

# 지표와 대기의 가열

## 제2장

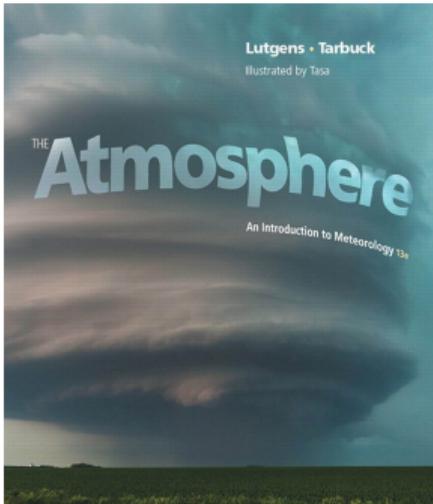
### 대기과학 및 실험 (2022)



박 기 현 ([Kiehyun.Park@gmail.com](mailto:Kiehyun.Park@gmail.com))

과학영재학교 경기과학고등학교

2022년 8월 24일



ISBN-13: 978-0321984623

ISBN-10: 0321984625

This work is licensed under a Creative Commons “Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International” license.

- 이 문서는 오른쪽의 교재를 이용하여 경기과학고등학교의 대기과학및실험 강좌 수업을 위해 제작되었습니다.
- 그림의 저작권은 원저작자에게 있으며, 이를 교재로 사용하는 수업을 하는 경우에 한하여 이용할 수 있습니다.





지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

### 2 에너지 온도 그리고 열

### 3 열 전달의 기구

### 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

### 5 대기 중 기체의 역할

### 6 지구의 에너지 수지

# 계절의 변화

지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

▼ Figure 2.1 An understanding of Earth–Sun relationships is basic to an understanding of the seasons A. Cold winter scene in Chicago, Illinois. B. Clear, warm summer day in Chicago, Illinois.

<http://goo.gl/A8D8Ay>



A.

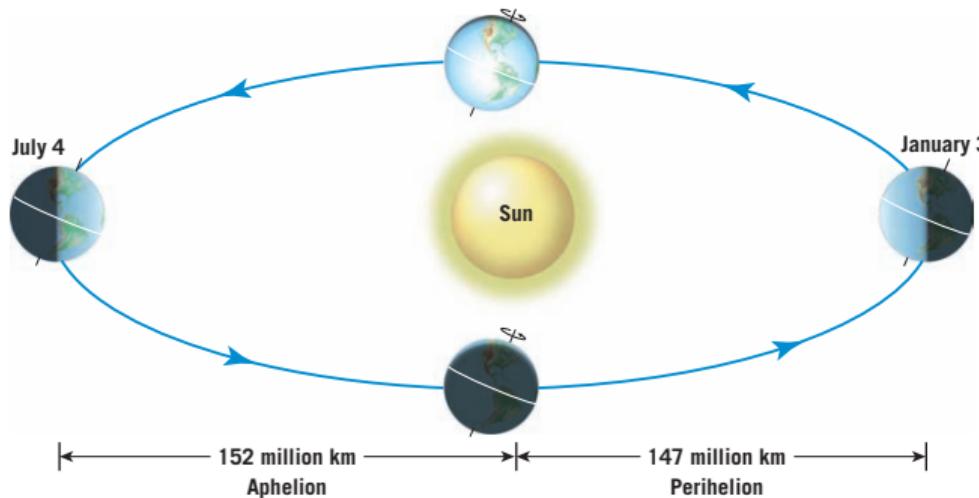


B.

- 4계절의 아름다움
- 계절을 이해하기 위해서는 지구와 태양의 관계를 이해해야 한다.

# 지구의 운동: 공전

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양 복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지



▲ Figure 2.2 Earth's slightly elliptical orbit around the Sun Notice that the Earth is farthest from the Sun on July 4 (aphelion) and closest to the Sun on January 3 (perihelion).

- 지구 공전궤도의 이심률: 0.0167
- 지구 궤도 장반경 :  $1.495978875 \times 10^{11}$  m

Q) 근일점과 원일점에서의 태양까지의 거리 비는 얼마인가?

Q) 북반구의 계절이 겨울일 때 지구와 태양 사이 거리는 어떤 한가?

# 태양의 고도 변화

지구와 태양의 관계

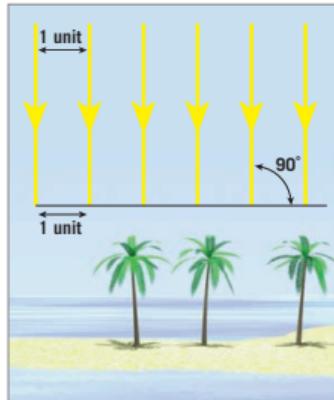
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

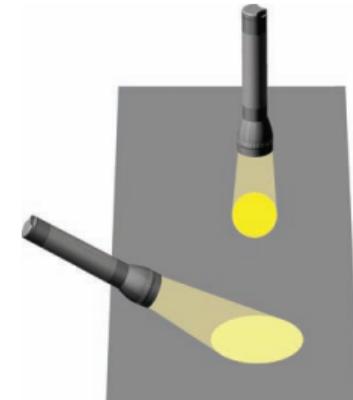
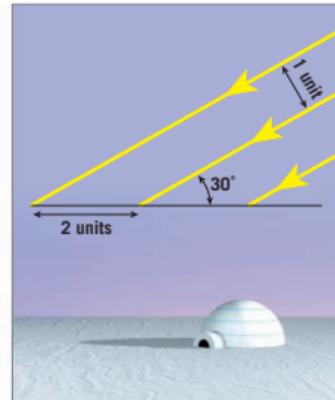
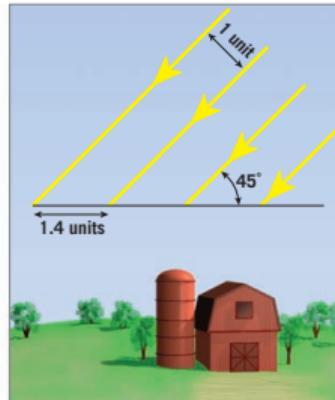
입사 태양 복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



A.



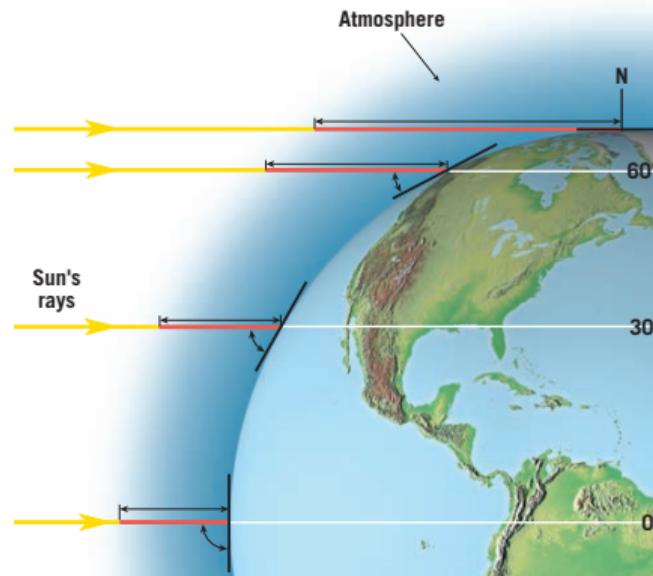
B.

▲ **Figure 2.3 Changes in the Sun's angle cause variations in the amount of solar energy that reaches Earth's surface** A. The higher the angle, the more intense the solar radiation reaching the surface. B. If a flashlight beam strikes a surface at a  $90^\circ$  angle, a small intense spot is produced, however if it strikes at any other angle, the area illuminated is larger—but noticeably dimmer.

- 태양에 수직일 때의 태양의 복사 강도를  $I_0$ , 태양의 고도각이  $\alpha$ 일 때의 태양의 복사 강도를  $I_\alpha$ 라 하면  $I_\alpha = I_0 \sin \alpha$ 가 된다.

# 위도에 따른 변화

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양 복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지



▲ Figure 2.4 The amount of atmosphere sunlight must traverse before reaching the Earth's surface affects its intensity. Rays striking Earth at a low angle (near the poles) must traverse more of the atmosphere than rays striking at a high angle (around the equator) and thus are subject to greater depletion by reflection, scattering, and absorption.

## 고위도로 갈수록

- 태양광선이 대기를 통과하는 두께가 두꺼워지고
- 태양의 고도가 낮아져서
- 따라서 단위 면적 당 도달하는 복사에너지가 작아진다.

# 자전축의 경사

지구와 태양의 관계

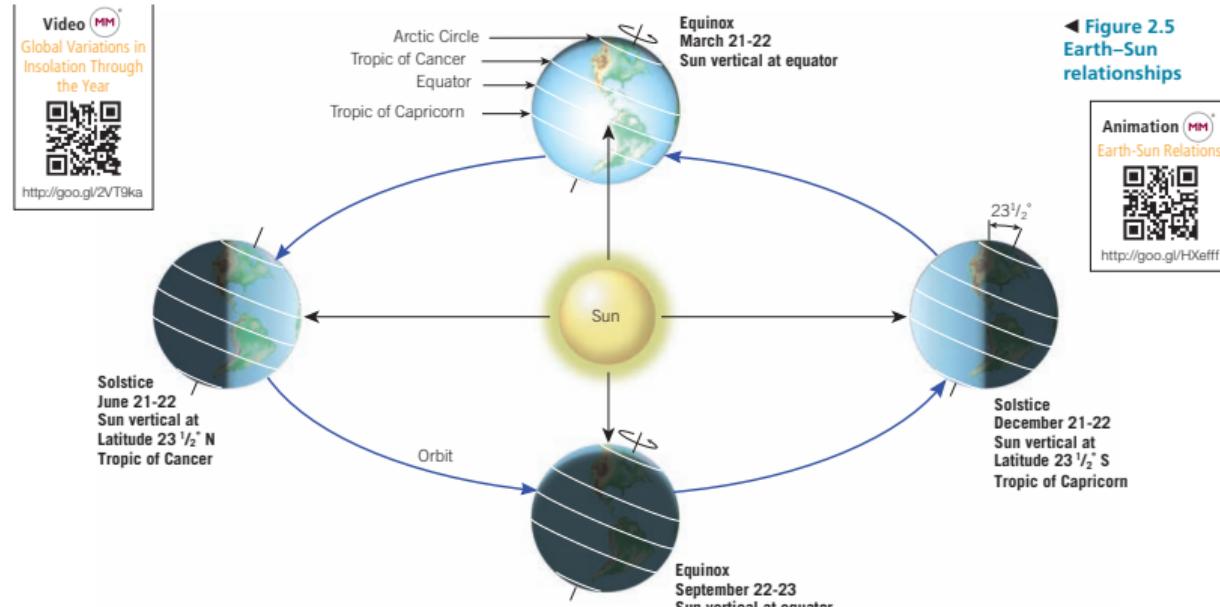
에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



- 지구의 공전면과 지구의 자전축이 수직이 아니고, 수직면에서  $23.5^{\circ}$  기울어짐
- 지구의 자전축이 하지에는 북반구가 태양쪽으로  $23.5^{\circ}$  기울어진 위치이며, 동지에는 태양의 반대편으로  $23.5^{\circ}$  기울어짐.
- 춘분과 추분에는 태양이 적도지방을 수직으로 비치게 된다.

# 태양의 남중 고도

지구와 태양의  
관계

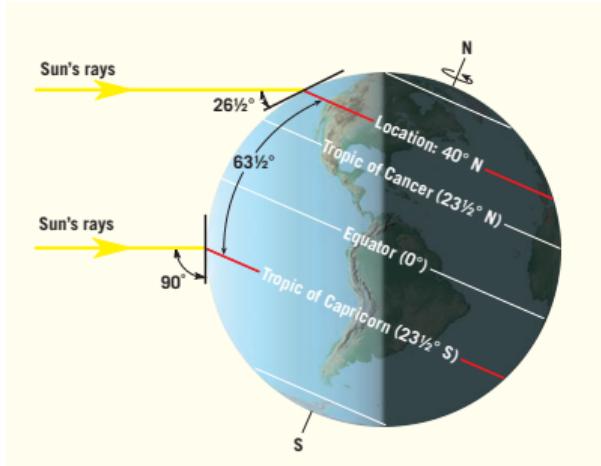
에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



Q) 태양의 남중고도는 어떻게 구할수 있는가?



# 낮의 길이

# 지구와 태양의 관계

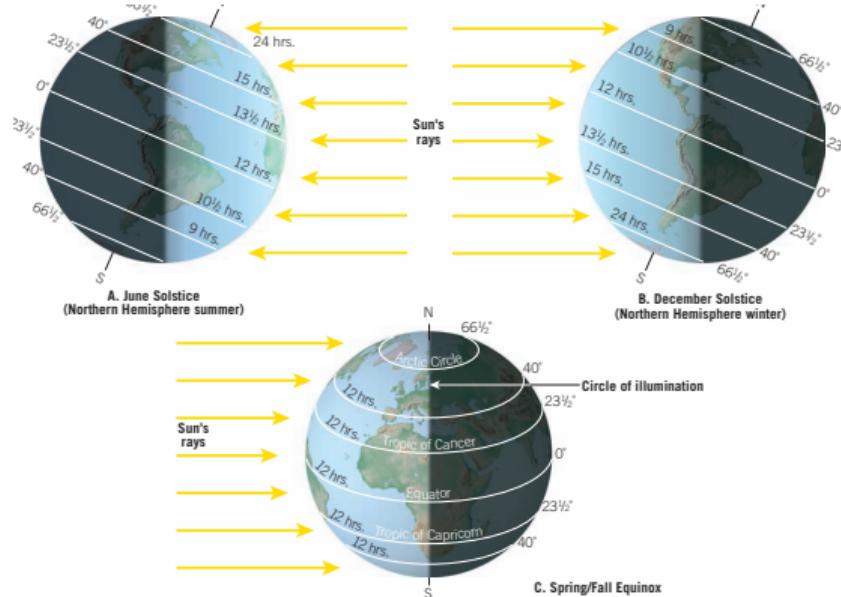
## 에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

### 대기 중 기체의 역할

## 지구의 에너지 수지



- 북반구의 경우, 하지 때는 낮의 길이(밝은 부분)가 밤의 길이(어두운 부분)보다 길고,
  - 동지 때는 밤의 길이가 낮의 길이보다 길다.
  - 단, 위도에 따라 낮과 밤의 길이 차이는 다르다.

**Q) 계절별 온도 변화의 원인 두 가지를 고르면?**



# 위도별 낮의 길이

Table 2.1 | Length of Daylight

| Latitude | Summer Solstice | Winter Solstice | Equinoxes |
|----------|-----------------|-----------------|-----------|
| 0°       | 12 hr           | 12 hr           | 12 hr     |
| 10°      | 12 hr 35 min    | 11 hr 25 min    | 12 hr     |
| 20°      | 13 hr 12 min    | 10 hr 48 min    | 12 hr     |
| 30°      | 13 hr 56 min    | 10 hr 04 min    | 12 hr     |
| 40°      | 14 hr 52 min    | 9 hr 08 min     | 12 hr     |
| 50°      | 16 hr 18 min    | 7 hr 42 min     | 12 hr     |
| 60°      | 18 hr 27 min    | 5 hr 33 min     | 12 hr     |
| 70°      | 2 mo            | 0 hr 00 min     | 12 hr     |
| 80°      | 4 mo            | 0 hr 00 min     | 12 hr     |
| 90°      | 6 mo            | 0 hr 00 min     | 12 hr     |

Q) 적도 지방의 낮의 길이는 어떠한가?

Q) 고위도 지방의 낮의 길이는 어떠한가?

Q) 춘분, 추분 낮과 밤의 길이는 어떠한가?

지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

# 하루 동안 태양의 경로

지구와 태양의 관계

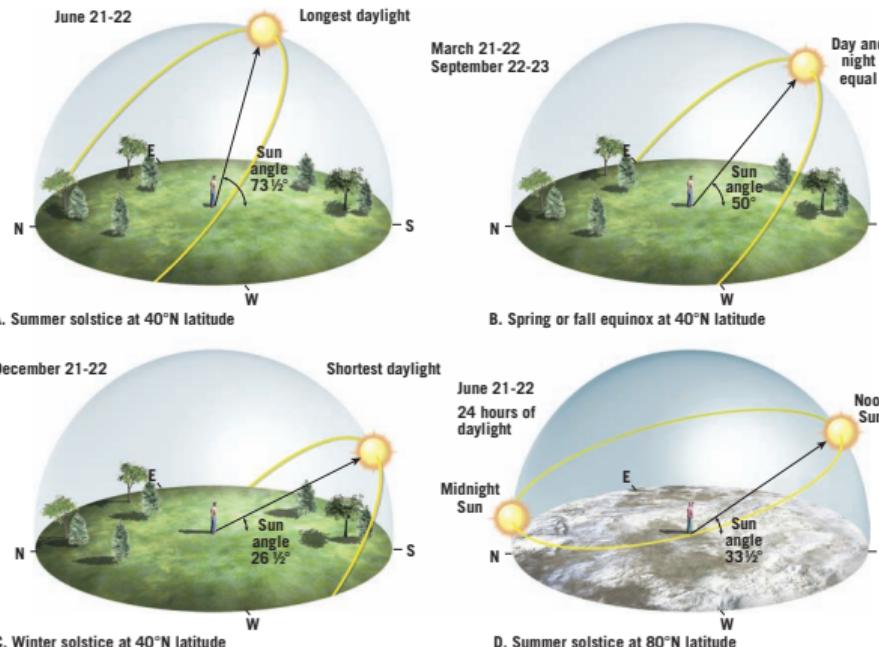
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

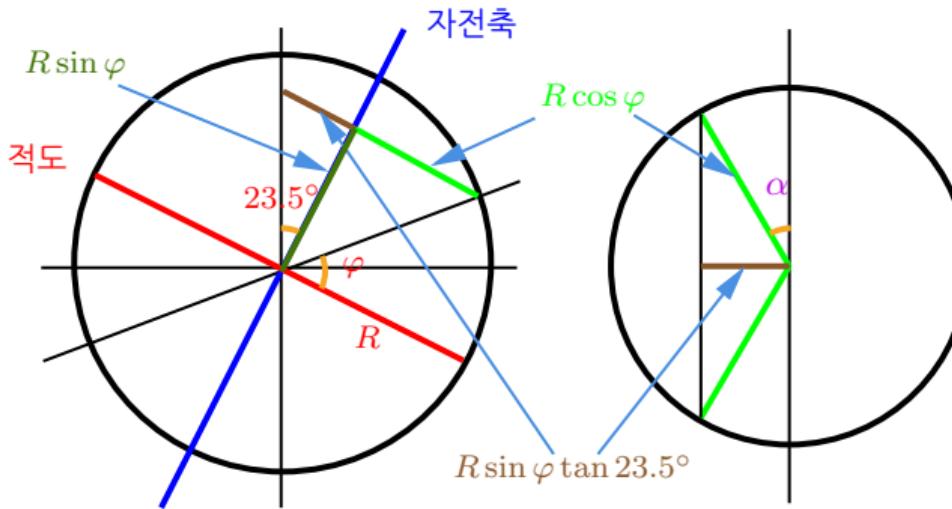
대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



Q) 위도를  $37.5^{\circ}\text{N}$  지점에서의 하지 날과 동지날 낮의 길이를 각각 구 하시오. (단, 하지날 태양의 적위는  $+23.5^{\circ}$ 이다.)

# 낮의 길이



Q) 위도가  $40^{\circ}\text{N}$ 인 지역에서 하짓날 낮의 길이를 구하시오.

하짓날 태양의 적위는  $+23.5^{\circ}$  이므로 위도를  $\varphi$ 라고 하면,

$$R \sin \varphi \tan 23.5^{\circ} = R \cos \varphi \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \tan \varphi \tan 23.5^{\circ}$$

$$\alpha = \sin^{-1} (\tan \varphi \tan 23.5^{\circ})$$



# 심야 태양

## 지구와 태양의 관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

## 대기 중 기체의 역할

지구의 에너지  
수지



▲ **Figure 2.7** *Midnight Sun* Multiple exposures, (taken on the same day) of the midnight Sun representative of midsummer in the high latitudes. This example shows the midnight Sun in Norway.

**Q)** 북극에서는 태양이 춘분부터 추분까지 6개월간 계속해서 비추지만, 온도는 결코 그리 따뜻해 지지 않는다. 그 이유를 설명하시오.

# 지점과 분점

지구와 태양의 관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



Characteristics of the Solstices and Equinoxes for the Northern Hemisphere

| Characteristics          | Summer Solstice                    | Winter Solstice                   | Equinoxes                                    |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Date of Occurrence       | June 21-22                         | December 21-22                    | Spring: March 21-22<br>Fall: September 22-23 |
| Vertical Rays of the Sun | Tropic of Cancer (23½° N)          | Tropic of Capricorn (23½° S)      | Equator                                      |
| Length of daylight       | Longest Period of Daylight         | Shortest Period of Daylight       | Equal Days and Nights                        |
| Angle of Noon Sun        | At its highest point above horizon | At its lowest point above horizon | At an intermediate position above horizon    |

Q) 오른쪽 사진은 2008년 남극에서의 첫 해돋이를 보여주는 사진으로 미국의 아문센-스코트 기지에서 촬영한 것이다. 이 사진이 찍힌 대략의 날짜는 언제인가?

Q) 남극에서 사진을 찍은 후로 해가 질때까지 얼마나 걸렸을까?

Q) 1년을 통틀어, 남극에서 태양이 도달할 수 있는 가장 높은 고도는 몇도인가?

# 계절은 언제인가?

지구와 태양의 관계

에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

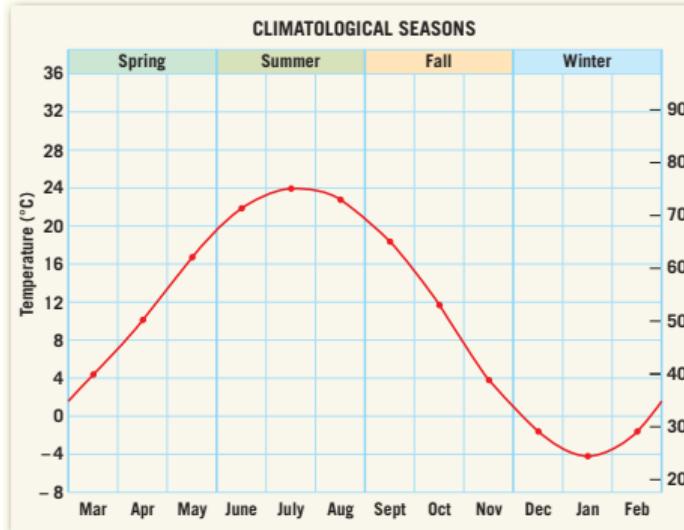
대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지

**Table 2.A** Occurrence of the Seasons in the Northern Hemisphere

| Season | Astronomical Season                     | Climatological Season        |
|--------|---|------------------------------|
| Spring | March 21 or 22 to June 21 or 22         | March, April, May            |
| Summer | June 21 or 22 to September 22 or 23     | June, July, August           |
| Autumn | September 22 or 23 to December 21 or 22 | September, October, November |
| Winter | December 21 or 22 to March 21 or 22     | December, January, February  |

- 천문학적 계절은 태양의 적위를 기준
- 기후학적 계절은 기온을 기준



**▲ Figure 2.B** Mean monthly temperatures for a midlatitude city in the central United States Notice how well the 3 warmest and 3 coldest months align with the occurrence of summer and winter seasons, respectively. The astronomical seasons began about 21 days after the climatological seasons. As a result, under the astronomical seasons, winter-like conditions can occur long before the designated “first day of winter.”



지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

## 2 에너지 온도 그리고 열

## 3 열 전달의 기구

## 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

## 5 대기 중 기체의 역할

## 6 지구의 에너지 수지

# 상변화와 잠열

지구와 태양의 관계

에너지 온도 그리고 열

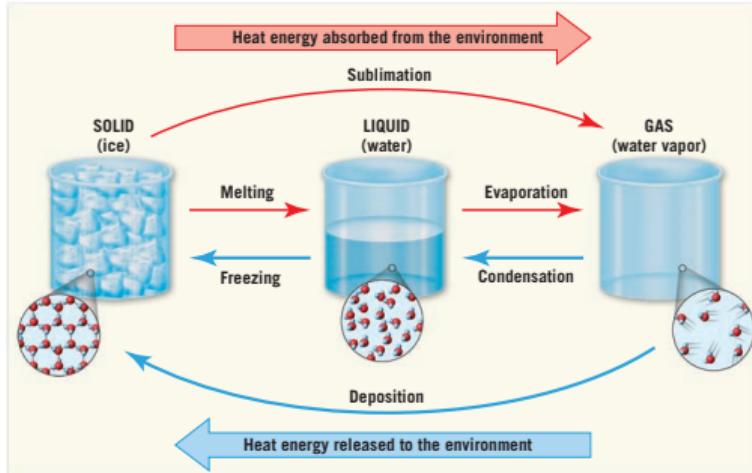
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지

▼ Figure 2.10 Latent heat is either absorbed or released by each of these phase changes



- 잠열(latent heat): 상변화 과정을 거칠 때 방출되거나 흡수되는 열

- 현열(sensible heat): 우리가 느낄 수 있는 열, 상변화에 관여하지 않으며, 온도계로 측정

Q) 에너지, 온도, 열을 정의하시오.

Q) 물의 융해열, 기화열은 각각 얼마인가?



지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

## 2 에너지 온도 그리고 열

## 3 열 전달의 기구

## 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

## 5 대기 중 기체의 역할

## 6 지구의 에너지 수지

# 전도(conduction)

지구와 태양의 관계

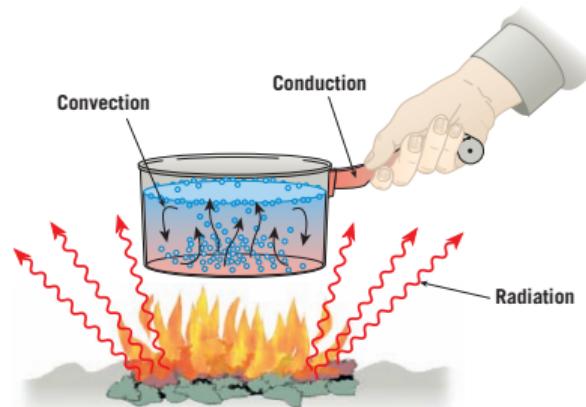
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



▲ SmartFigure 2.11 Three mechanisms of heat transfer: conduction, convection, and radiation

<http://goo.gl/7sSdC>

- 분자운동에 의해 물질 간에 열이 이동하는 것  
ex) 지구 내부 내핵
- 전도는 고체 물질 간에 열을 효과적으로 전달하는 방법이므로, 대기에서는 열을 거의 전달하지 못함
- 전도는 지표와 맞닿아 있는 공기 사이에서만 중요한 역할을 하므로 대부분의 기상 현상을 고려할 때 무시할 수 있음.

**Q) 열 전달의 세 가지 방법은 무엇인가?**

**Q) 같은 온도임에도 불구하고 추운 날 아침 화장실의 타일 바닥이 침실의 카펫보다 더 차갑게 느껴지는 이유는 무엇인가?**

# 대류(convection)

지구와 태양의  
관계

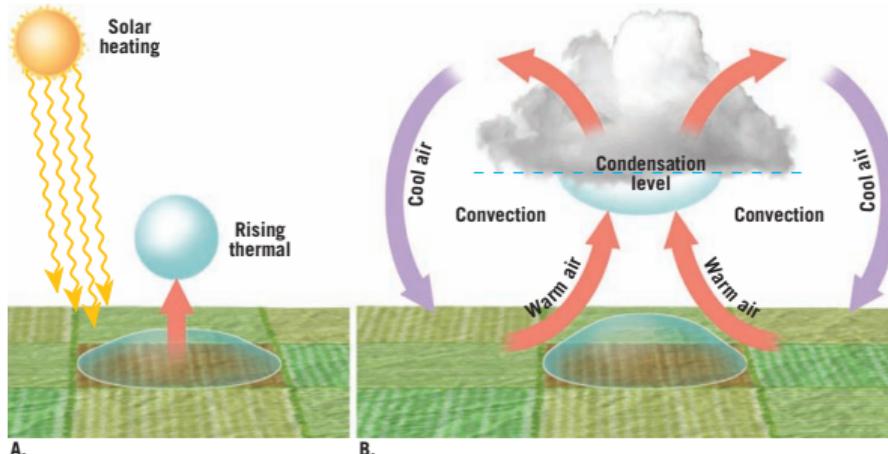
에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



▲ Figure 2.12 Rising warmer air and descending cooler air are examples of convective circulation **A.** Heating of Earth's surface produces thermals of rising air that transport heat and moisture aloft. **B.** The rising air cools, and if it reaches the condensation level, clouds form.

- 물체의 실제 운동 혹은 순환에 의한 열전달. 유체들에서 발생. ex) 맷틀, 대기
- 가열받아 밀도가 낮은 공기가 위로 뜨면서 상공의 차가운 공기가 이를 대신하여 대류 흐름 발달 수증기를 상층으로 수송(열 전달)

**Q) 이류와 대류의 차이는 무엇인가?**

# 복사(radation)

지구와 태양의  
관계

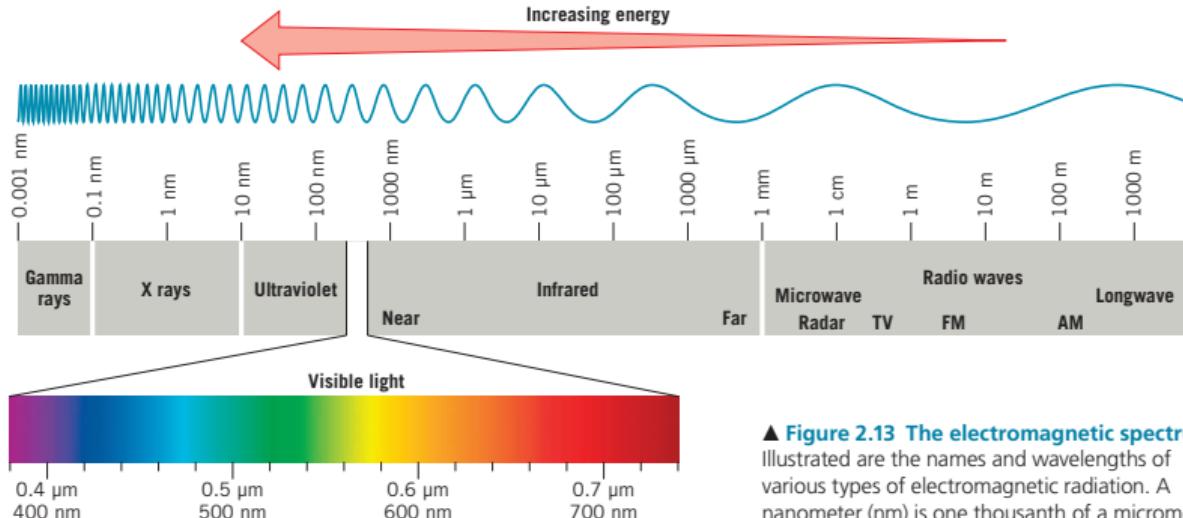
에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

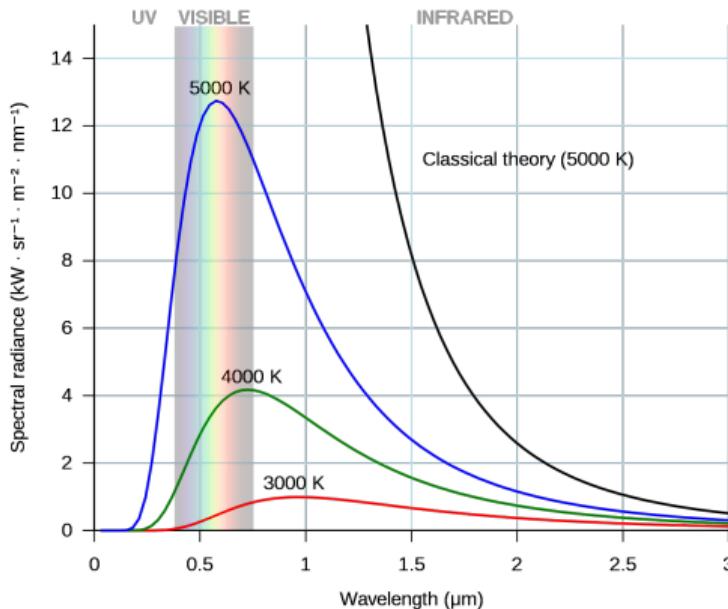


▲ **Figure 2.13** The electromagnetic spectrum  
Illustrated are the names and wavelengths of various types of electromagnetic radiation. A nanometer (nm) is one thousandth of a micrometer.

- 모든 종류의 복사는 빛의 속도로 이동하며, 파장에 따라 다양한 전자기 파로 구분

# 흑체 복사의 기본 법칙

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양  
복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지



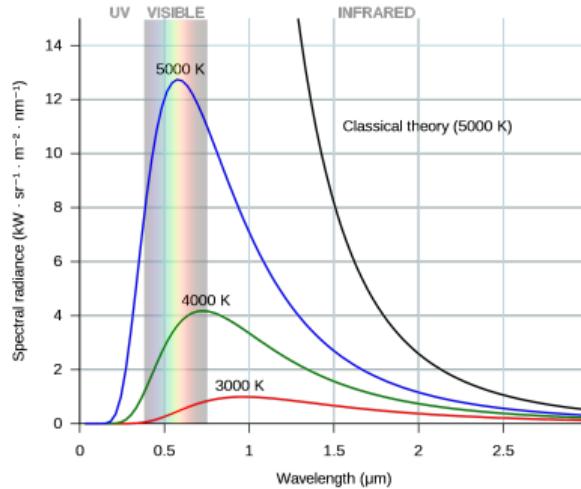
- Kirchhoff's law: 주어진 온도와 파장에서 방출과 흡수의 열역학적 관계  
- 복사 에너지를 잘 흡수하는 물체가 복사 에너지를 잘 방출한다.
- Planck's law: 온도에 따른 흑체 복사의 강도 분포를 설명 - 모든 물체는 항상 다양한 파장의 복사 에너지를 방출한다.

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

$$I'(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

# 흑체 복사의 기본 법칙

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양  
복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지



- Stefan-Boltzmann's law: 방출에너지의 시간변화율과 절대온도와의 관계
  - 물체의 온도가 높을수록 단위 면적당 더 많은 에너지를 방출한다.

$$E = \sigma T^4$$

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.670400 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

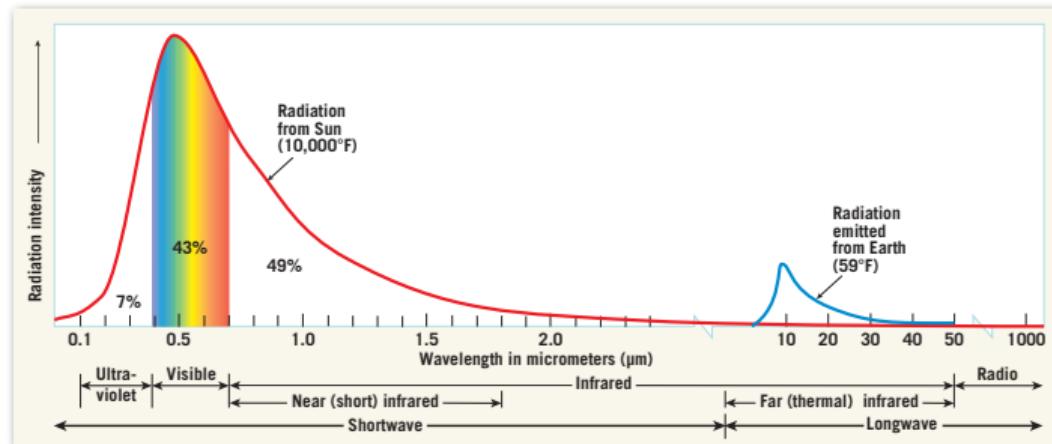
- Wien's displacement law: 방출하는 최대 강도의 파장과 절대온도와의 관계
  - 물체의 온도가 높을수록 최대 복사의 파장은 짧아진다.

$$\lambda_{\max} \cdot T = C$$

$$C = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

# 태양 복사와 지구 복사

지구와 태양의  
관계  
  
에너지 온도  
그리고 열  
  
열 전달의 기구  
  
입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가  
  
대기 중 기체의  
역할  
  
지구의 에너지  
수지



▲ Figure 2.14 Comparison of the intensity of solar radiation and radiation emitted by Earth Because of the Sun's high surface temperature, most of its energy is radiated at energetic wavelengths shorter than 2.5 micrometers ( $\mu\text{m}$ ). The greatest intensity of solar radiation is in the visible range of the electromagnetic spectrum. Earth, in contrast, radiates most of its energy in wavelengths longer than 2.5 micrometers, primarily in the far end (less-energetic) of the infrared band. Thus, we call the Sun's radiation *shortwave* and Earth's radiation *longwave*.

Q) 태양 복사와 지구 복사에서 자외선, 가시광선, 적외선 복사의 비중은 각각 어느 정도인가?



## 자외선과 오존층

## 지구와 태양의 관계

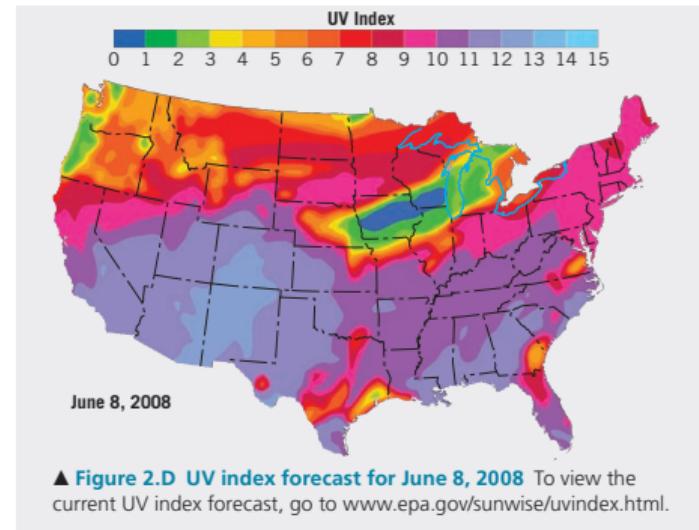
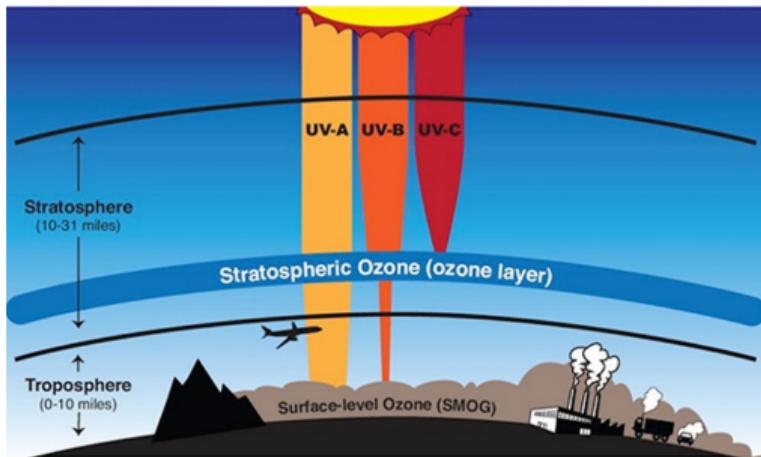
에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

## 대기 중 기체의 역할

지구의 에너지  
수지



- 자외선은 UVA(320 ~ 400 nm), UVB(290 ~ 320 nm), UVC(200 ~ 290 nm)로 나뉨
  - UVC는 지구의 표면에 도달하기 전 오존층에서 차단되고, UVA는 1년 내내 노출량이 같고, UVB는 여름에 특히 많아짐.

# 자외선 지수

지구와 태양의 관계

에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



▲ Figure 2.C Exposing sensitive skin to too much solar ultraviolet radiation has potential health risks

- 과도한 자외선은 피부암, 백내장 등을 일으킴

**Table 2.B | The UV Index: Minutes to Burn for the Most Susceptible Skin Type**

| UV Index Value | Exposure Category | Description  | Minutes to Burn |
|----------------|-------------------|--|-----------------|
| 0–2            | Low               | Low danger from the Sun's UV rays for the average person.  | > 60            |
| 3–5            | Moderate          | Moderate risk from unprotected Sun exposure. Take precautions during the midday, when Sun is strongest.  | 40–60           |
| 6–7            | High              | Protection against sunburn is needed. Cover up, wear a hat and sunglasses, and use sunscreen.  | 25–40           |
| 8–10           | Very High         | Try to avoid the Sun between 11 A.M. and 4 P.M. Otherwise, cover up and use sunscreen.   | 10–25           |
| 11 +           | Extreme           | Take all precautions. Unprotected skin will burn in minutes. Do not pursue outdoor activities if possible. If outdoors, apply sunscreen liberally every 2 hours. | < 10            |



지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

## 2 에너지 온도 그리고 열

## 3 열 전달의 기구

## 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

## 5 대기 중 기체의 역할

## 6 지구의 에너지 수지

# 태양 복사 에너지의 분포

지구와 태양의 관계

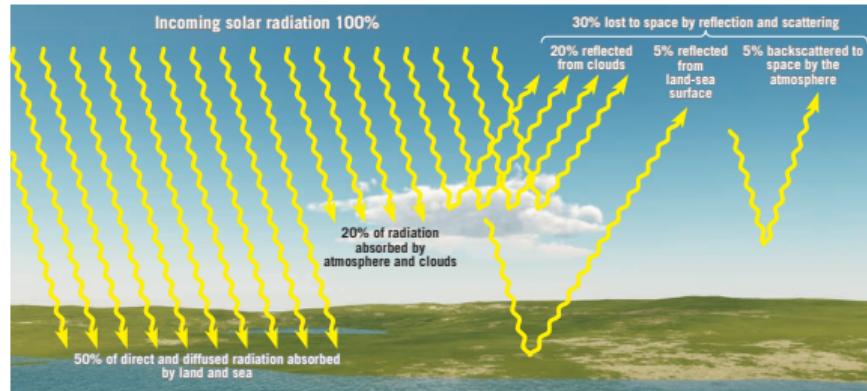
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



▲ SmartFigure 2.15 Average distribution of incoming solar radiation More solar energy is absorbed by Earth's surface than by the atmosphere.



<http://www.ncl.ac.kr/ncl/22>

Q) 입사한 태양복사가 대기에 도달하면 어떤 일이 발생할 수 있는가?

Q) 입사한 태양복사의 평균적인 지표, 대기, 구름에서의 분포를 설명하시오

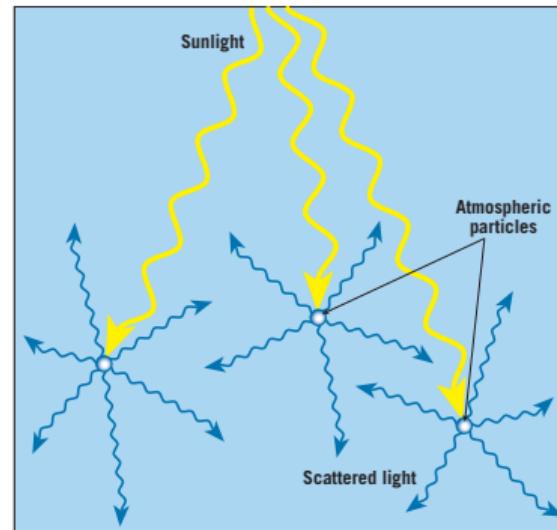
# 반사와 산란

지구와 태양의  
관계  
에너지 온도  
그리고 열  
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



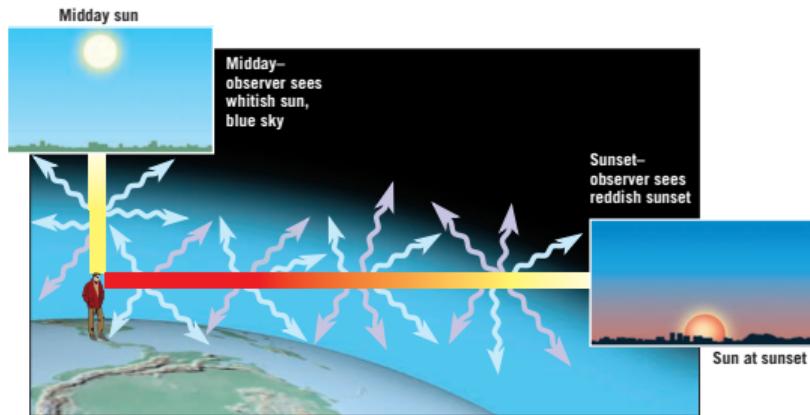
▲ Figure 2.16 Scattering by atmospheric particles When sunlight is scattered, it results in rays traveling in different directions. Usually more energy is scattered in the forward direction than is backscattered.



- 반사는 빛이 물체의 표면과 만나는 각도와 같은 각도에서 같은 강도로 되돌아 가는 것
- 산란은 빛이 약화되어 다른 방향으로 무수히 흩어지는 것

# 레이리 산란(Rayleigh scattering)

Q)



- 산란하는 입자의 크기가 파장보다 훨씬 작은 경우
- 산란 강도는 파장의 4제곱에 반비례

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

- 우리 대기의 구성 입자(분자)에 의한 산란이 여기에 해당

지구와 태양의  
관계  
에너지 온도  
그리고 열  
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

# 미 산란(Mie scattering)

지구와 태양의 관계

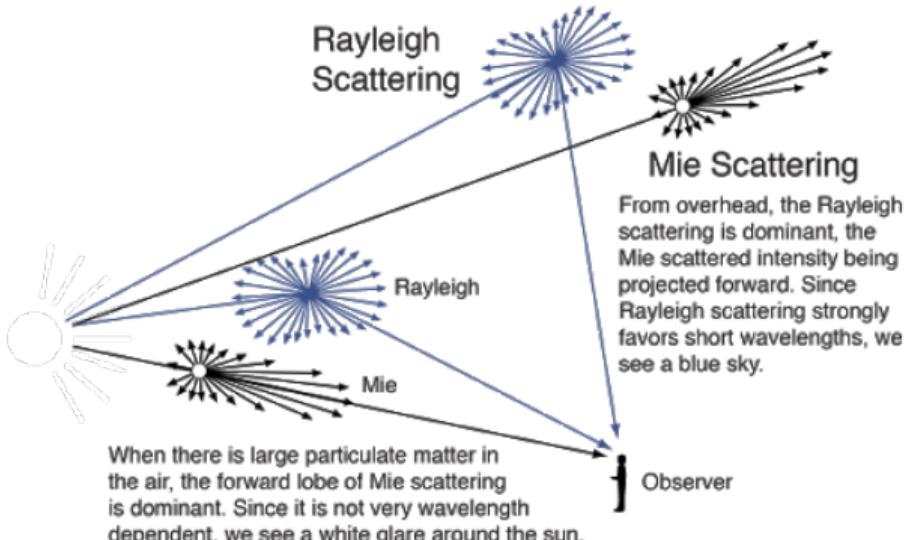
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



- 먼지와 같은 에어로졸과 빗방울처럼 산란하는 입자의 크기가 더 커진 경우
- 입자 위의 한 점으로부터 산란된 빛과 다른 점으로부터 산란된 빛의 위상이 어긋나 간섭이 발생하며 산란광의 분포도 레일리 산란과 다름
- 산란 강도는 파장과 무관함

Q) 구름이나 안개, 스모그 현상 시 하얗게 보이는 이유는?

# 반사율(albedo)

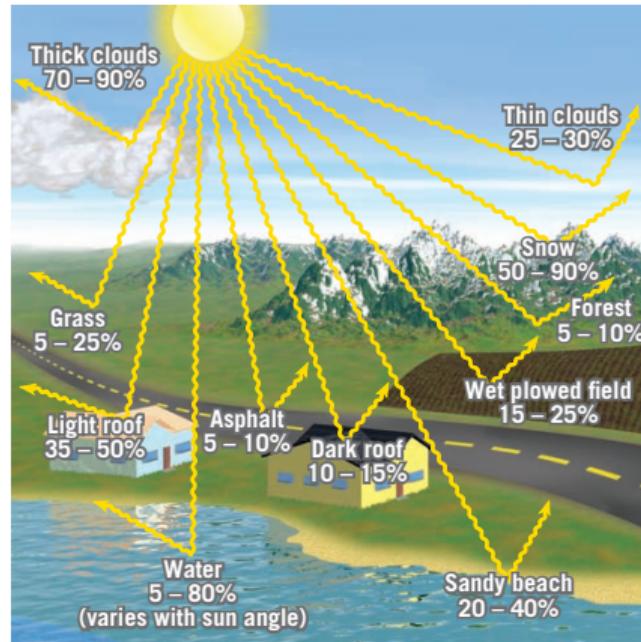
지구와 태양의  
관계  
에너지 온도  
그리고 열  
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

▼ Figure 2.17 Albedo (reflectivity) of various surfaces In general light-colored surfaces tend to be more reflective than dark-colored surfaces and thus have higher albedos.



- 지표에 의해 반사된 복사 에너지의 비율
- 특정 파장에 대해 정의하지 않고 전 파장영역에 걸친 평균값으로 정의
- 입사광의 각도 분포나 대기의 투과율, 지표 성질에 의해서 변화할 수 있는 값

Q) 어떤 곳이 알베도가 높은가?

Q) 구름이 알베도에 미치는 영향은 어떨까?



지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

## 2 에너지 온도 그리고 열

## 3 열 전달의 기구

## 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

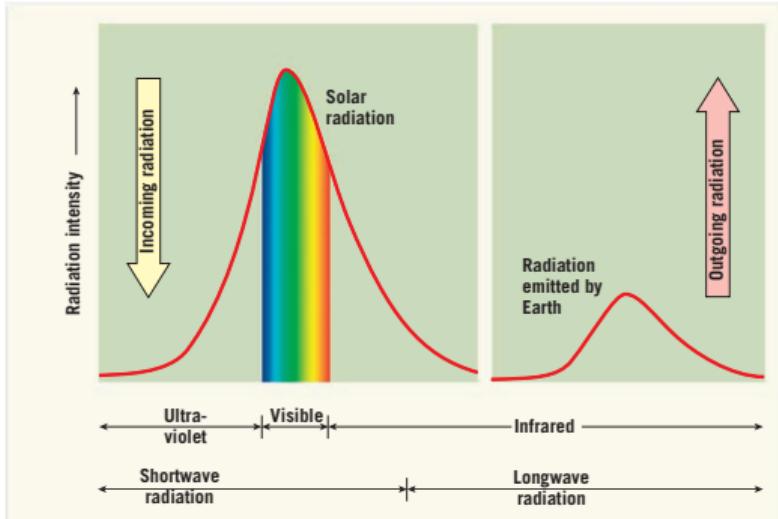
## 5 대기 중 기체의 역할

## 6 지구의 에너지 수지

# 태양 복사와 지구 복사

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양 복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지

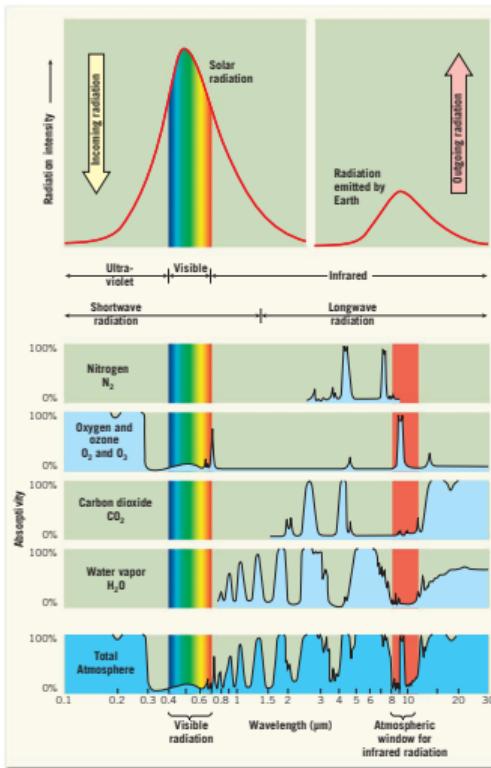


- 태양 복사는 자외선, 가시광선, 적외선, 단파복사( $2.5 \mu\text{m}$  보다 짧은 파장)
- 지구 복사의 대부분은 적외선, 장파복사( $2.5 \sim 30 \mu\text{m}$ )

Q) 태양(5800 K)과 지구(288 K)의  $\lambda_{\max}$ 를 계산해 보자.

# 대기를 가열하기

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양 복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지



- 0.3 ~ 0.7  $\mu\text{m}$  파장의 가시광에 대해 어떤 기체도 효과적 흡수체가 아니므로 대기는 입사하는 태양 복사에 대해 거의 투명함.
- 반면, 장파장인 지구 복사에 대해 상대적으로 효과적인 흡수체이며, 대기는 지구 복사의 약 60% 정도를 흡수함.(불투명함)
- 태양 복사에 대한 효과적인 흡수체는 수증기, 산소, 오зон이며,
- 지구 복사에 대한 효과적인 흡수체는 수증기, 이산화 탄소임.

# 복사 에너지의 선택적 흡수

지구와 태양의 관계

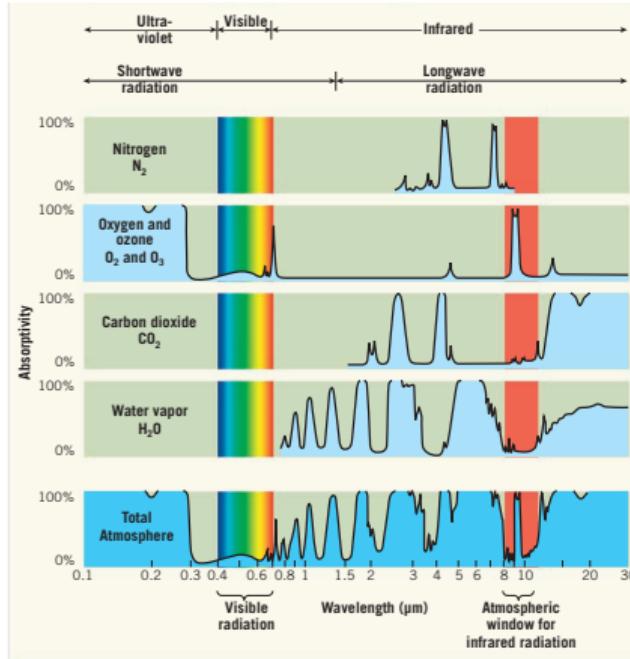
에너지 온도 그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지



**Q)** '대기의 창'이란 무엇이며, 어떤 경우에 닫히기도 하는가?

**Q)** 기상 위성의 수증기 채널로 사용하기 적합한 파장대는 얼마인가?

**Q)** 기상 위성의 적외선 채널은 두 개의 파장대는 얼마이며 이를 구분해주는 기체는 어떤 성분인가?

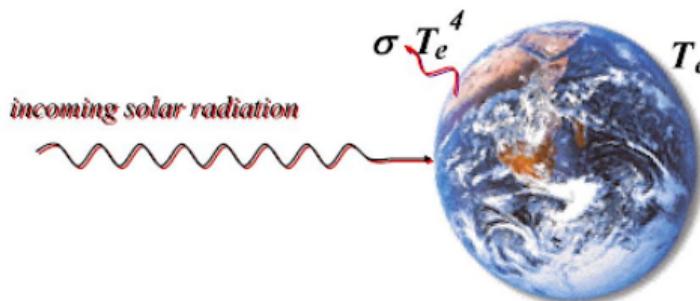
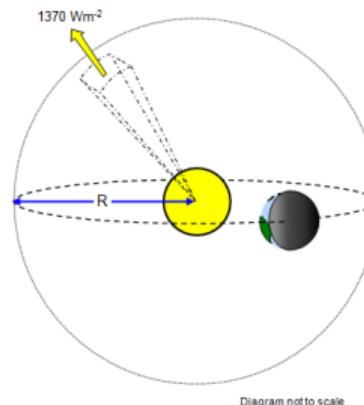
# 복사평형 온도

지구와 태양의  
관계  
에너지 온도  
그리고 열  
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지



**Q)** 각 행성에서의 태양 상수는 어떻게 되는가?  
(단, 지구의 태양 상수는  $S_0$ , 태양- 지구 사이의  
평균 거리는  $r_0$ , 태양 행성 사이의 평균 거리는  
 $r_p$ 이다.)

**Q)** 그림을 참고하여 행성의 복사평형 온도( $T_e$ )  
를 식으로 나타내면? (단, 행성의 태양 상수는  
 $S_p$ , 행성의 반지름은  $R_p$ , 반사율  $A$ 라 하고, 대  
기의 온실 효과는 고려하지 않는다.)

# 복사평형 온도

지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

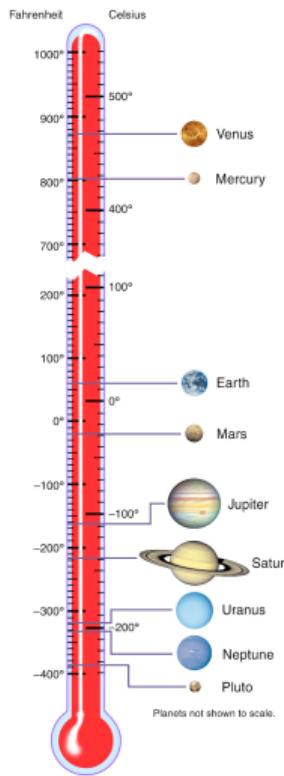
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

Q) 태양계 행성들의 복사평형 온도를 계산해 보자.



# 복사평형

지구와 태양의 관계

에너지 온도 그리고 열

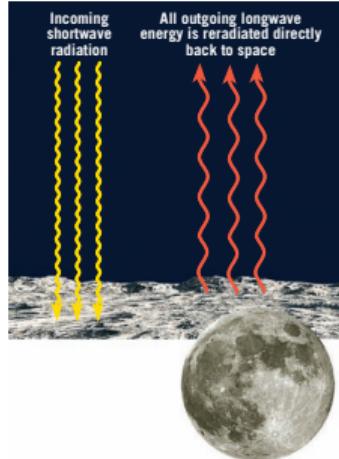
열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게 되는가

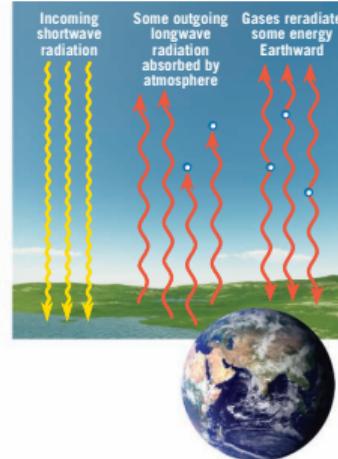
대기 중 기체의 역할

지구의 에너지 수지

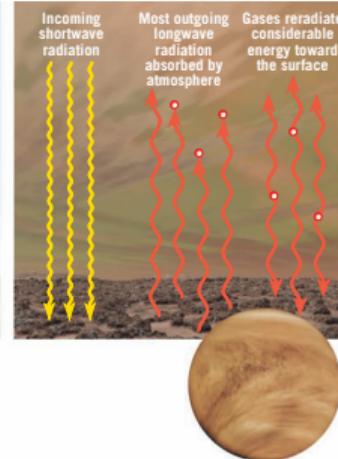
**A. Airless bodies like the Moon** All incoming solar radiation reaches the surface. Some is reflected back to space. The rest is absorbed by the surface and radiated directly back to space. As a result the lunar surface has a much lower average temperature than Earth.



**B. Bodies with modest amounts of greenhouse gases like Earth** The atmosphere absorbs some of the longwave radiation emitted by the surface. A portion of this energy is radiated back to the surface and is responsible for keeping Earth's surface 33°C (59°F) warmer than it would otherwise be.



**C. Bodies with abundant greenhouse gases like Venus** Venus experiences extraordinary greenhouse warming, which is estimated to raise its surface temperature by 523°C (941°F).



**Q) 지구와 달의 복사평형 온도는 255 K로 같은데, 지구의 평균 온도는 288 K인 이유는 무엇인가?**

- 복사평형(흡수E = 방출E): 행성(위성)들은 태양으로부터 받은 복사에너지와 같은 양의 에너지를 다시 우주 공간으로 방출하여 장기적 관점에서 온도는 일정하게 유지된다.



지구와 태양의  
관계

에너지 온도  
그리고 열

열 전달의 기구

입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가

대기 중 기체의  
역할

지구의 에너지  
수지

## 1 지구와 태양의 관계

## 2 에너지 온도 그리고 열

## 3 열 전달의 기구

## 4 입사 태양 복사는 어떻게 되는가

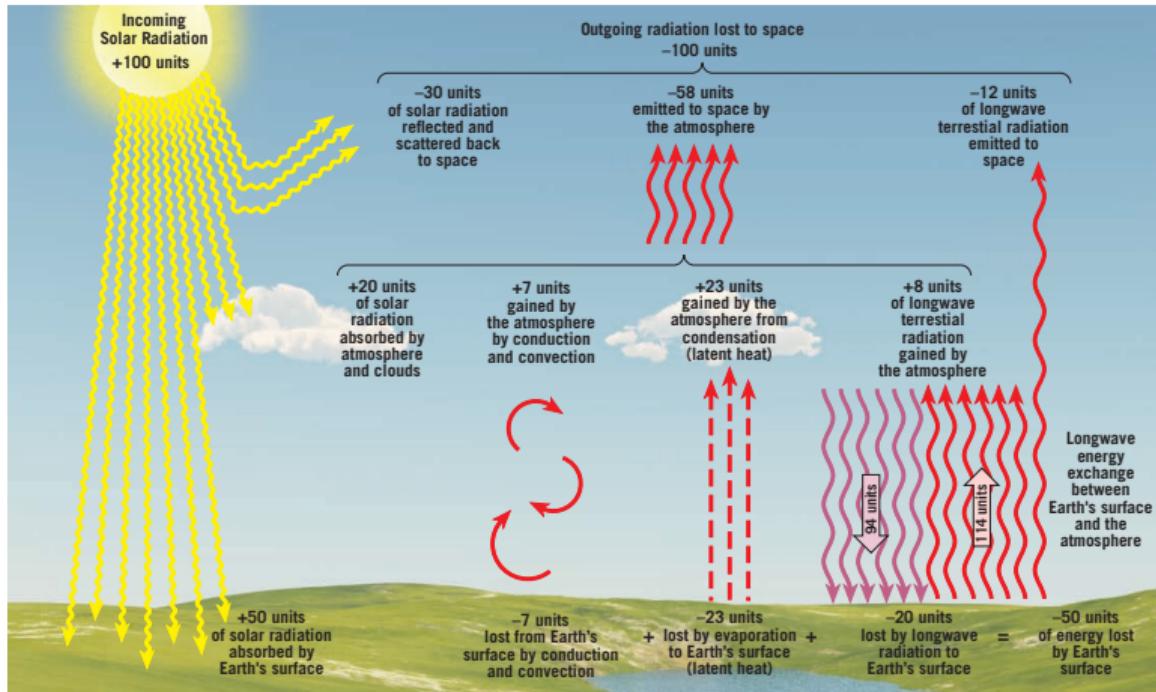
## 5 대기 중 기체의 역할

## 6 지구의 에너지 수지

# 에너지 수지

지구와 태양의 관계  
에너지 온도 그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양 복사는 어떻게 되는가  
대기 중 기체의 역할  
지구의 에너지 수지

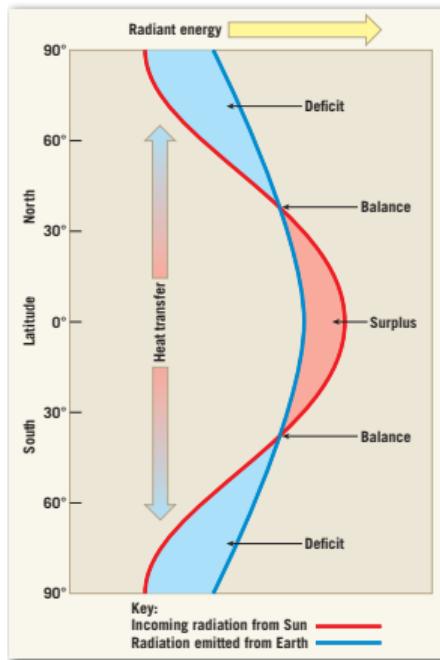
**Q) 지구의 연간 에너지 수지 값 을 설명하시오.**



▲ Figure 2.23 Earth's energy budget These estimates of the average global energy budget come from satellite observations and radiation studies. As more data are accumulated, these numbers will be modified.

# 위도별 열수지

지구와 태양의  
관계  
에너지 온도  
그리고 열  
열 전달의 기구  
입사 태양  
복사는 어떻게  
되는가  
대기 중 기체의  
역할  
지구의 에너지  
수지



Q) 그림과 같이 적도 지방과 극 지방 사이의 열 불균형이 나타나는 이유와 열 불균형으로 인해 나타나는 현상은?