

# 1. 태양광과 태양 에너지

한국기술교육대학교

에너지신소재화학공학부

나 윤 채

# 태양전지 개요

- 태양광 발전

: 태양광의 에너지를 전기에너지로 바꾸는 발전 방식

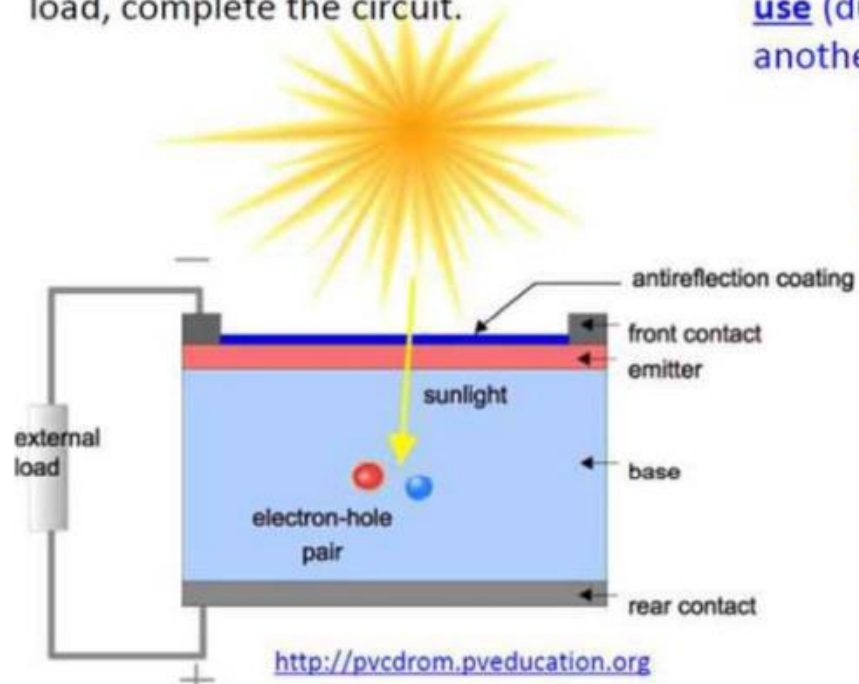
**(1) Charge Generation:** Light excites electrons, freeing them to move around the crystal.

**(3) Charge Collection:** Electrons deposit their energy in an external load, complete the circuit.

**(2) Charge Separation:** An electric field engineered into the material (pn junction) sweeps out electrons.

**Advantages:** There are no moving parts and no pollution created at the site of use (during solar cell production, that's another story).

**Disadvantages:** No output at night; lower output when weather unfavorable.

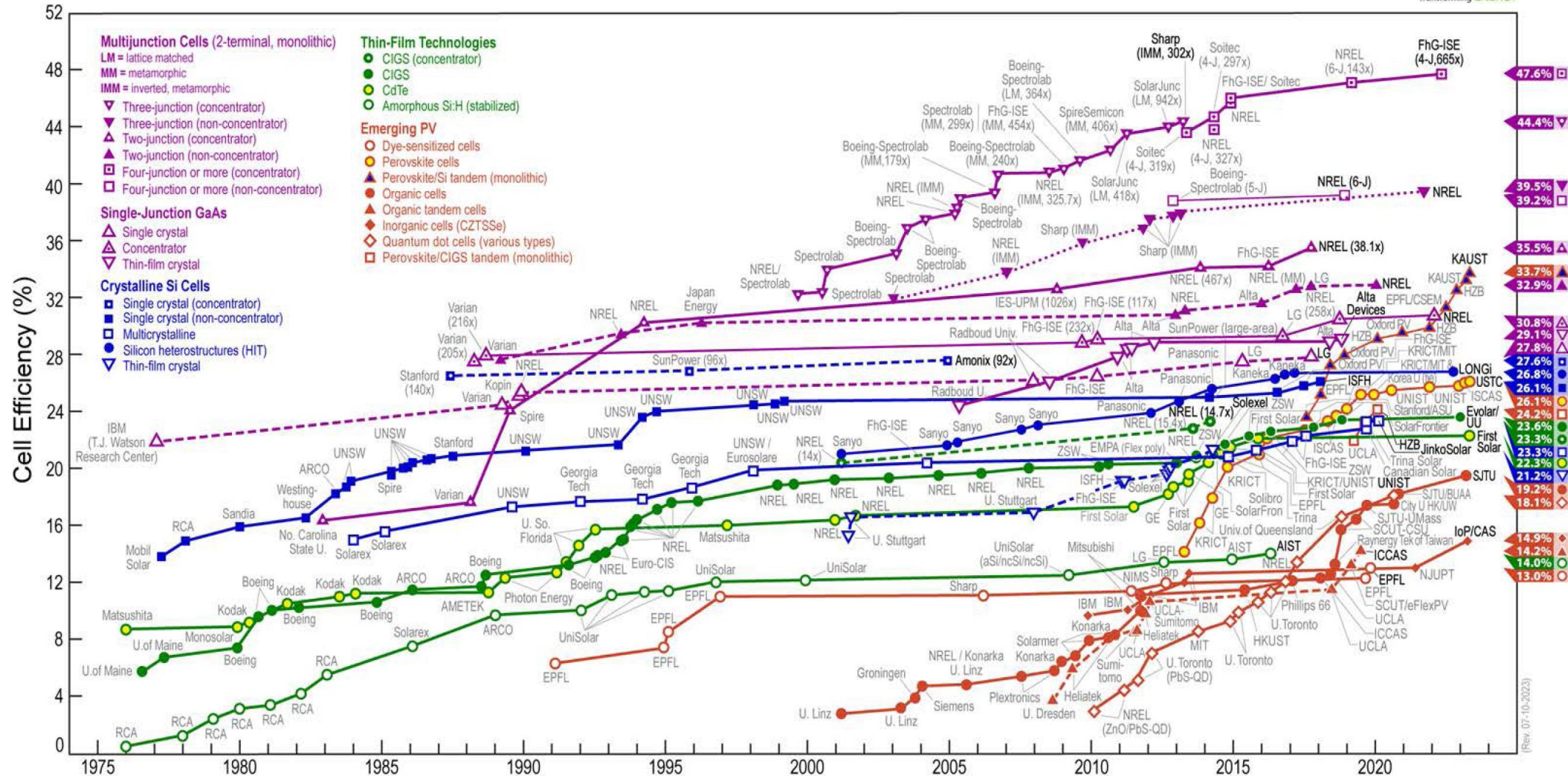


- 비교) 태양열 발전
- 왜 반도체가 필요한가?

# 태양전지 개요

## ● 태양전지의 종류 및 최대 효율 (Solar Cell Efficiency Chart, NREL)

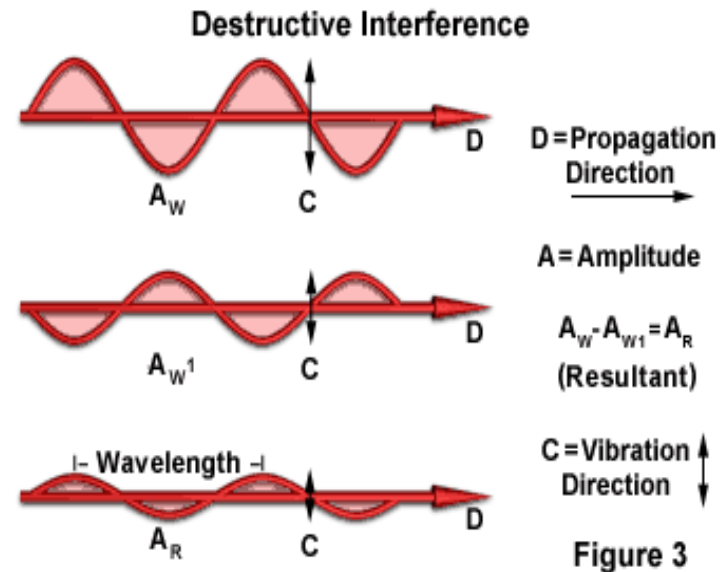
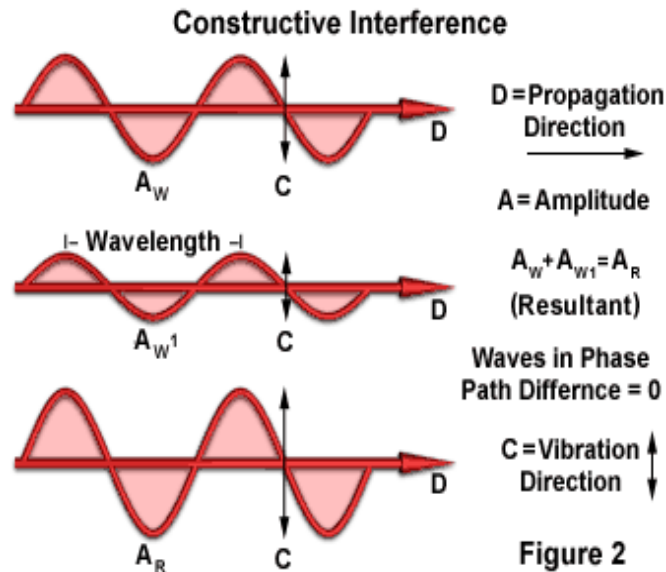
## Best Research-Cell Efficiencies



# 빛의 성질

- 빛의 여러가지 성질

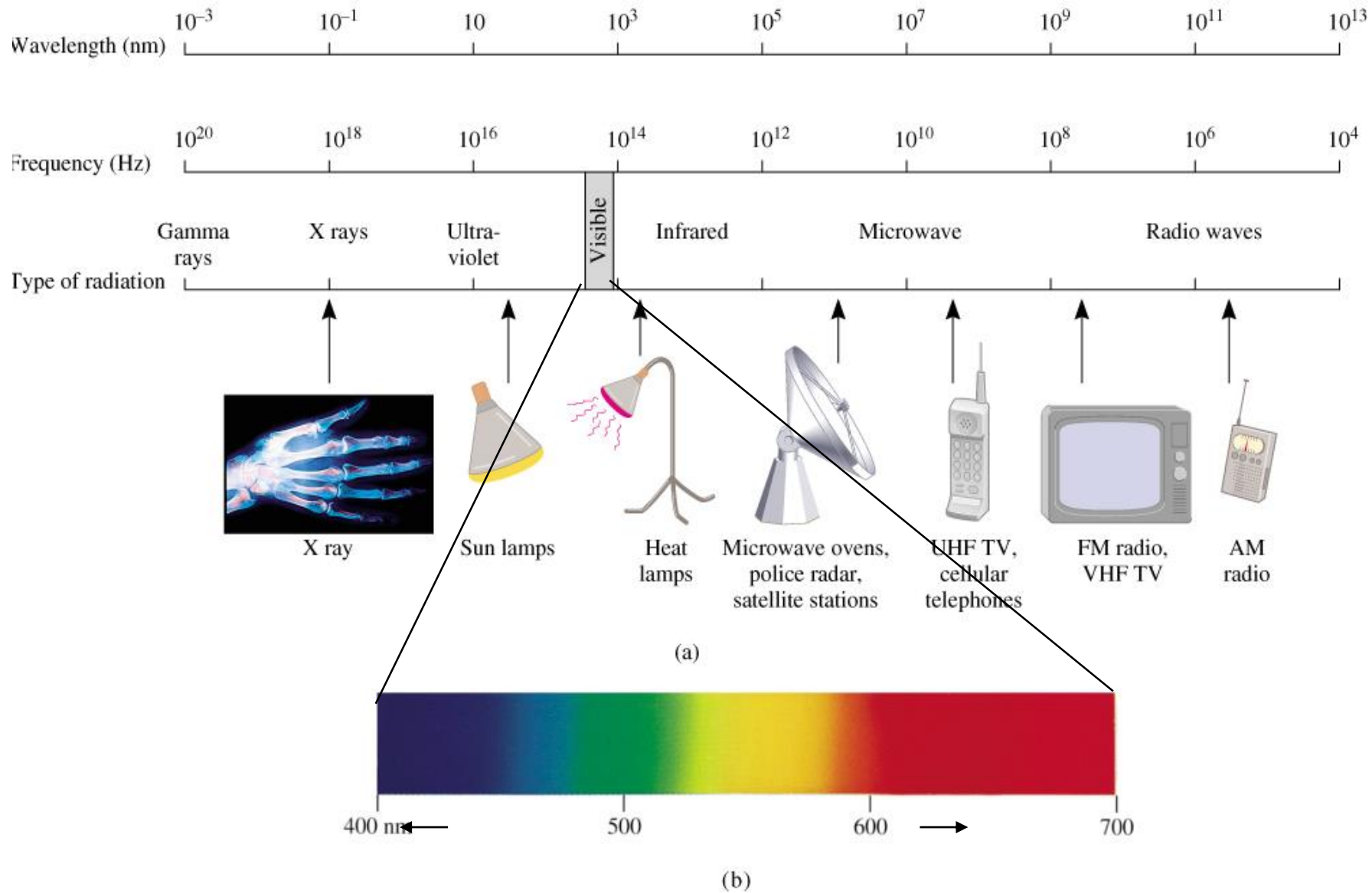
- 반사 (reflection): 부분 반사, 전반사
- 굴절 (refraction): 매질 (굴절률)에 따른 빛의 진행 속도 차이
- 간섭 (interference): 보강 간섭, 상쇄 간섭



- 산란 (scattering): 기체 분자들에 의한 가시광 산란



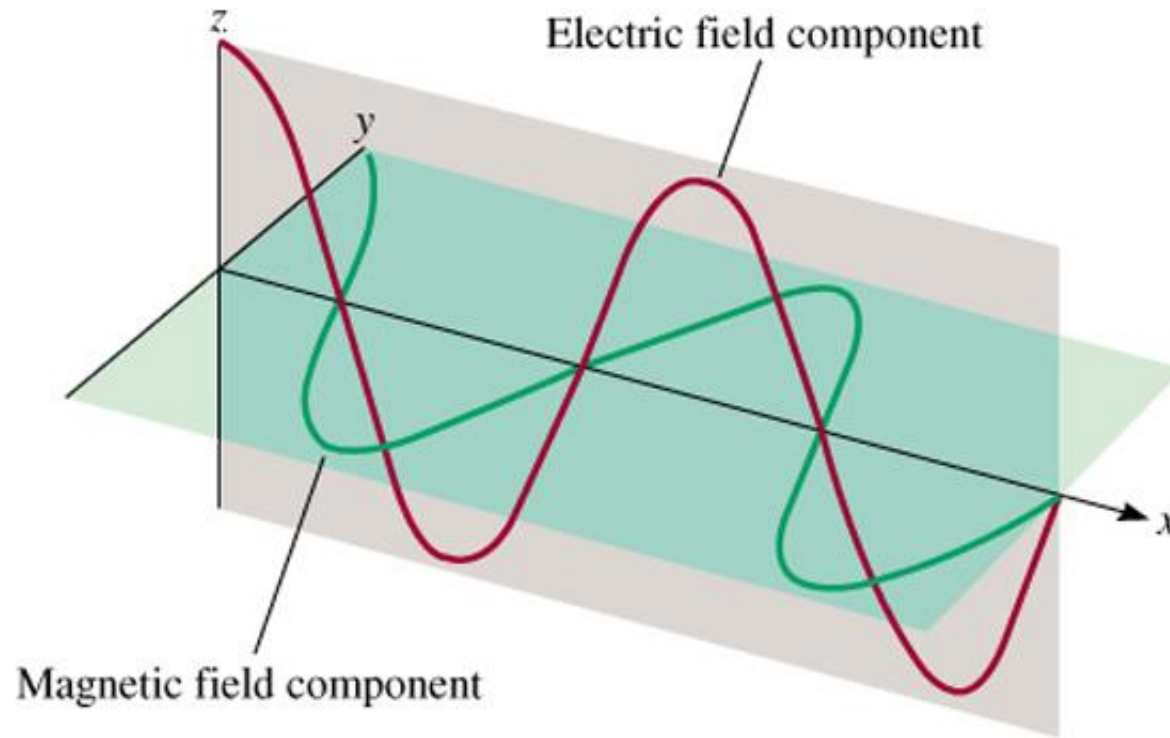
# 빛의 분류



# 전자기파

- 전자기파 (electromagnetic wave)

: 주기적으로 세기가 변하는 전자기장이 공간 속으로 진행하는 파동



# 빛의 에너지

- 빛의 에너지:  $E = h\nu = hc/\lambda$  ( $h$ : 플랑크 상수,  $\nu$ : 빛의 진동수,  $c$ : 빛의 속도,  $\lambda$ : 빛의 파장)

$$\therefore E(eV) = \frac{1240}{\lambda \text{ (nm)}}$$



400 nm 파장의 빛이 갖는 에너지는?

# (참고) 에너지의 단위

- 에너지의 단위

- $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2) \cdot \text{m} = 1 \text{ kg}(\text{m}^2/\text{s}^2)$
- 1 cal: the amount of energy necessary to raise the temperature of 1 g of water by 1 °C  
(at 1 atm)

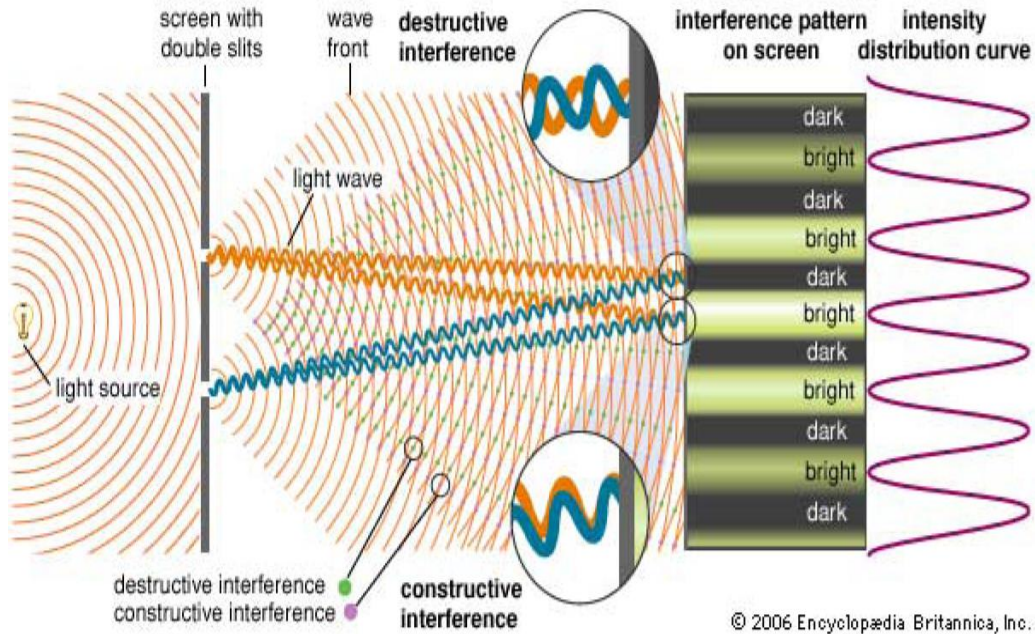
$$1 \text{ cal} = 4.196 \text{ J}$$

- 1 eV: kinetic energy gained by an electron when it accelerates through an electric potential difference of 1 V  
 $1 \text{ eV} = \quad \quad \text{J}$
- 1 Wh: power expended for one hour (1 h) of time.  
 $1 \text{ Wh} = \quad \quad \text{J}$
- TOE (Tones of Oil Equivalent, 석유환산톤): 원유 1톤의 열량  
 $1 \text{ TOE} = 10^7 \text{ Kcal}$

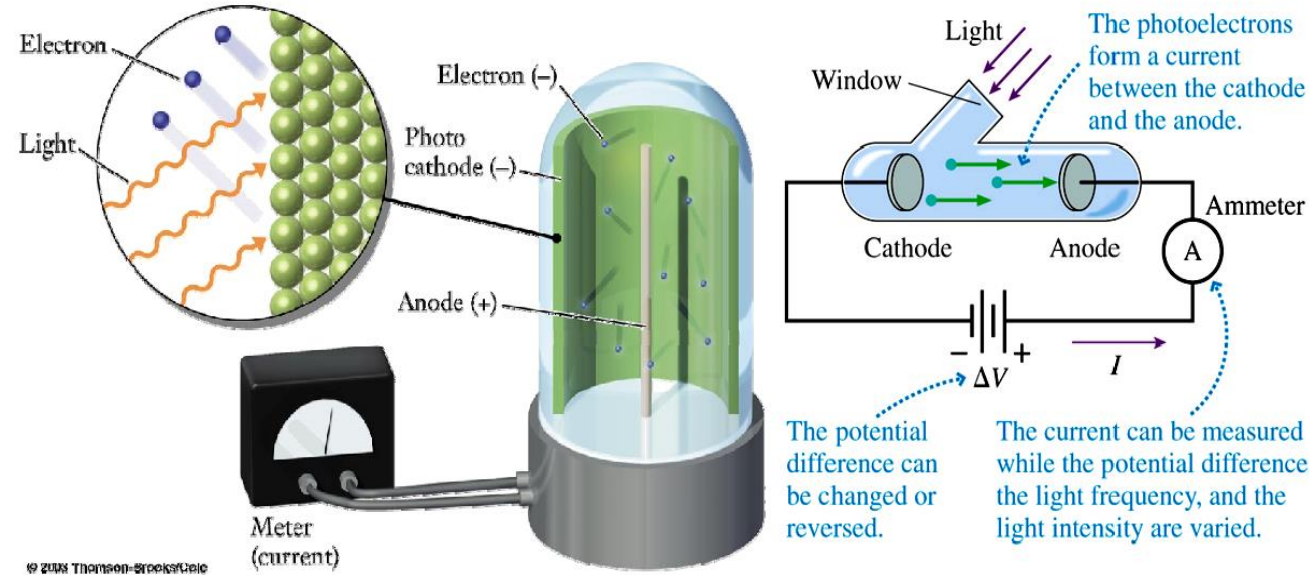


# 빛의 이중성

- 빛의 이중성: 파동의 특성 & 입자의 특성



영 (Young)의 이중 슬릿 실험 (1801)



광전 효과 (아인슈타인, 1905)

Wave-Particle Duality (파동-입자 이중성)

# 태양에너지의 크기

- 태양에너지

- 태양의 중심 (핵)에서 수소 원자의 핵융합 반응에 의해 생성  
(태양 중심의 온도: 1500만 K, 압력: 100억 기압 )

- 수소 4개 → 헬륨 1개 (질량 감소에 의한 에너지 발생)  
(매초 600 MTon의 수소가 헬륨으로 바뀌면서 4.3 MTon의 질량 손실)

<https://www.youtube.com/watch?v=Z3NZKiQ4FRk>

- 앞으로 50억년 동안 사용 가능한 수소 존재

- 태양의 방출 에너지는? ( $3.87 \times 10^{26}$  W)

# 태양에너지의 크기

- 지구에 도달하는 태양에너지: 우주로 방출되는 태양광의 일부가 지구에 도달함.

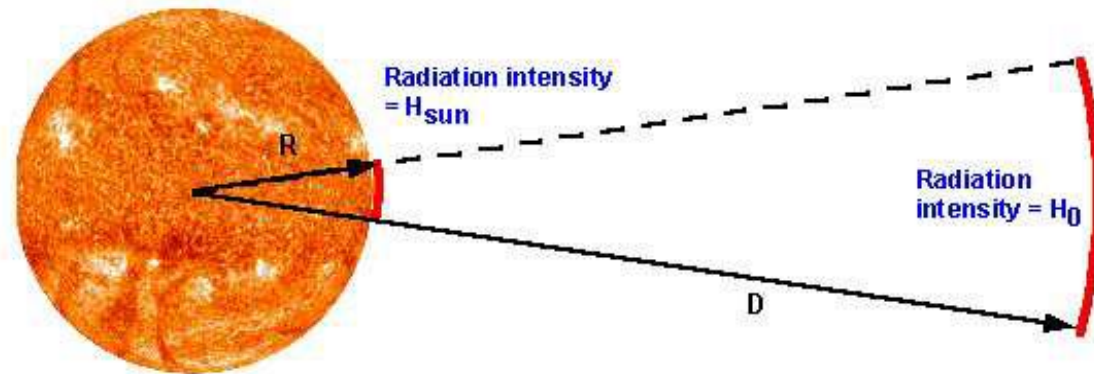
$$H_0 = \frac{R_{sun}^2}{D^2} H_{sun}$$

$H_0$ : 복사 강도 ( $W/m^2$ )

$R_{sun}$ : 태양의 반지름 ( $6.95 \times 10^5$  km)

$D$ : 태양으로부터의 거리

$H_{sun}$ : 태양 표면의 전력 밀도 ( $6.4 \times 10^7$   $W/m^2$ )



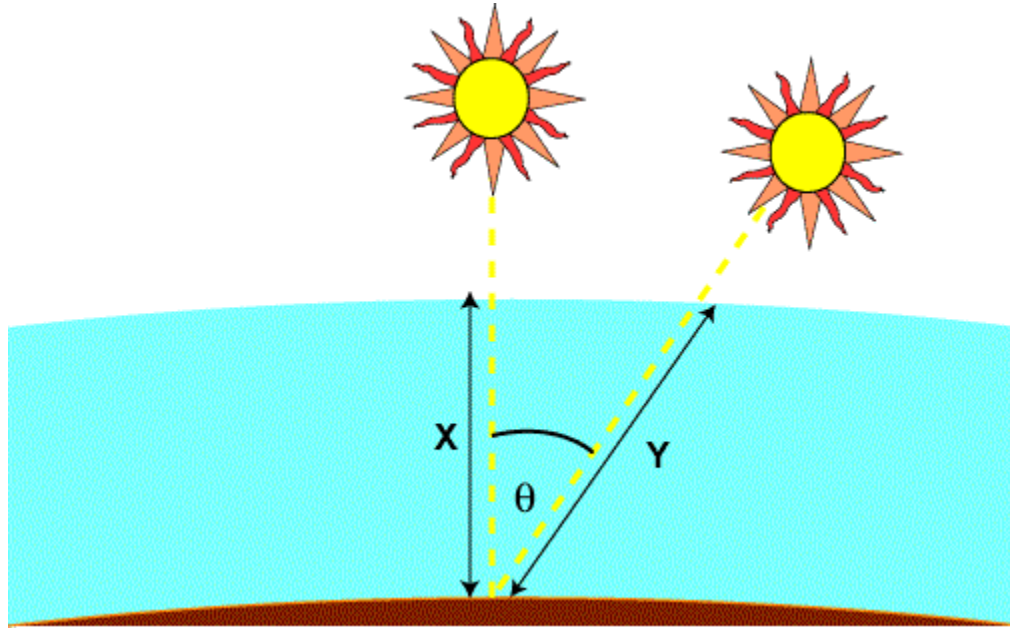
Planet	Distance ( $\times 10^9$ m)	Mean Solar Irradiance ( $W/m^2$ )
Mercury	57	9116.4
Venus	108	2611.0
Earth	150	1366.1
Mars	227	588.6
Jupiter	778	50.5
Saturn	1426	15.04
Uranus	2868	3.72
Neptune	4497	1.51
Pluto	5806	0.878

- 대기를 통과하기 전의 태양복사강도:  $1366.1$   $W/m^2$

# 태양에너지의 크기

- 에어 메스 (Air Mass, AM)

: 태양빛이 지표면에 도달하기까지 통과하여야 하는 대기층의 일부분



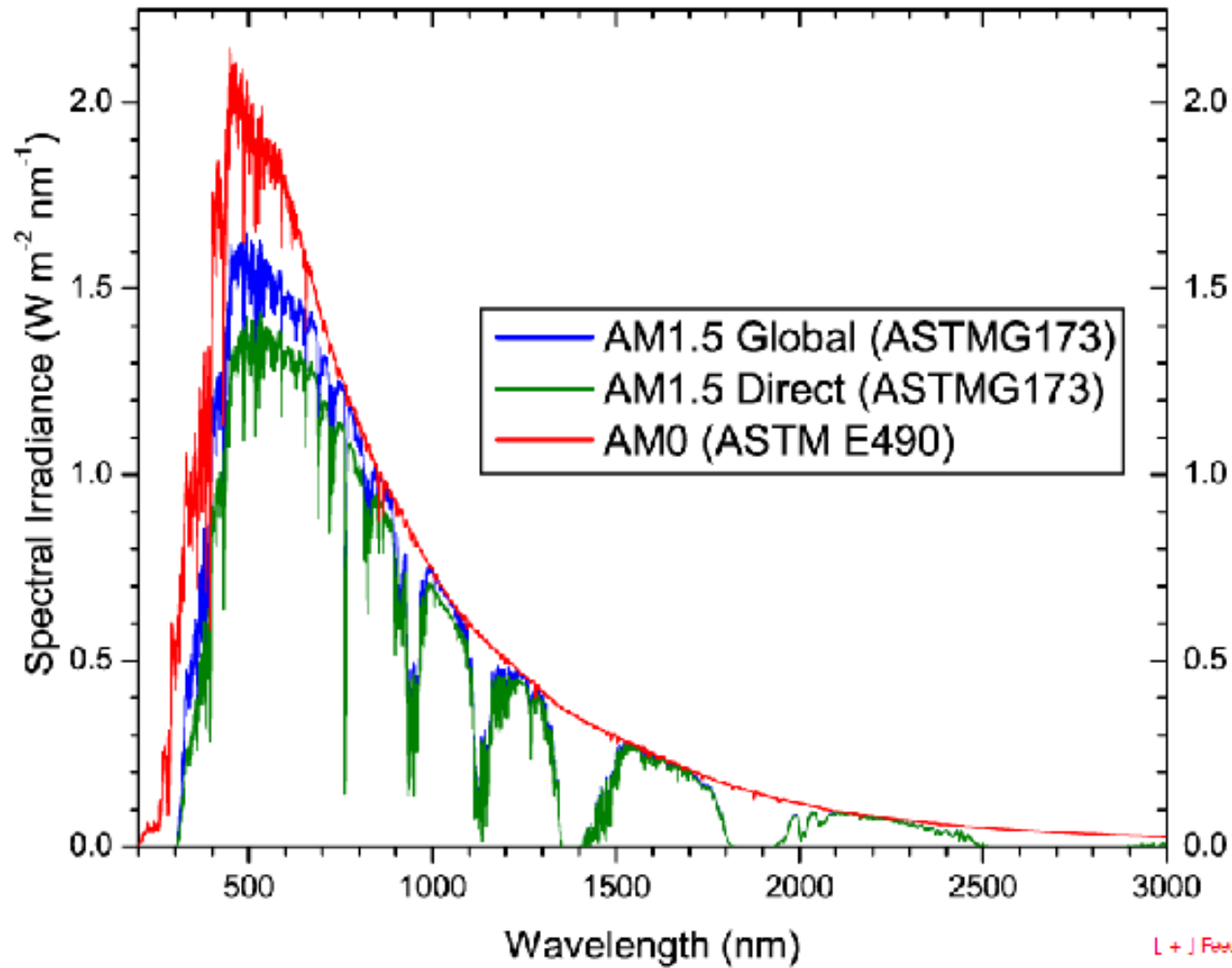
$$\cos \theta = \frac{X}{Y} = \frac{1}{Y}$$
$$Y = AM = \frac{1}{\cos \theta}$$

- AM0: 대기권 밖에서의 태양광 스펙트럼, 복사전력밀도  $1366 \text{ W/m}^2$
- AM1: 태양광이 대기층을 수직으로 지나는 상태
- AM1.5: 태양광이 대기층을 1.5배 두께로 지나는 상태,  $1000 \text{ W/m}^2$ , 태양전지 측정의 표준 스펙트럼

# 태양에너지의 크기

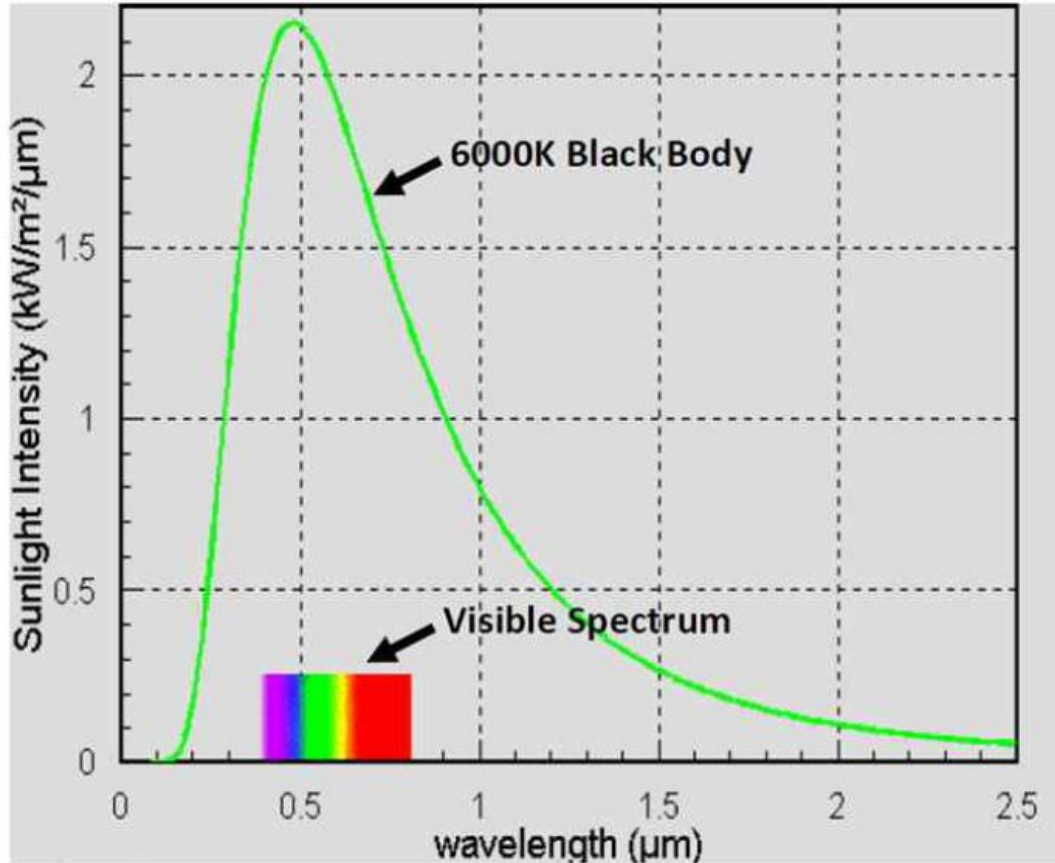
- 에어 메스 (Air Mass, AM)

AM에 따른 태양광 스펙트럼의 변화



# 태양에너지의 물리량

- 태양광 스펙트럼 (흑체 복사)



$$F(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1}$$

- Stefan-Boltzmann law

$$H = \sigma T^4$$

$\sigma$  : Stefan-Boltzmann constant

- Wien's displacement law (변위 법칙)

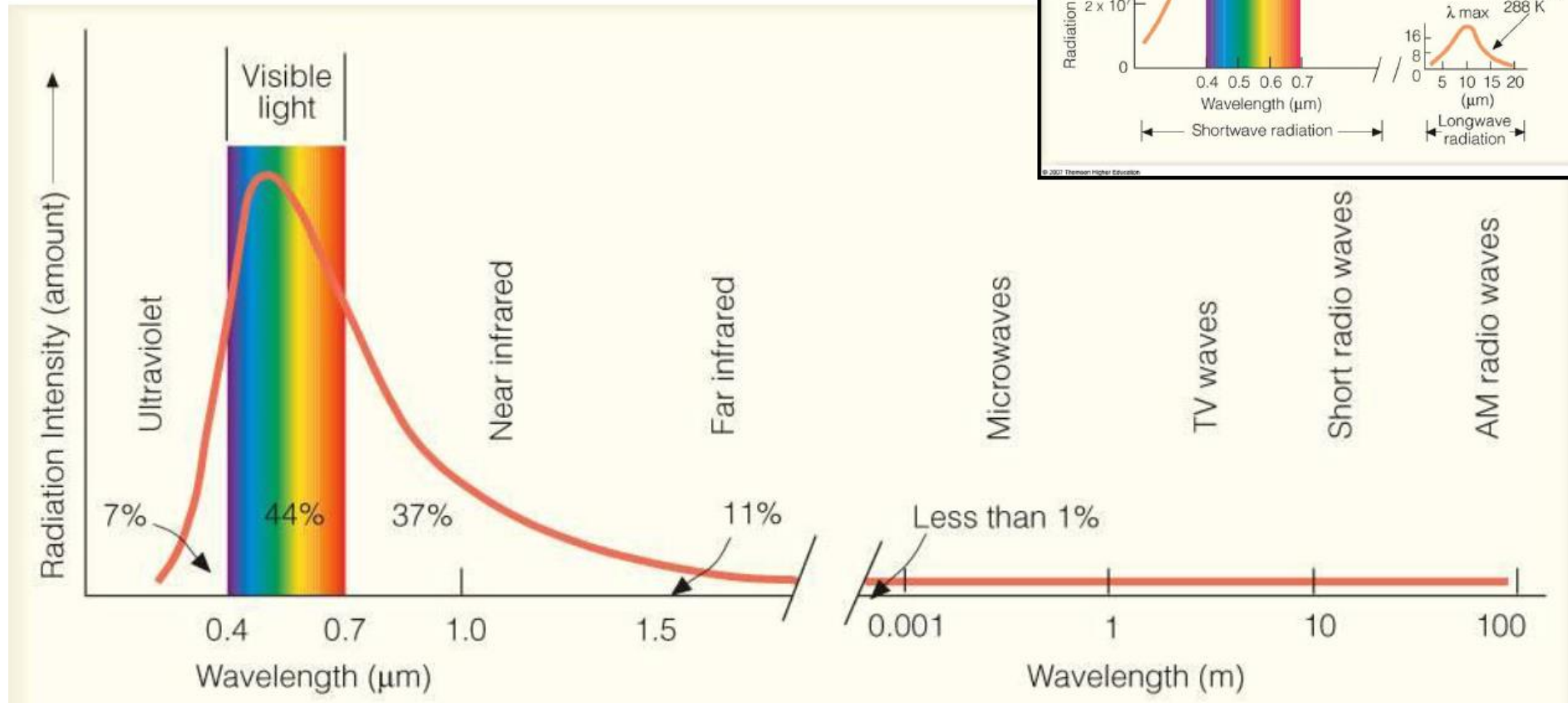
: 최대 복사 조도를 갖는 파장은 온도가 올라갈수록 짧아진다.

$$\lambda_{peak}(\mu) = \frac{2900}{T(K)}$$



# 태양에너지의 물리량

- 태양광 스펙트럼 (흑체 복사)

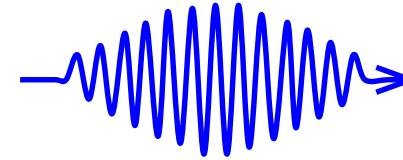


# 태양에너지의 물리량

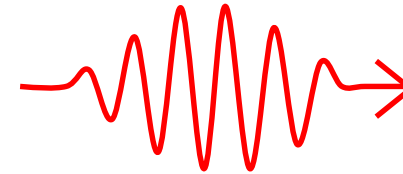
- 광자 에너지 (photon energy)

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \begin{array}{l} h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{array}$$

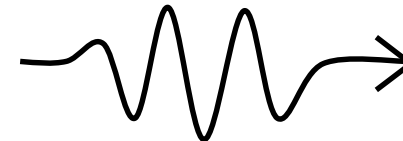
$$\rightarrow E [\text{eV}] = \frac{1240}{\lambda [\text{nm}]} = \frac{1.24}{\lambda [\mu\text{m}]}$$



High energy photon for blue light



Low energy photon for red light

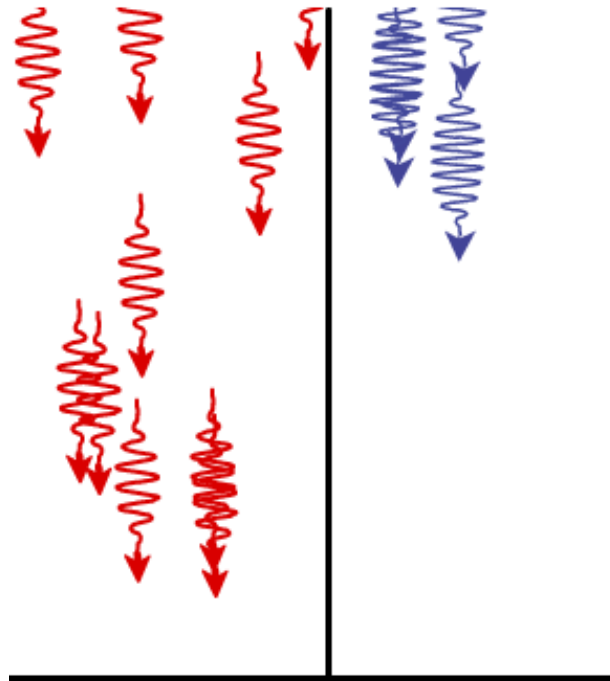


Very low energy photon for infrared

# 태양에너지의 물리량

- 광자 유량 (photon flux,  $\Phi$ ): 단위 시간, 단위 면적당 입사되는 광자의 개수

$$\Phi = \frac{\text{광자 수}}{\text{단위시간} \cdot \text{단위면적}}, \left[ \frac{\#}{\text{sec } m^2} \right]$$



# 태양에너지의 물리량

- 출력 밀도 (power density,  $H$ ): 단위 시간, 단위 면적당 (광자들에 의한) 입사 에너지

$$H = E \times \Phi [W / m^2] = qE \times \Phi \quad \text{for energy in eV}$$

$$= q\Phi \frac{1.24}{\lambda[\mu m]} \quad \text{for wave length in } \mu m$$

$$1.6 \times 10^{-19} \times \frac{1240}{500} \times 10^{20} = 39.68 \text{ W/m}^2$$

문) 파장이 500 nm인 광자의 광자 유량이  $1 \times 10^{20} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 일 때, 출력 밀도는 얼마인가?

# 태양에너지의 물리량

- 복사 조도 (spectral irradiance,  $F$ ): 특정 파장에서의 출력 밀도  
광원을 특성을 표현하는 일반적인 용어

$$F \left[ \frac{W}{m^2 \mu m} \right] = q\Phi \times \frac{1.24}{\lambda^2 [\mu m]} = q\Phi \frac{E^2 [eV]}{1.24}$$

