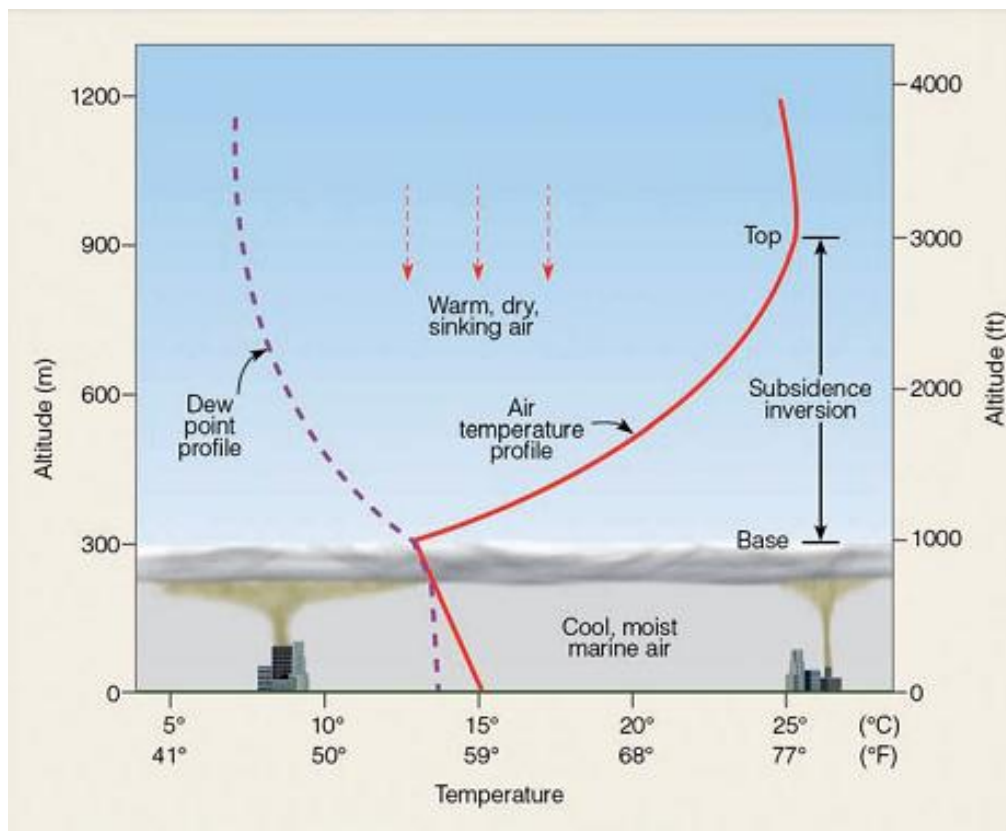
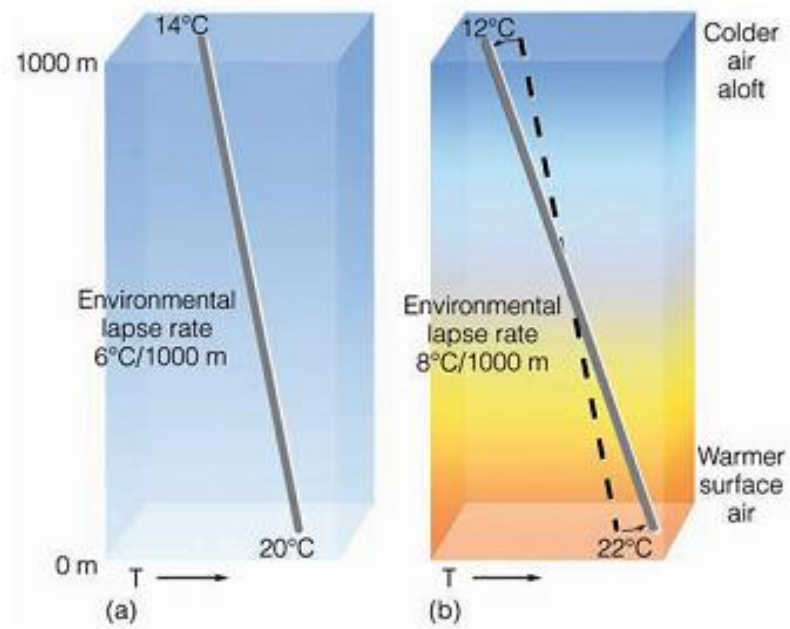


1.1.2 ไม่มีเสถียรภาพ (Unstable)

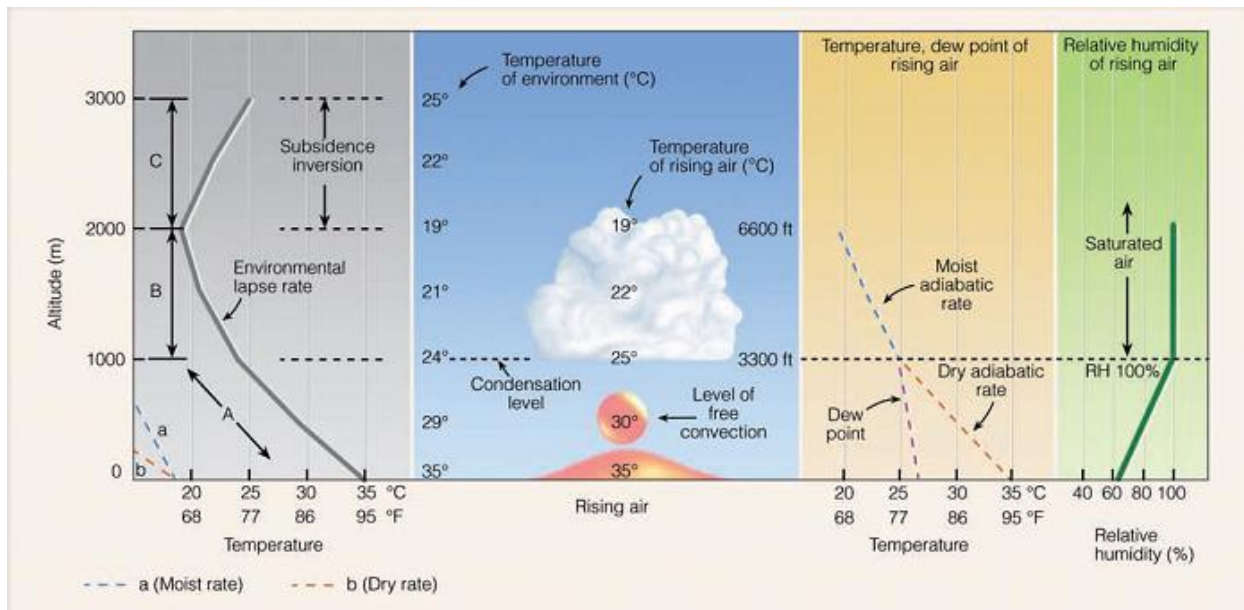
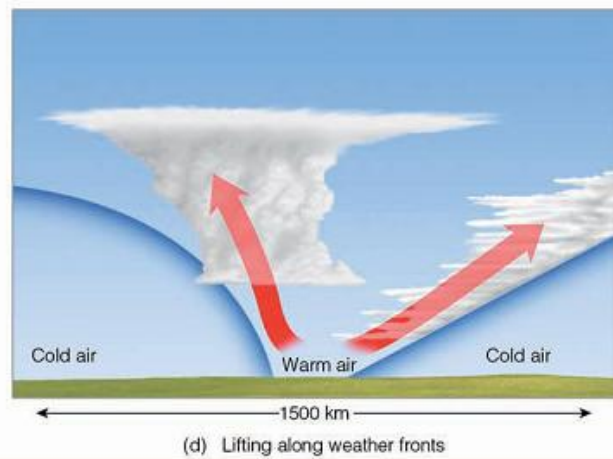
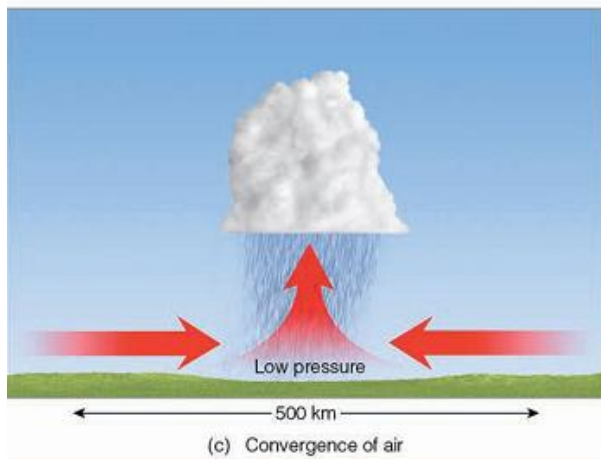
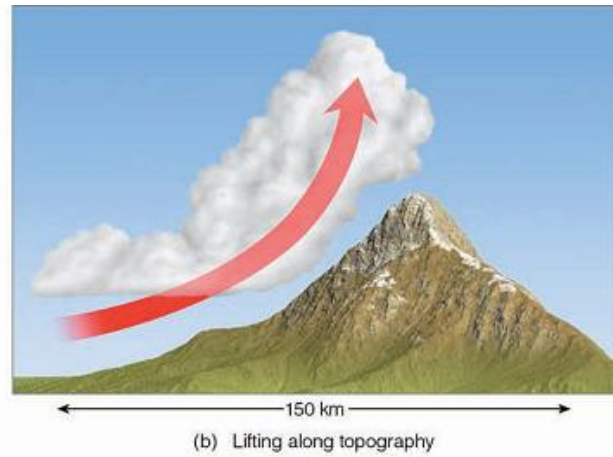
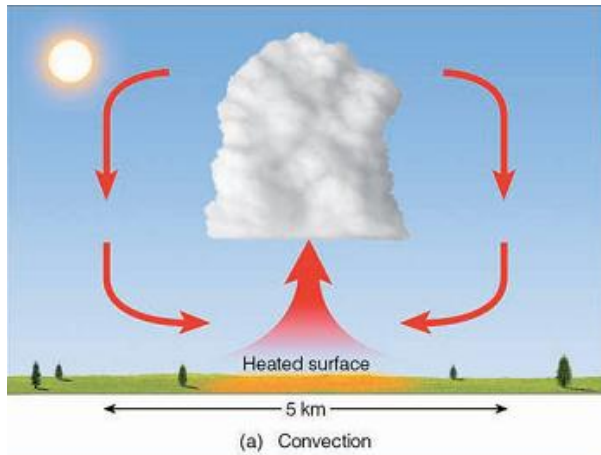


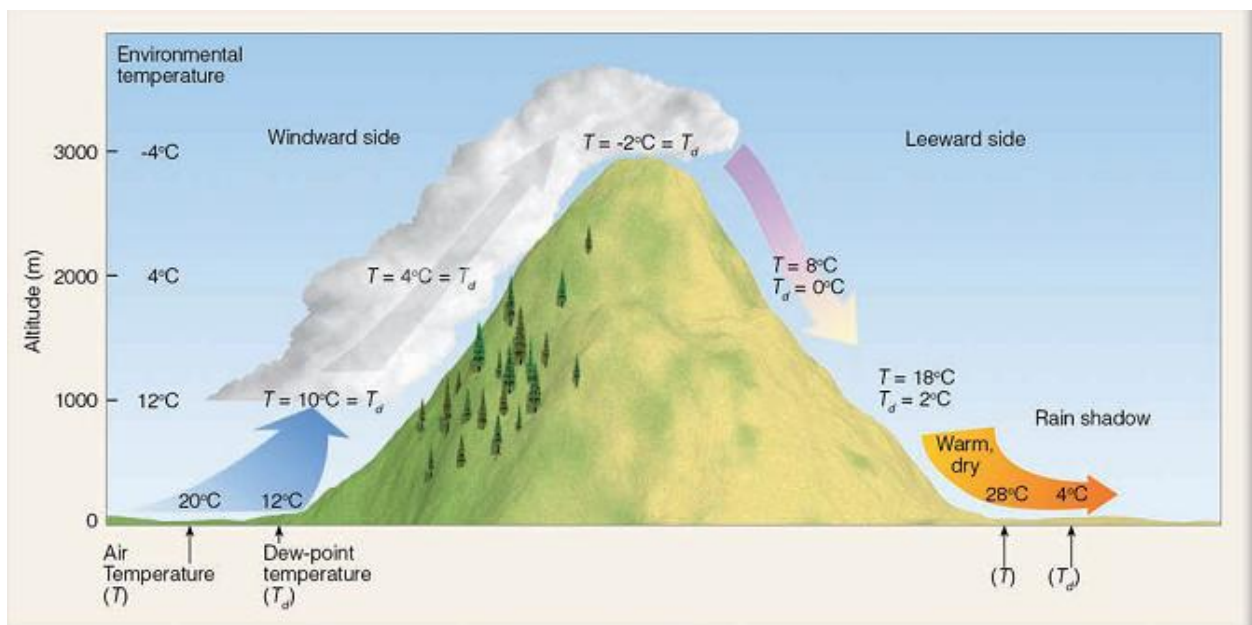
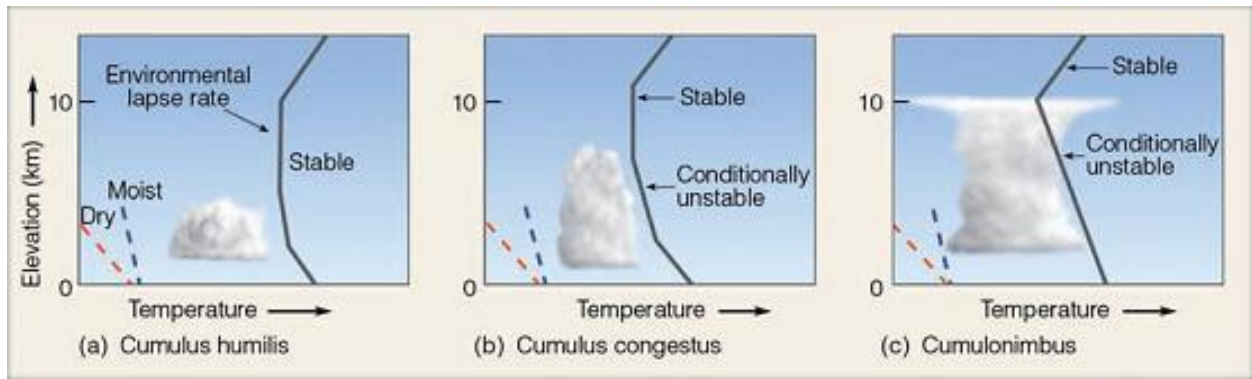
1.1.3 ไม่มีเสถียรภาพแบบมีเงื่อนไข (Conditional unstable)

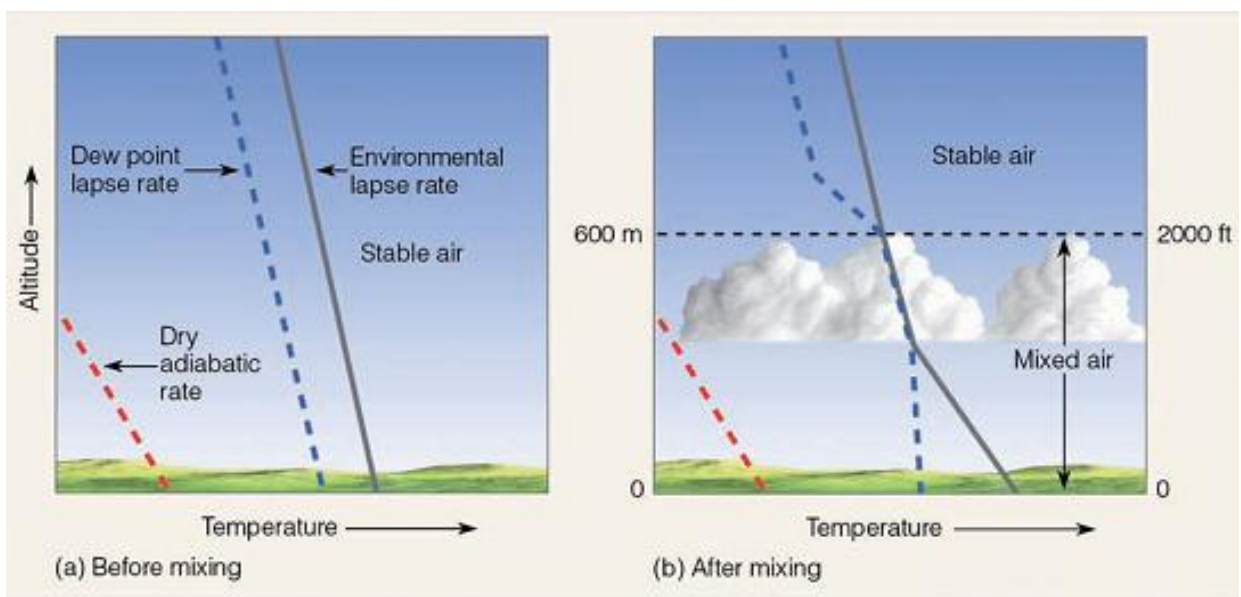
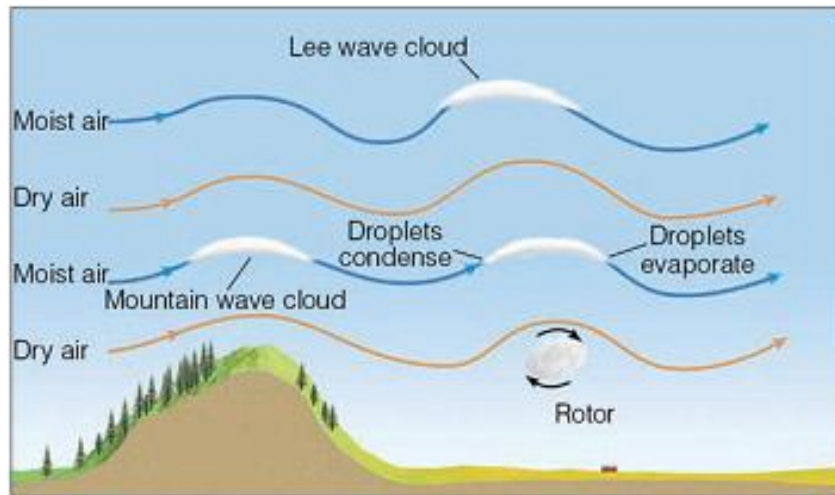




1.2 การก่อตัวของเมฆ



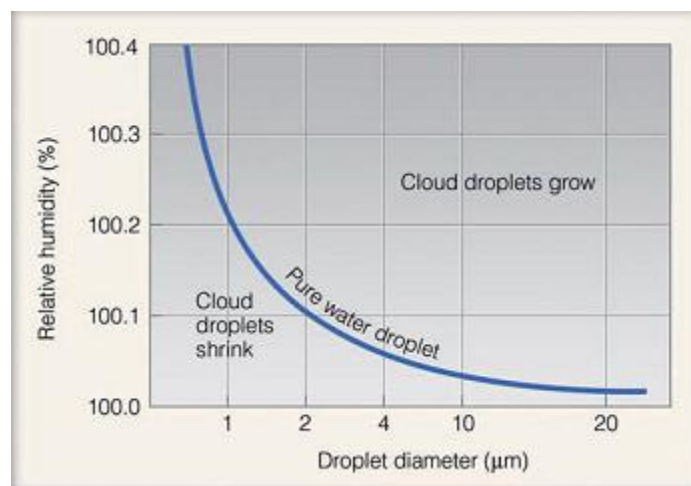
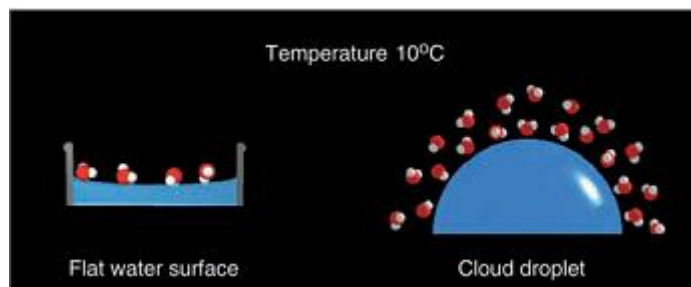
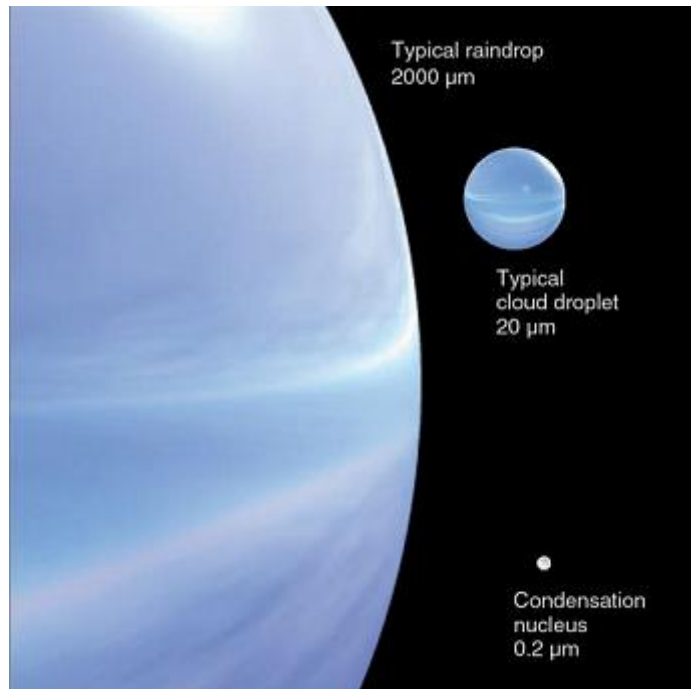




บทที่ 6

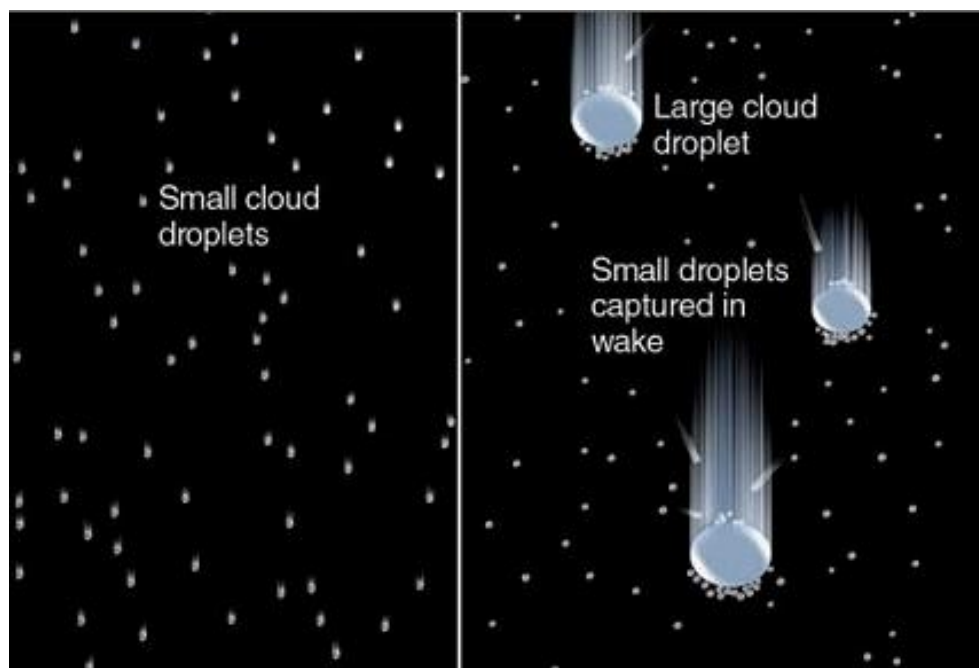
หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)

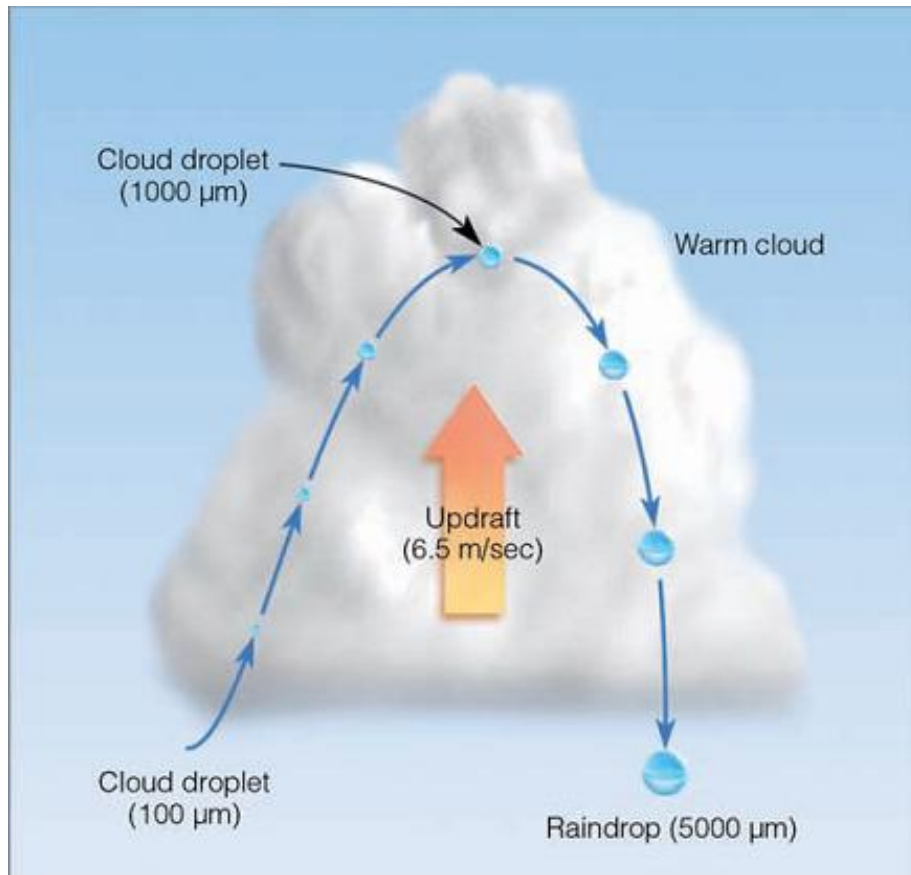
1.1 ขบวนการเกิดหยาดน้ำฟ้า



- ขบวนการ Collision and Coalescence process

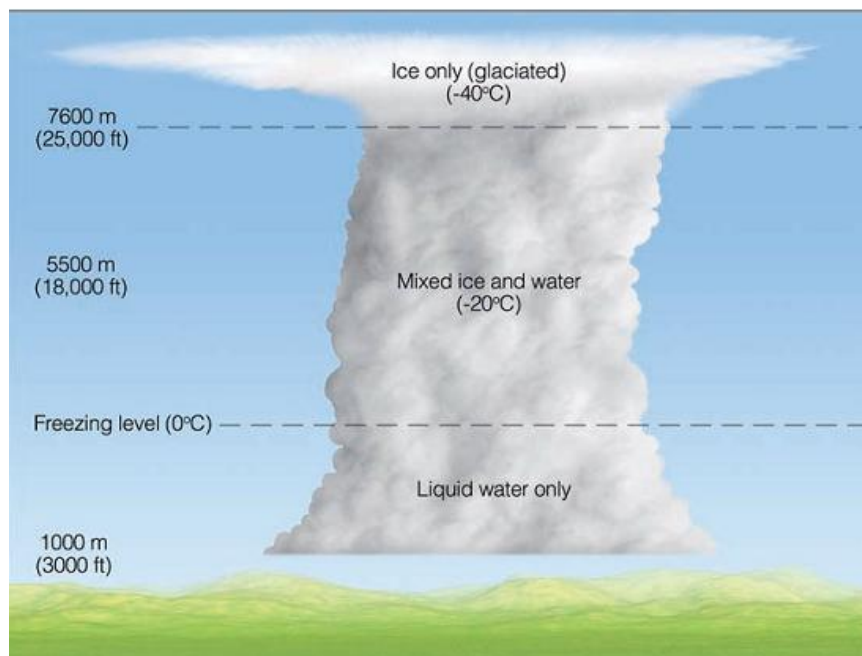
TERMINAL VELOCITY			
Diameter (μm)	m/sec	ft/sec	Type of Particle
0.2	0.0000001	0.0000003	Condensation nuclei
20	0.01	0.03	Typical cloud droplet
100	0.27	0.9	Large cloud droplet
200	0.70	2.3	Large cloud droplet or drizzle
1000	4.0	13.1	Small raindrop
2000	6.5	21.4	Typical raindrop
5000	9.0	29.5	Large raindrop



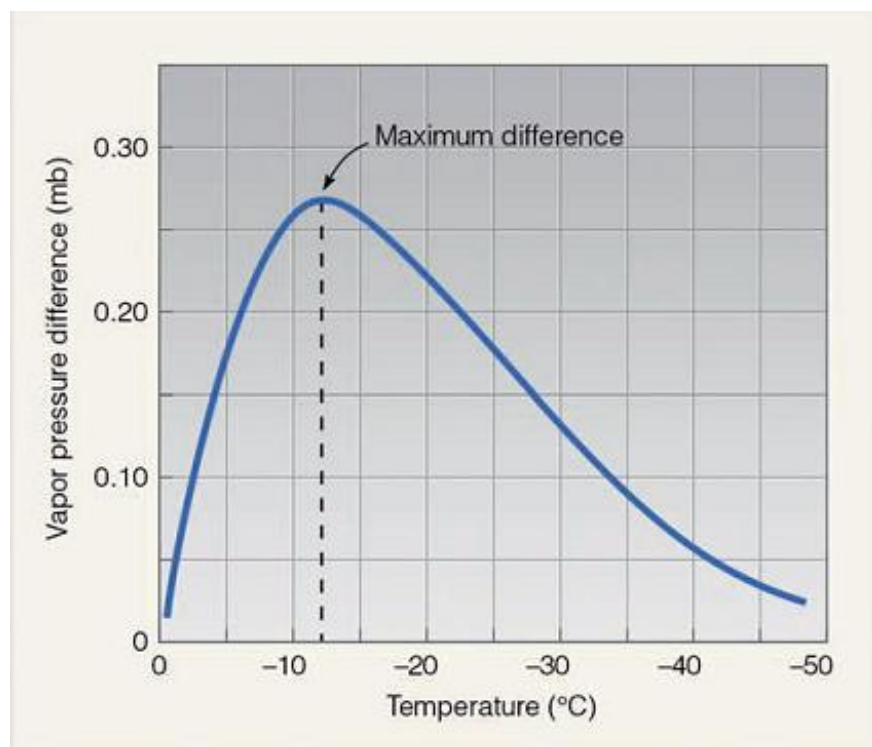
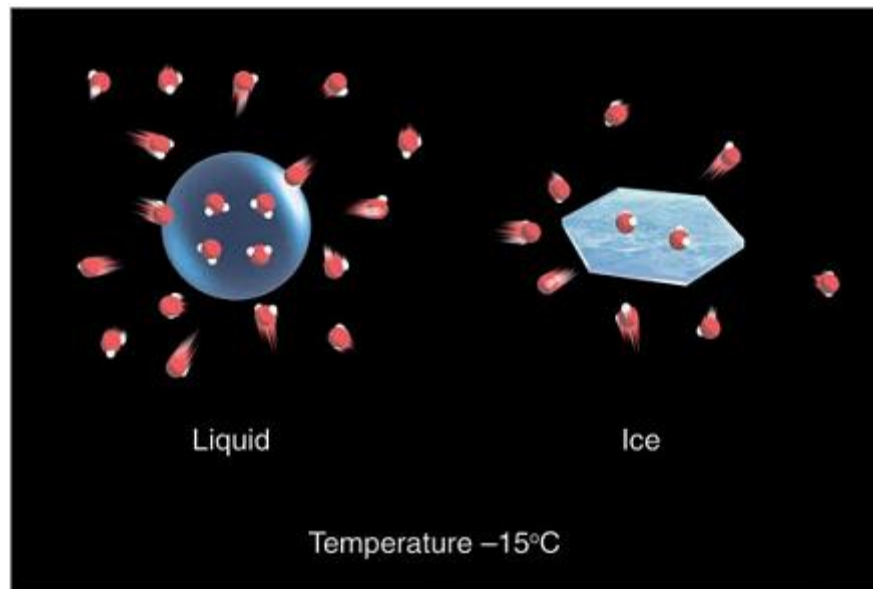


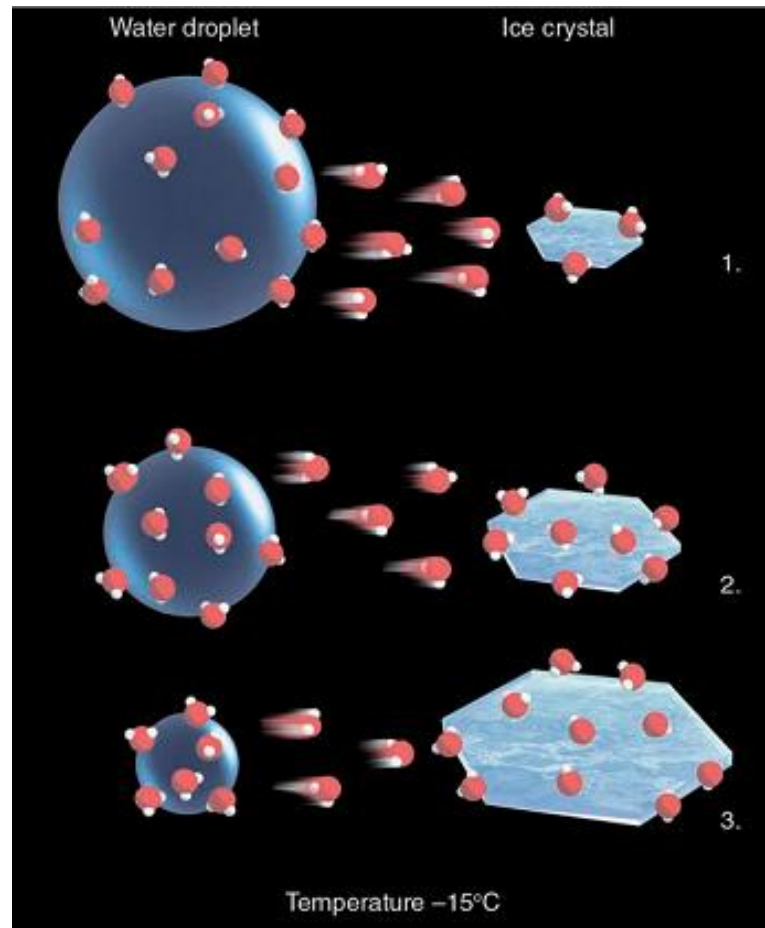
การเกิดฝนจากหยดน้ำในเมฆ ประกอบด้วย

- ขนาดของหยดน้ำ
- ความหนาของเมฆ
- กระแสอากาศไหลขึ้นในก้อนเมฆ
- ประจุไฟฟ้าของหยดน้ำ และสนามไฟฟ้าในเมฆ



- ขบวนการ Bergeron (Ice-crystal)





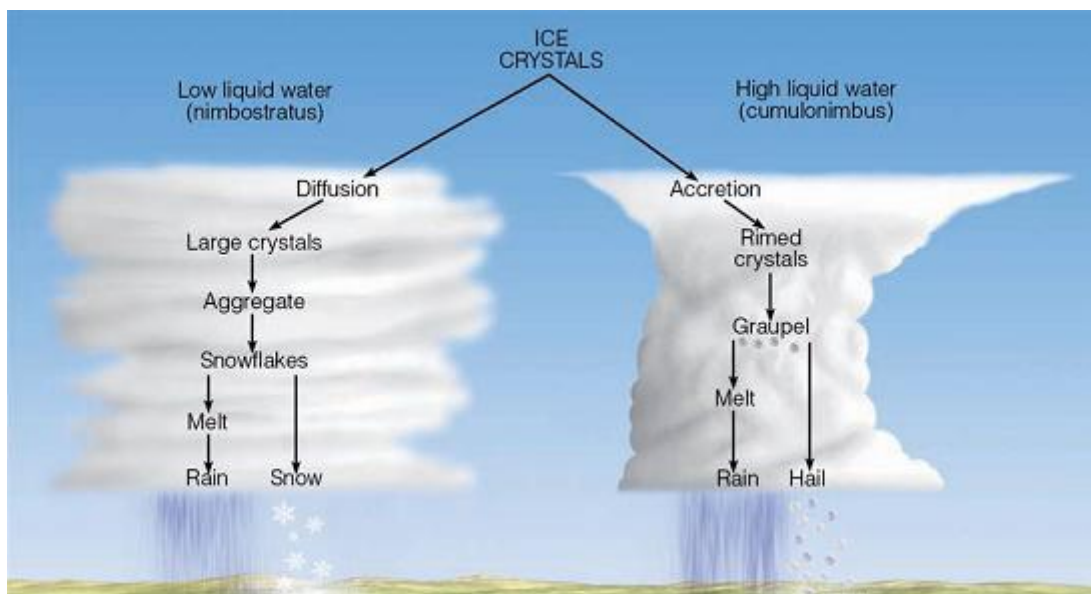
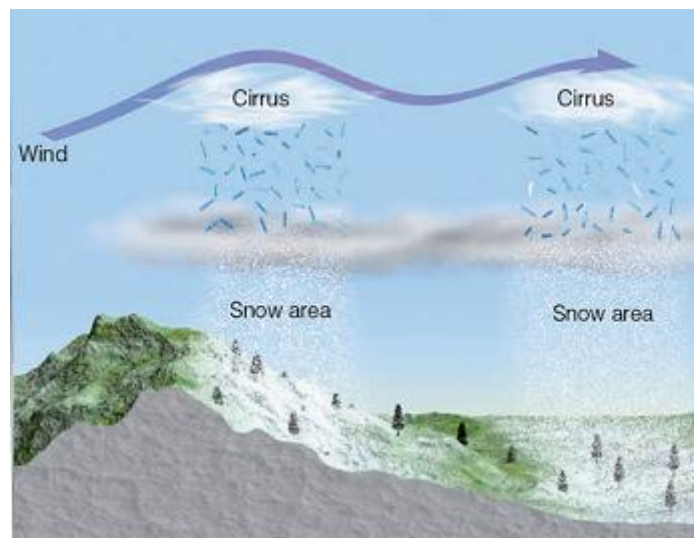
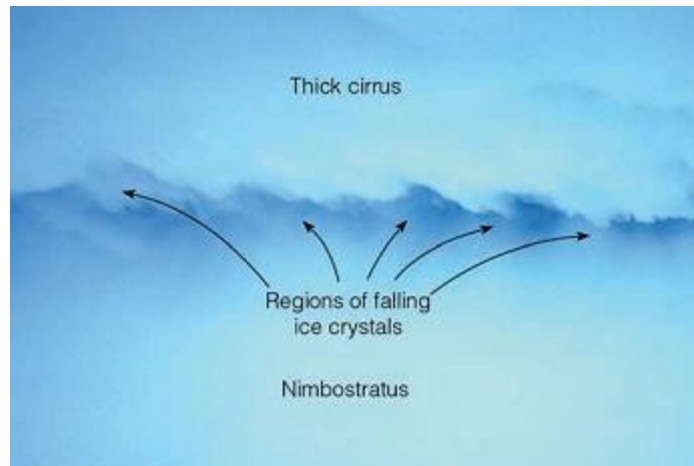
(a) Falling ice crystals may freeze supercooled droplets on contact (accretion), producing larger ice particles.



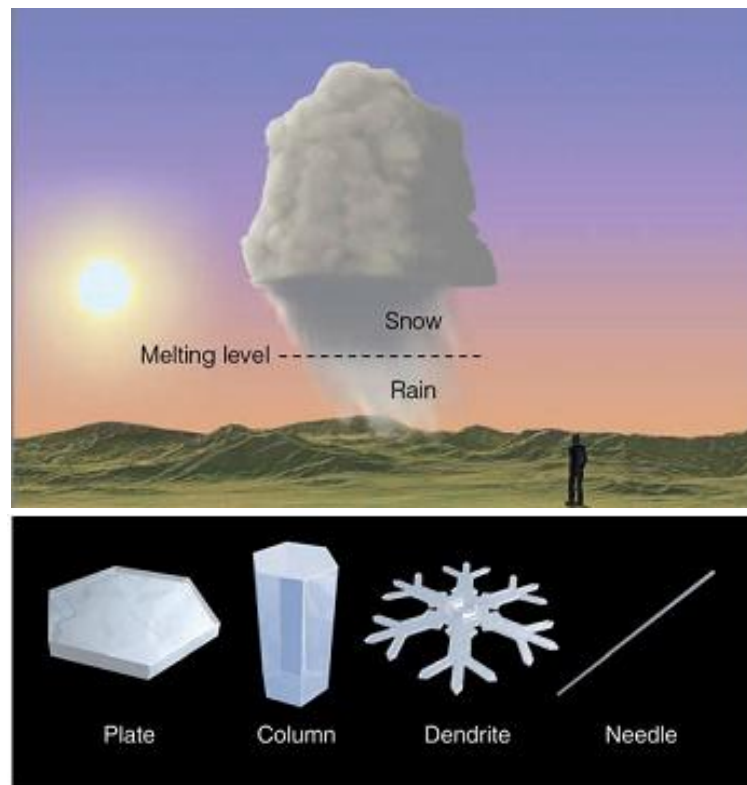
(b) Falling ice particles may collide and fracture into many tiny (secondary) ice particles.



(c) Falling ice crystals may collide and stick to other ice crystals (aggregation), producing snowflakes.

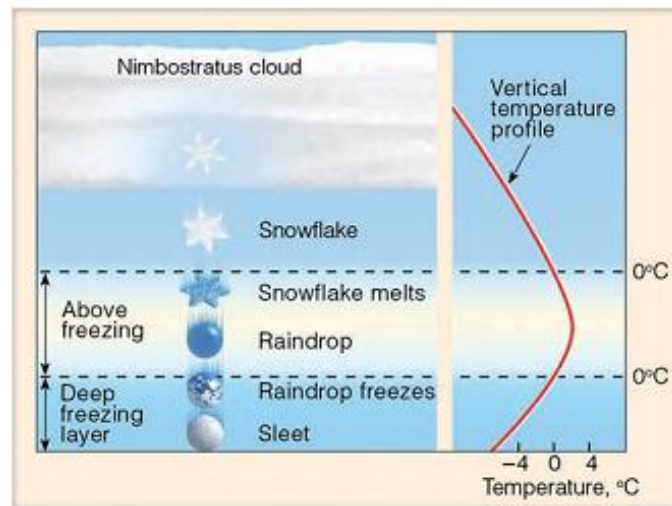


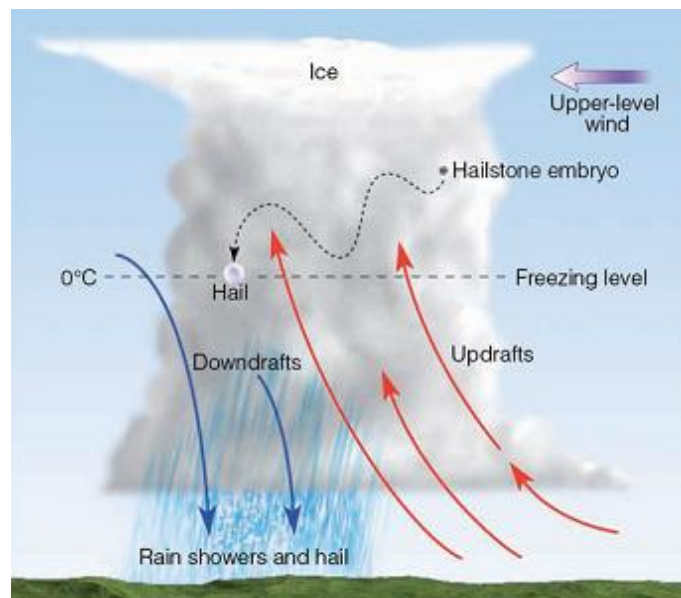
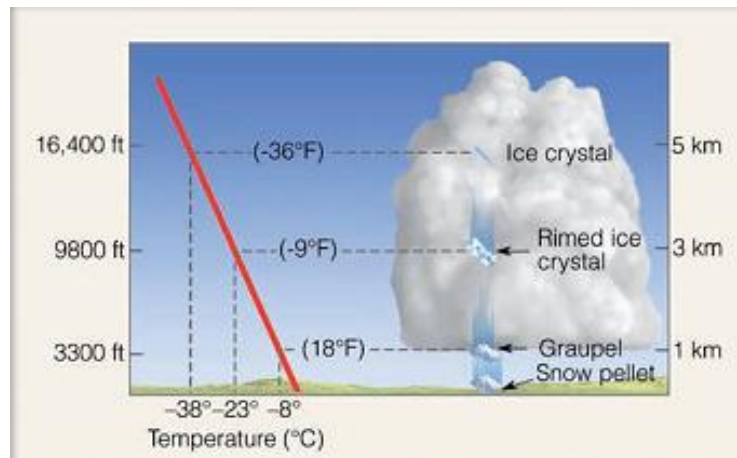
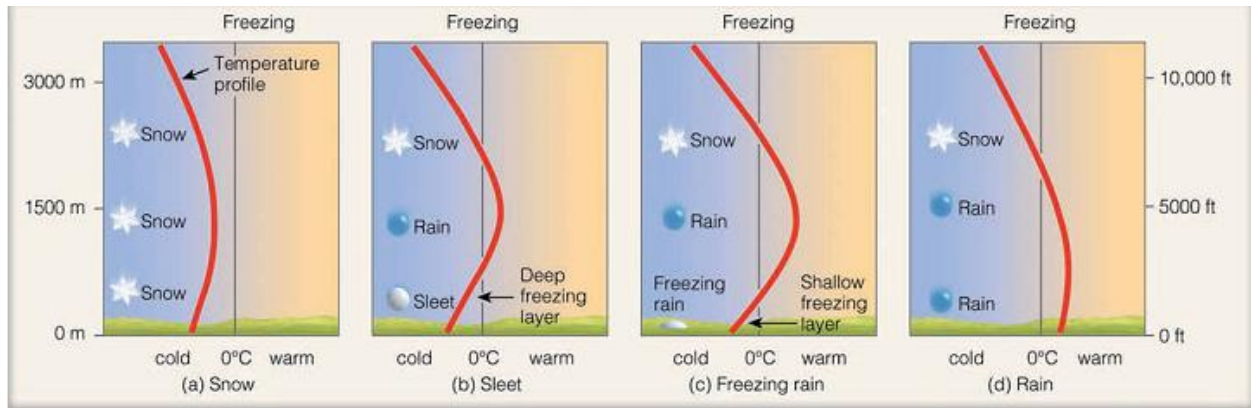
1.2 ชนิดของ Precipitation



ENVIRONMENTAL TEMPERATURE		CRYSTAL HABIT
(°C)	(°F)	
0 to -4	32 to 25	Thin plates
-4 to -6	25 to 21	Needles
-6 to -10	21 to 14	Columns
-10 to -12	14 to 10	Plates
-12 to -16	10 to 3	Dendrites, plates
-16 to -22	3 to -8	Plates
-22 to -40	-8 to -40	Hollow columns

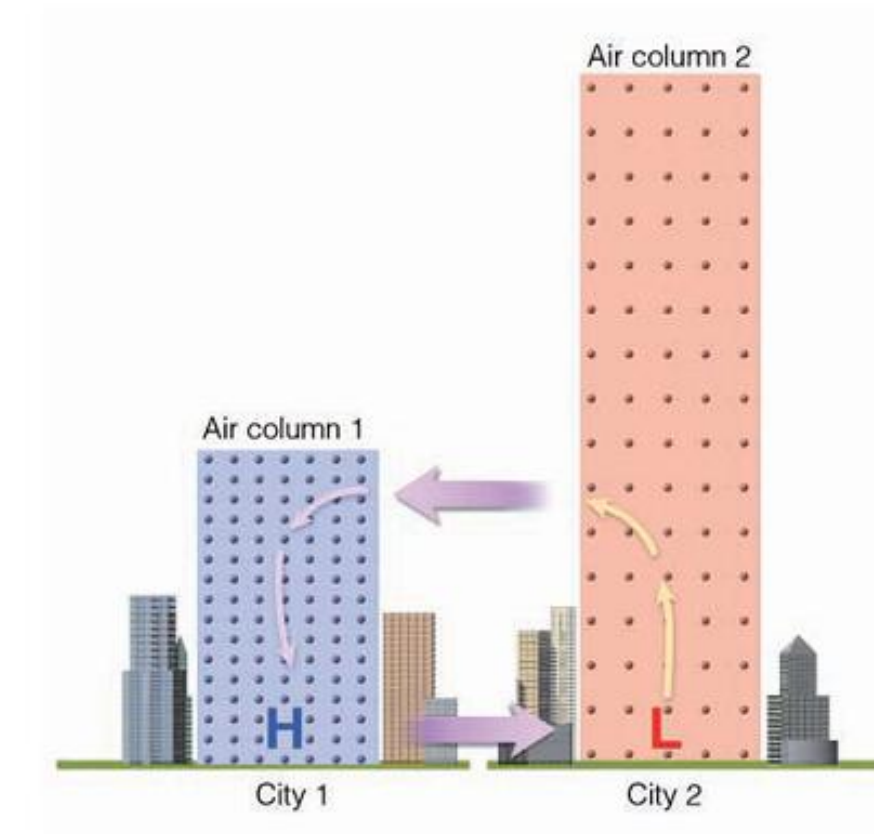
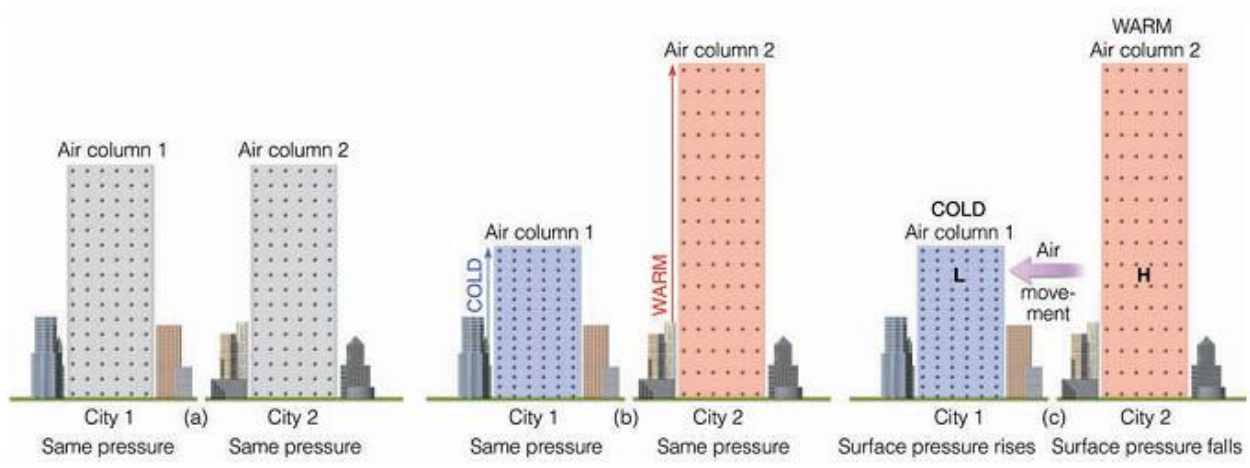
*Note that at each temperature, the type of crystal that forms (e.g., hollow columns versus solid columns) will depend on the difference in saturation vapor pressure between ice and supercooled water.

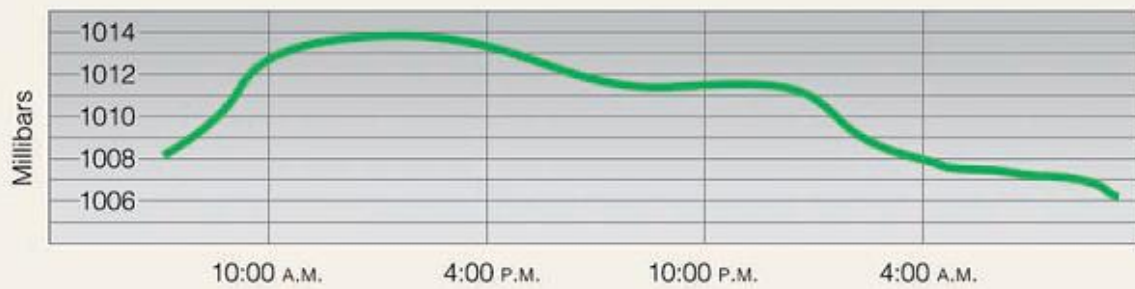




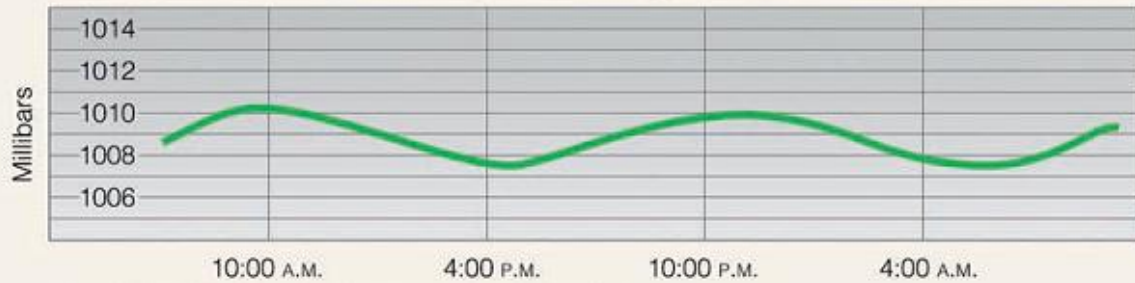
บทที่ 7

ความกดอากาศและลม

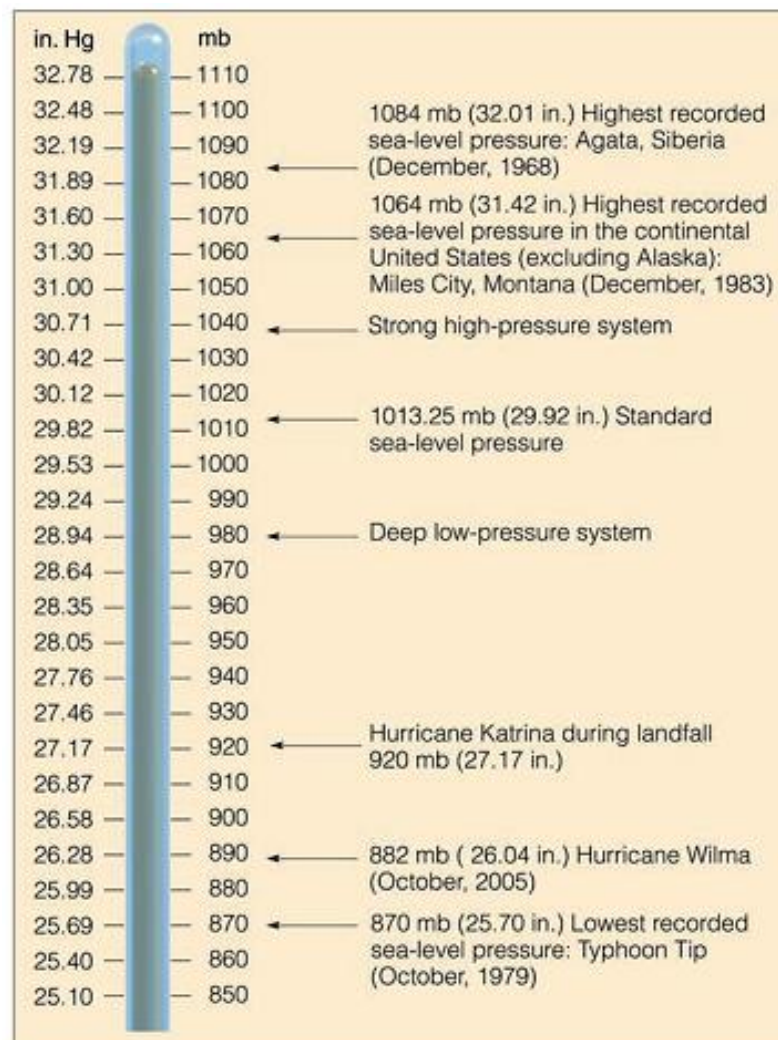


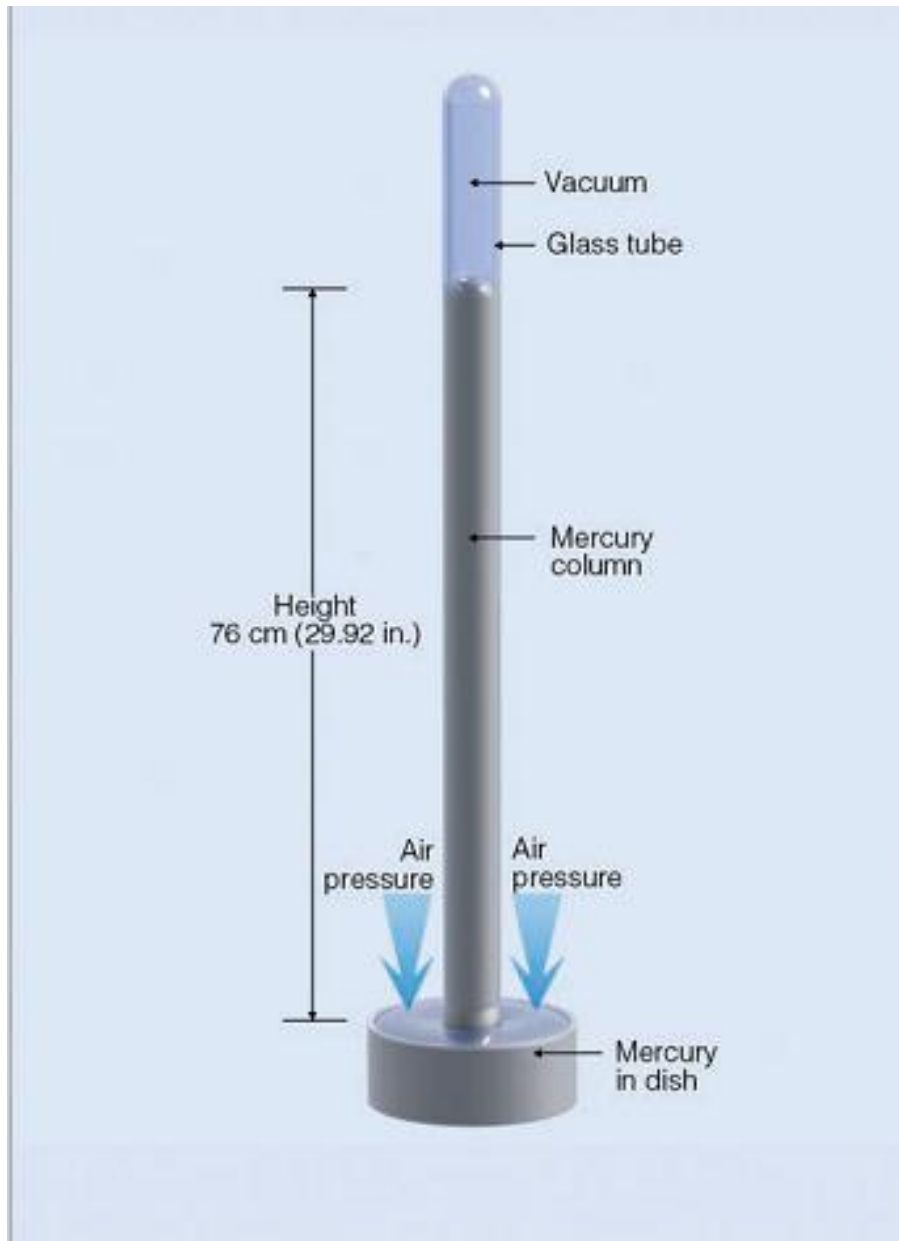


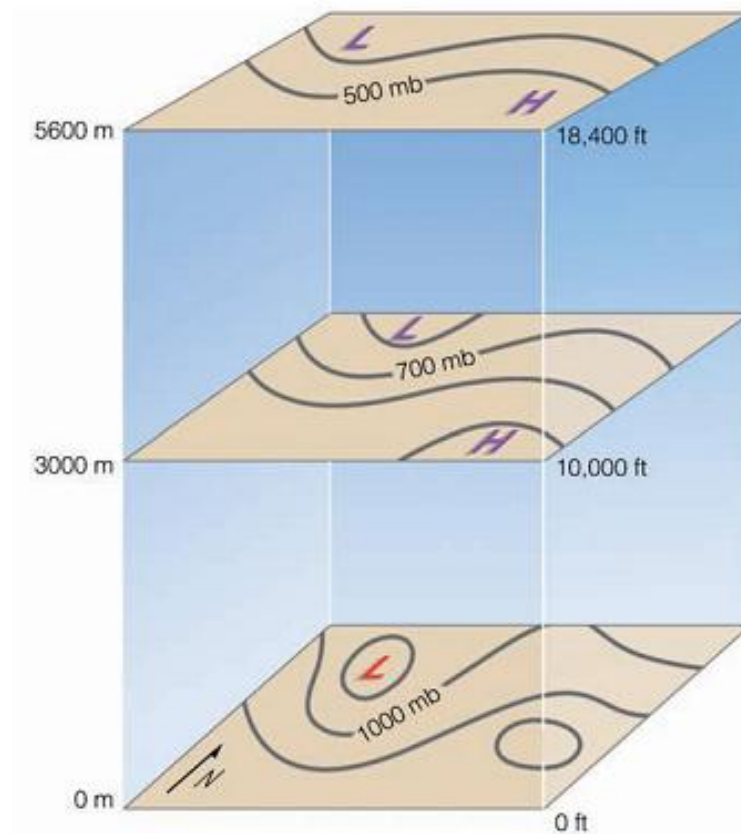
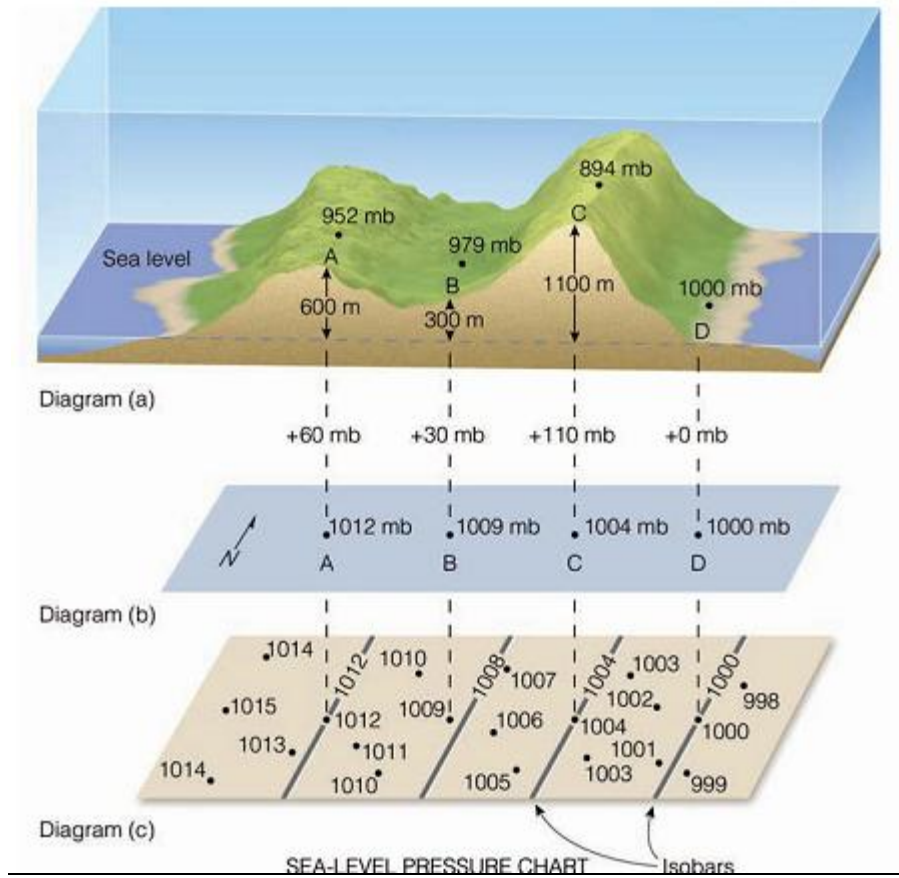
Sea-level pressure changes in middle latitudes on a given day

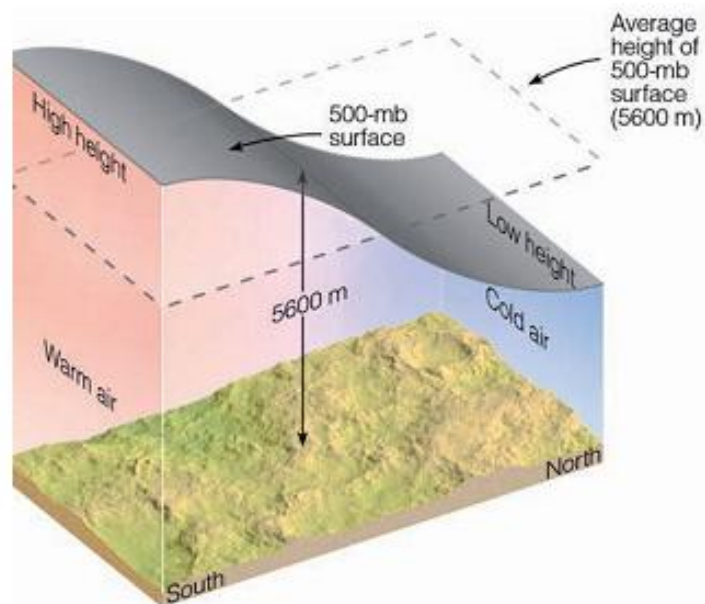
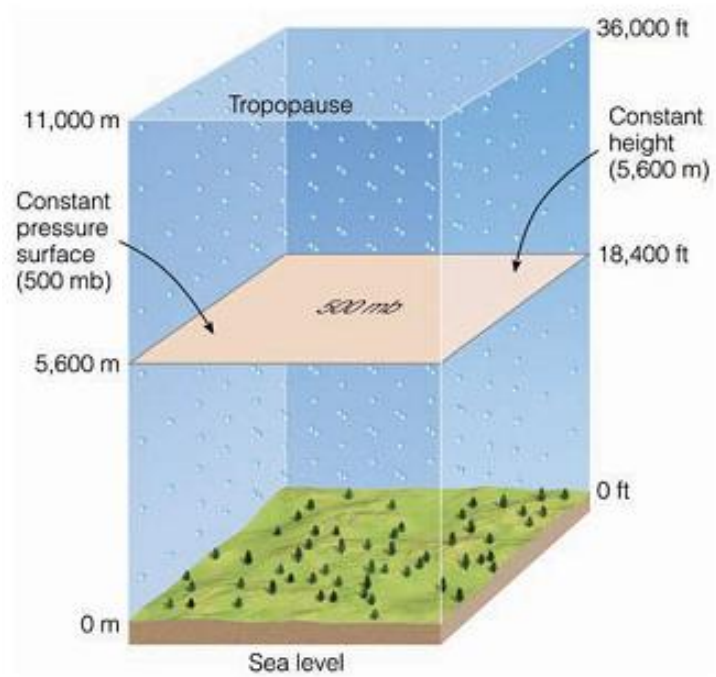


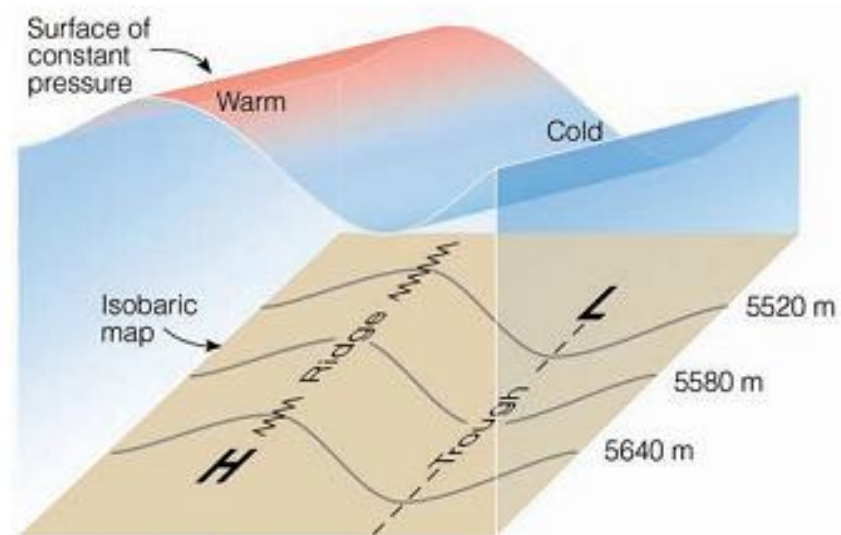
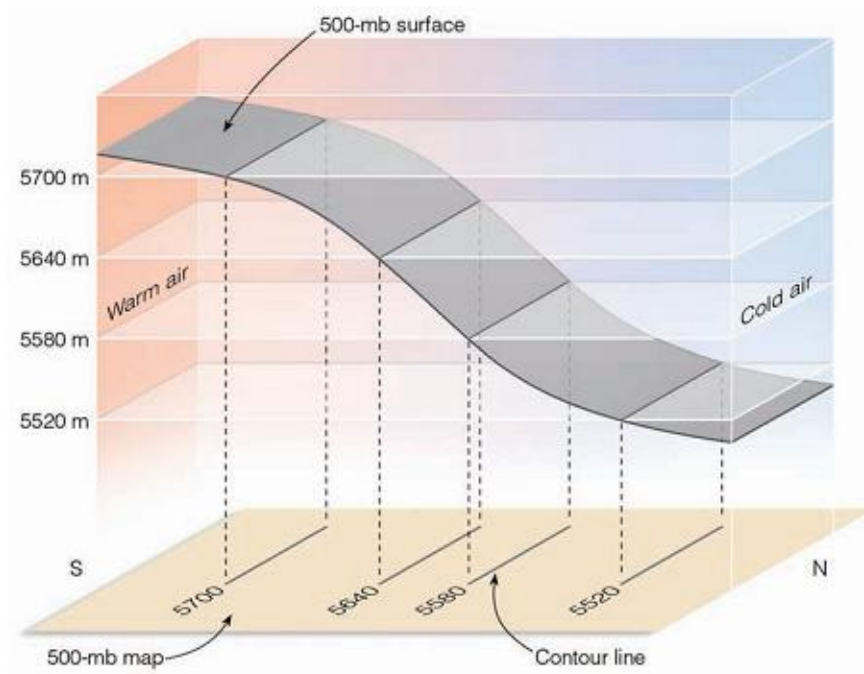
Average sea-level pressure changes in the tropics



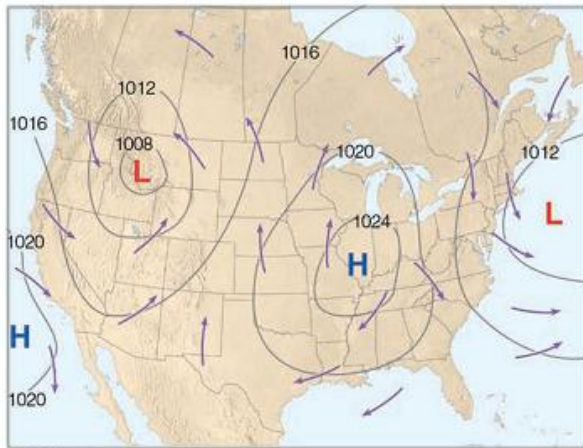




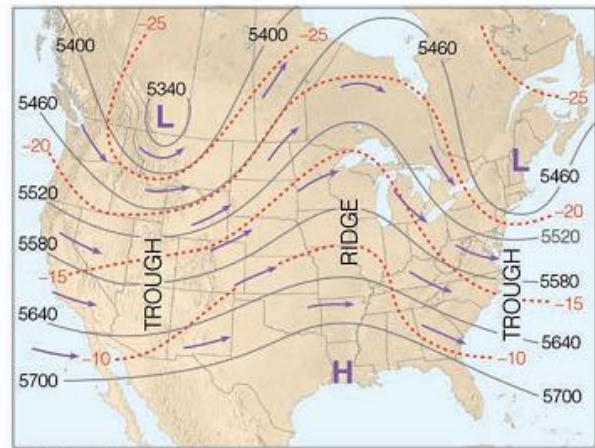




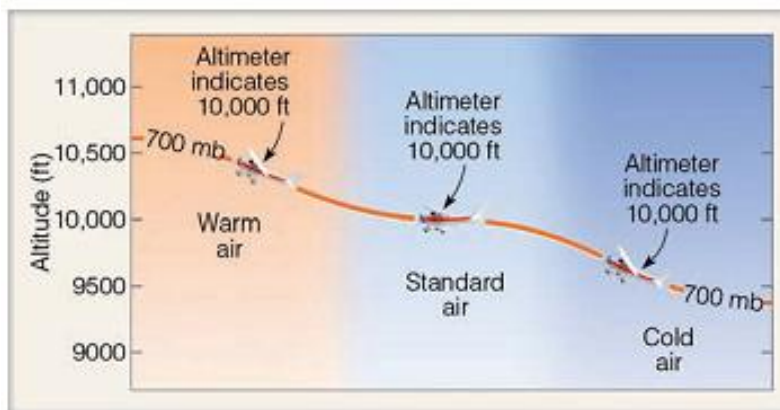
ISOBARIC SURFACE (MB) CHARTS	APPROXIMATE ELEVATION	
	(M)	(FT)
1000	120	400
850	1,460	4,800
700	3,000	9,800
500	5,600	18,400
300	9,180	30,100
200	11,800	38,700
100	16,200	53,200



(a) Surface map

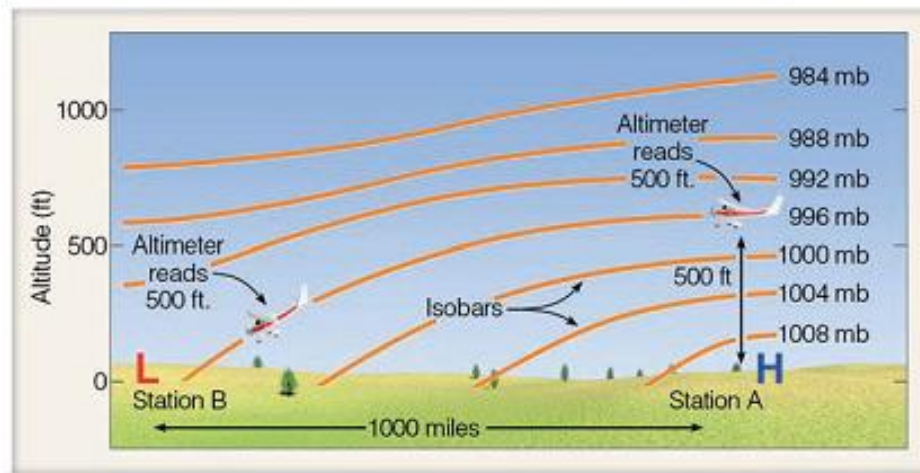


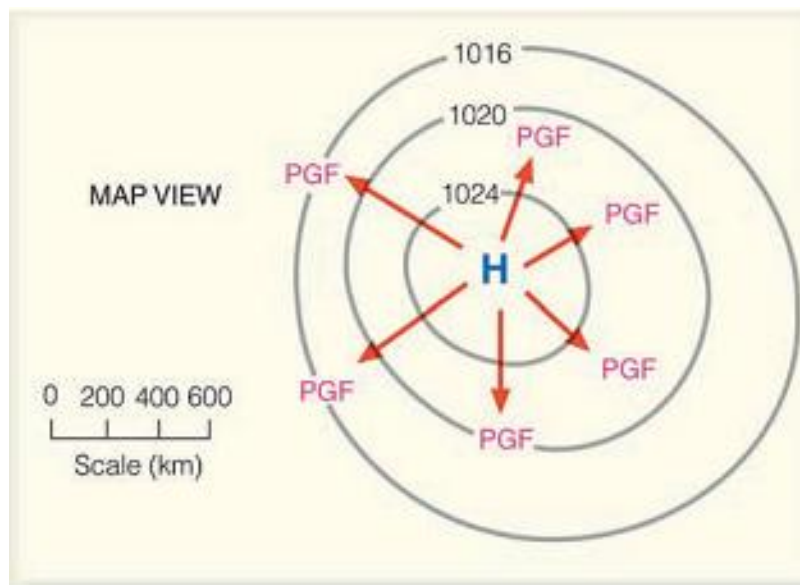
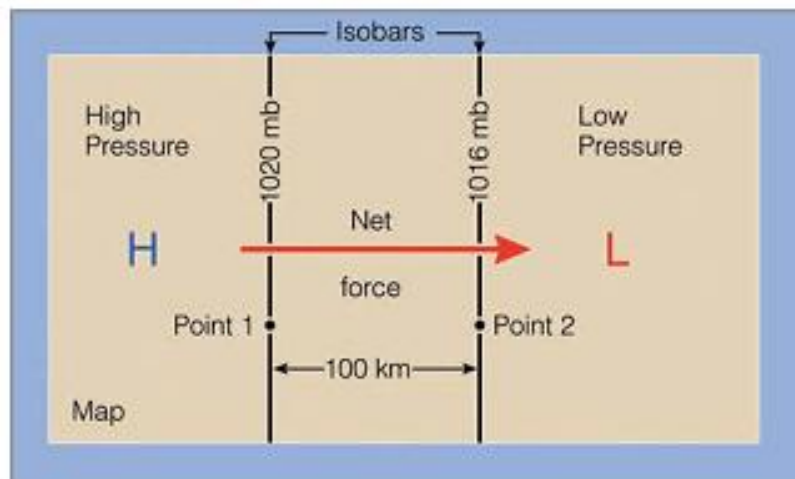
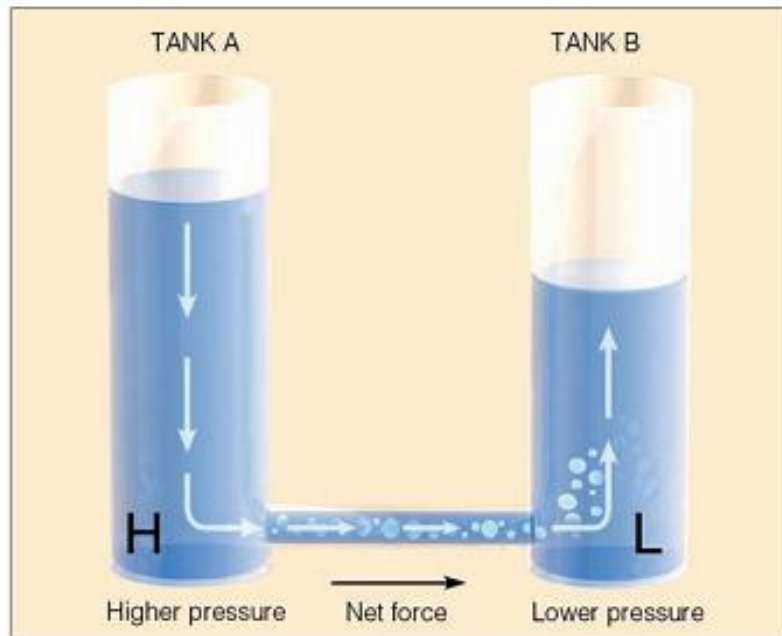
(b) Upper-air map (500 mb)

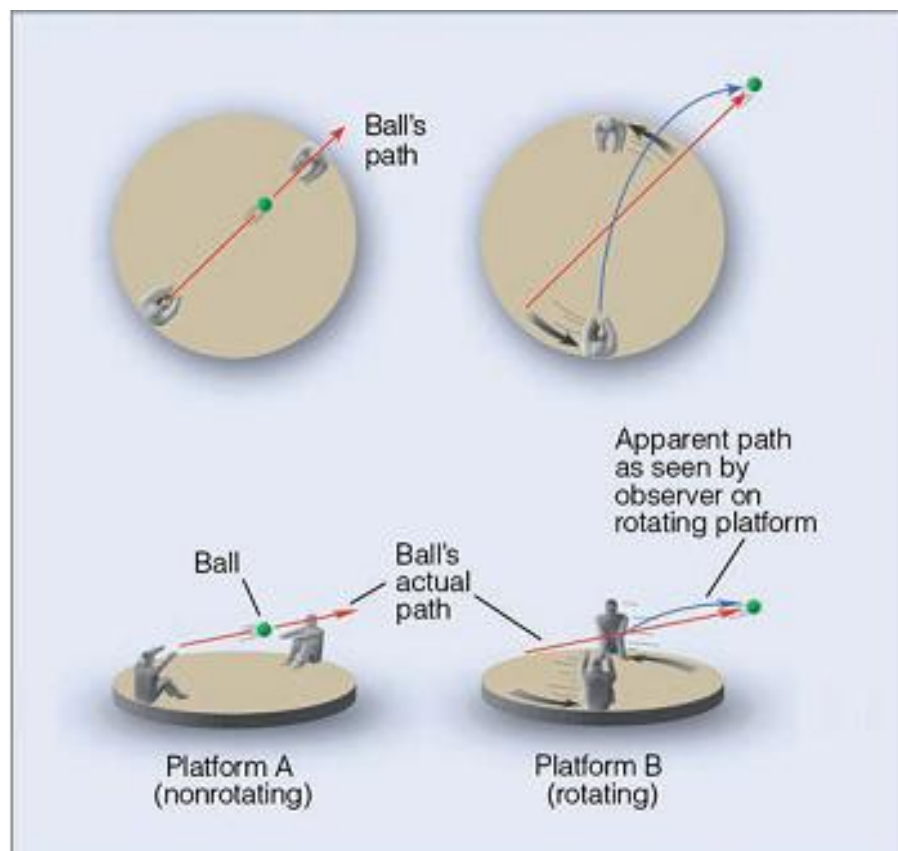
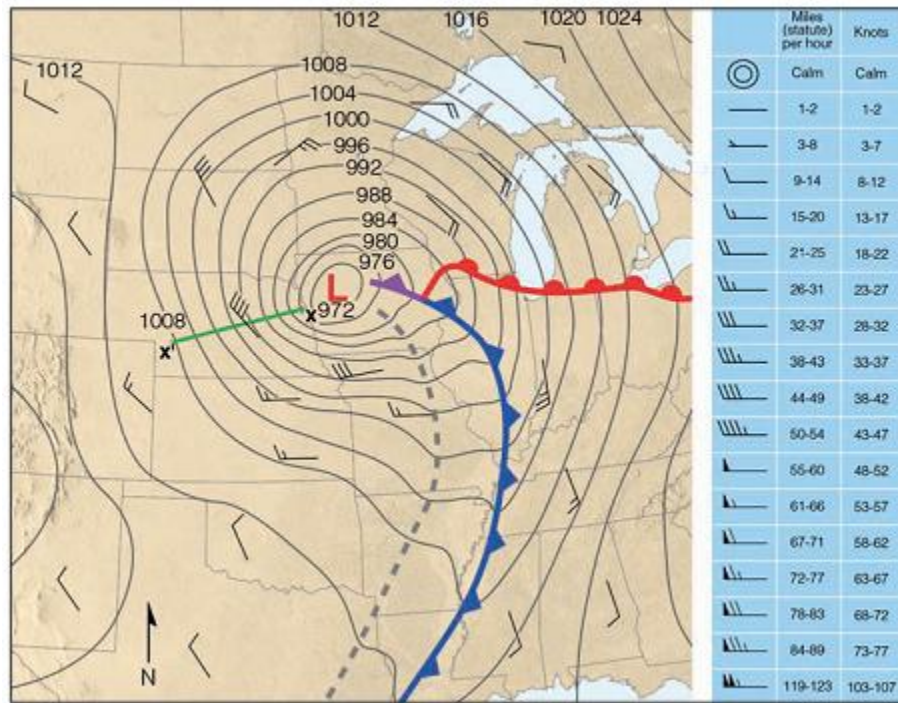


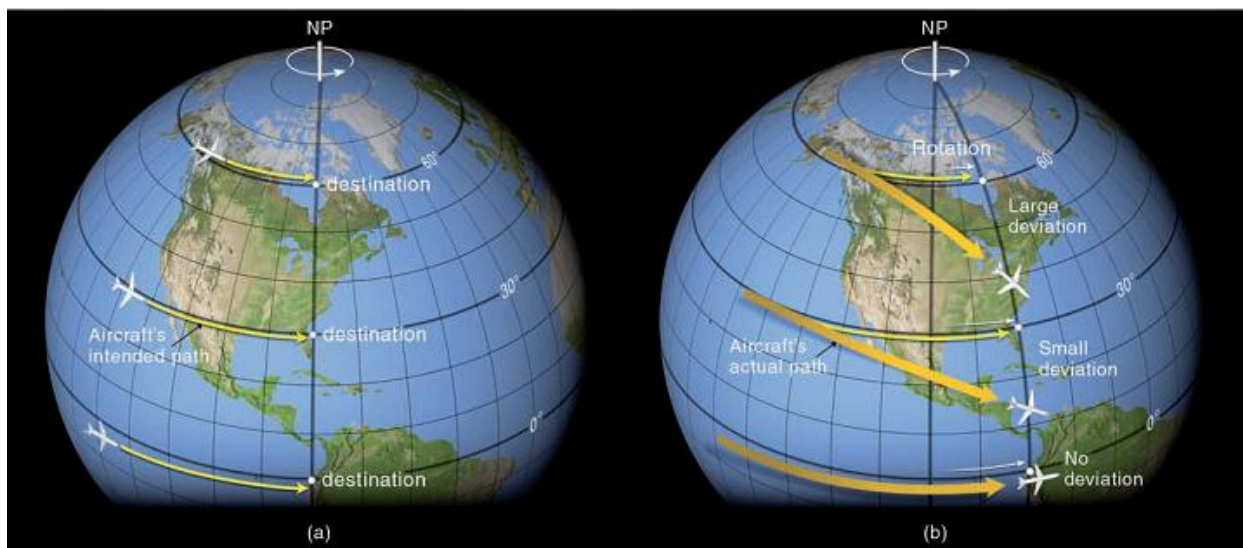
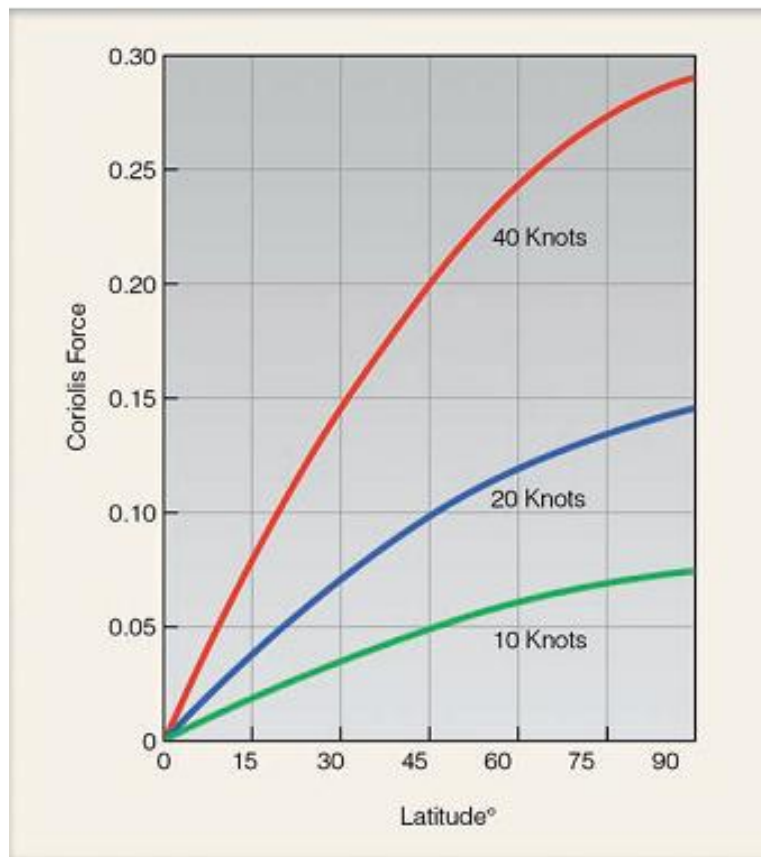
● FIGURE 2

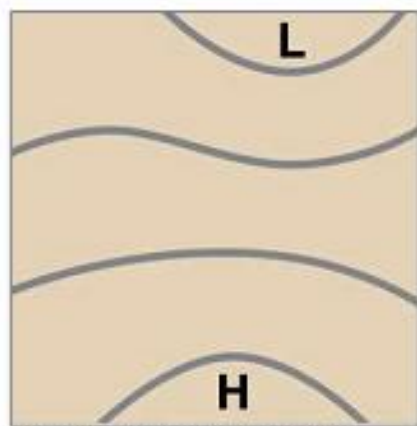
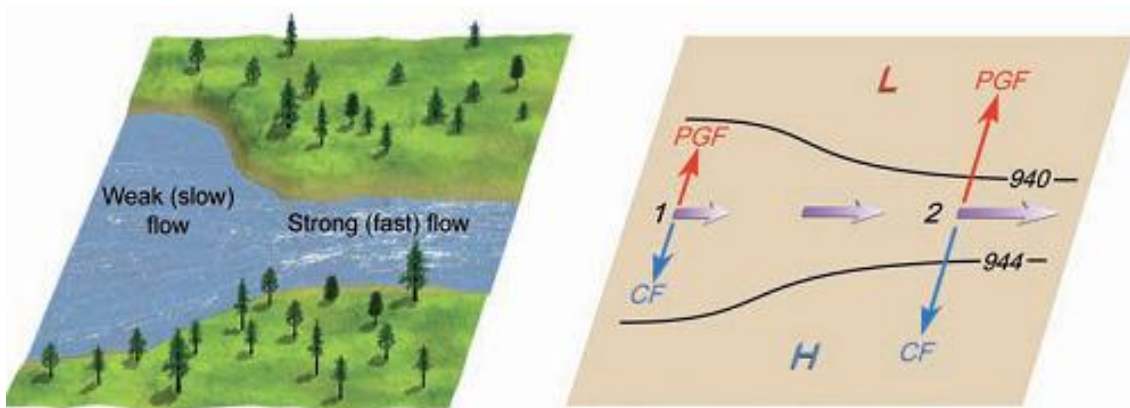
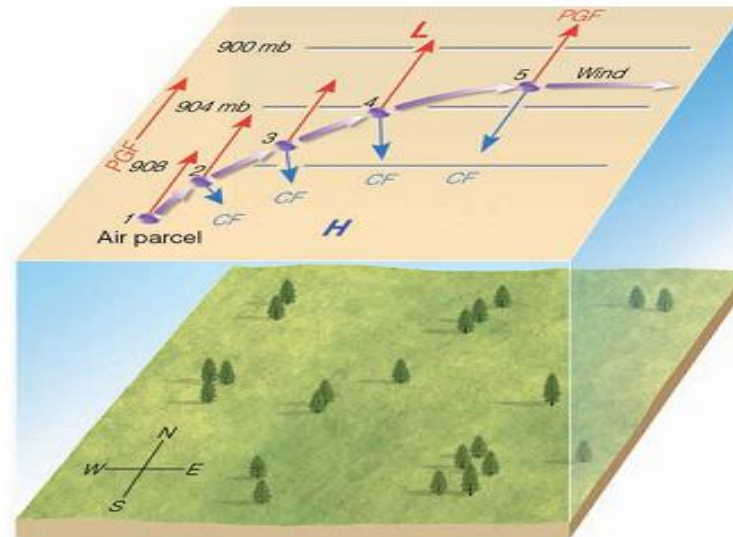
An aircraft flying along a surface of constant pressure (orange line) may change altitude as the air temperature changes. Without being corrected for the temperature change, a pressure altimeter will continue to read the same elevation.



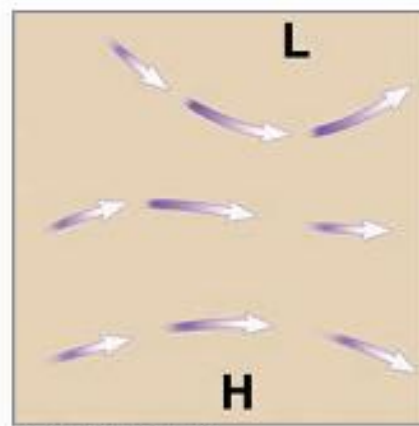




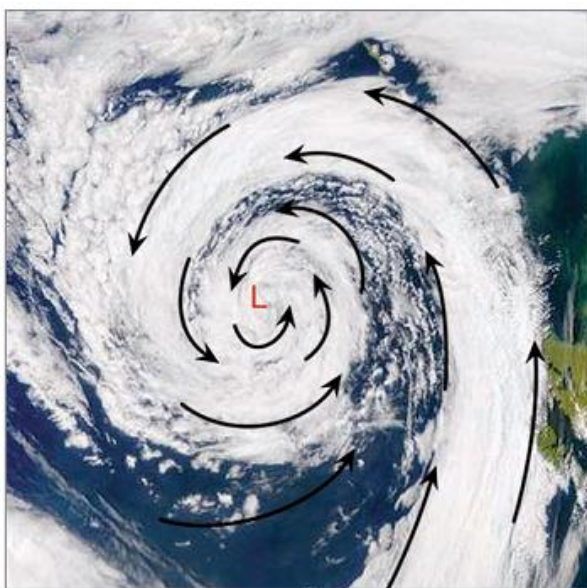
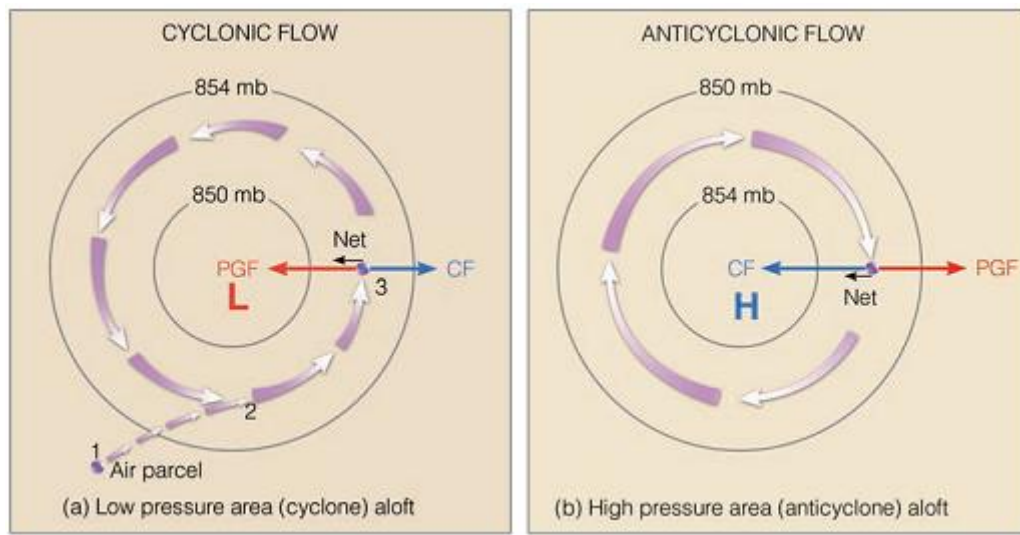
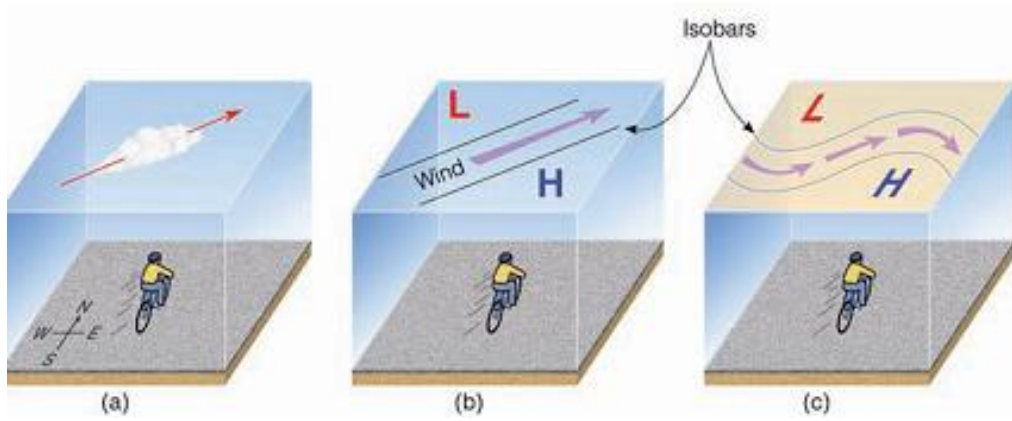




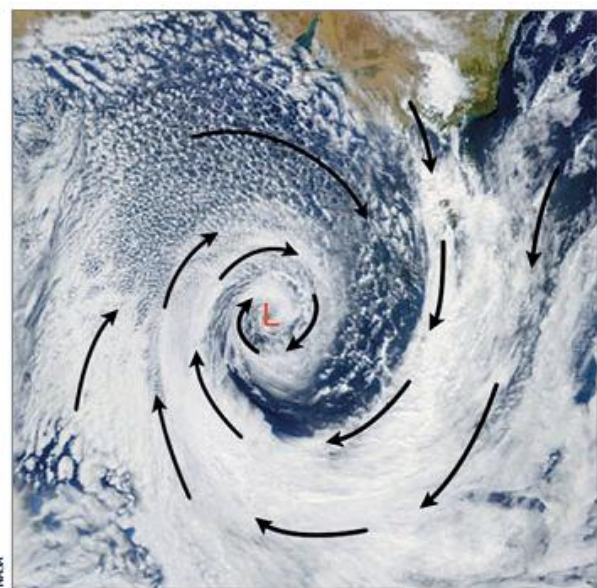
(a) Isobar or contour pattern



(b) Wind pattern



(a) Northern Hemisphere



(b) Southern Hemisphere

