

흑점과 태양 스펙트럼

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno

*International Astronomical Union
Escola Secundária de Loulé, Portugal*

*ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Colegio Retamar de Madrid, Spain*



목표

- 태양 스펙트럼의 성질을 이해한다.
- 태양 스펙트럼의 생성을 이해한다.
- 태양 흑점의 성질을 이해한다.
- 갈릴레오가 수행한 태양 흑점 연구의 역사적 중요성을 이해한다.



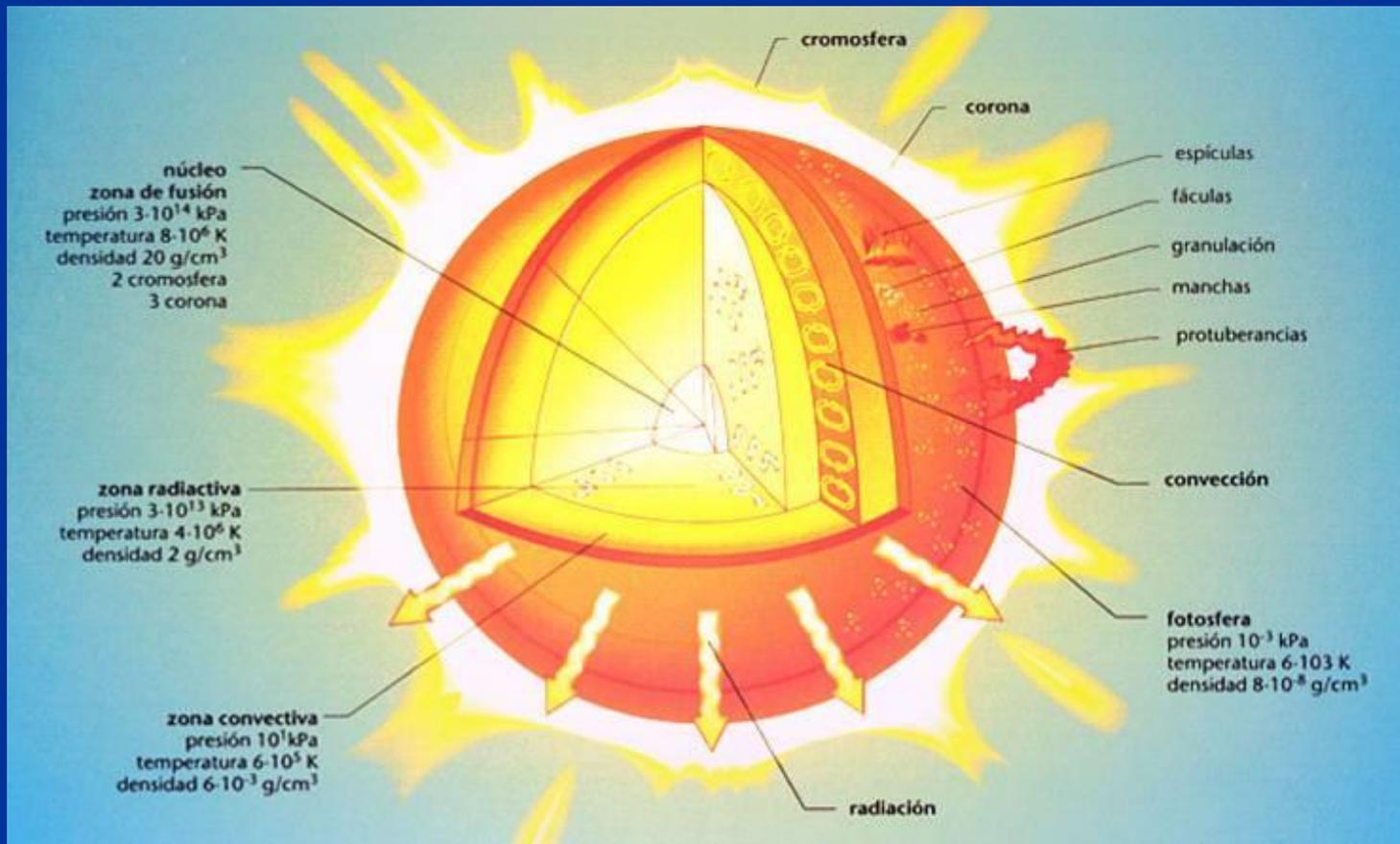
태양 복사

지구에서 우리가 사용하는 거의 모든 에너지 (빛과 열)는 태양으로부터 온다, 오고 있는 것이다



태양 복사

에너지는 태양의 중심핵에서 만들어지는데,
중심핵은 매우 높은 압력과 천 오백만도 온도를 가짐
에너지는 핵융합에 의해서 생성됨.



태양 복사

- 양성자 4개 (수소 원자 핵)가 만나 헬륨 원자핵을 만듦 (융합).



- 만들어진 질량은 처음의 양성자 4개의 질량의 합보다 적다. 남은 질량은 에너지로 변환됨 :

$$E = mc^2$$

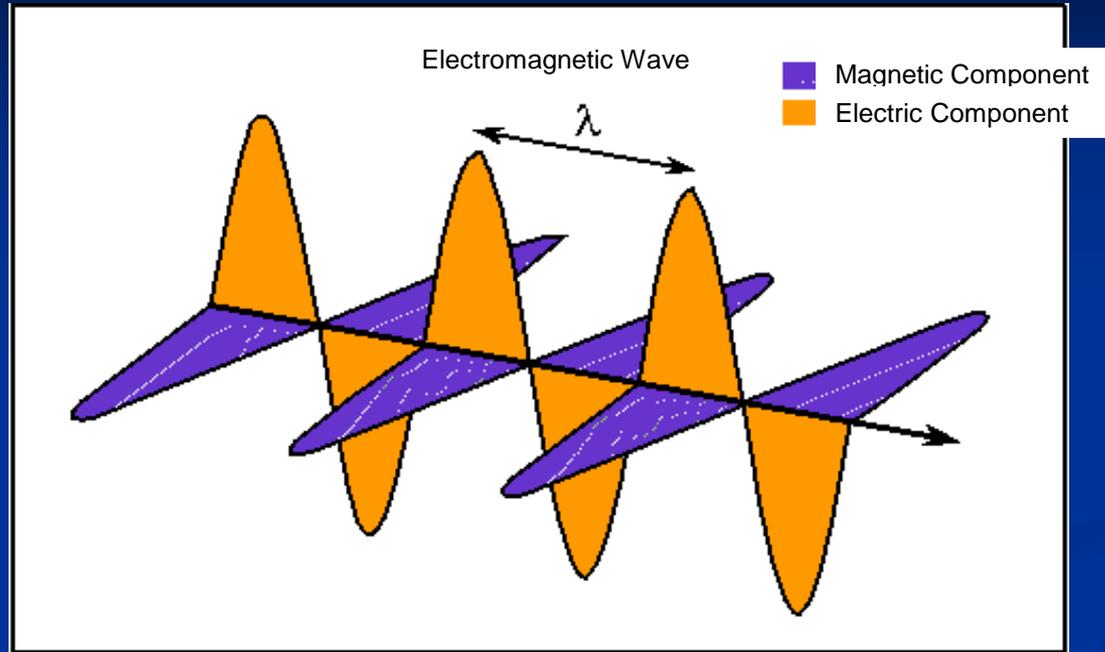
- 매 초, 6억 톤의 수소가 5억9550 만 톤의 헬륨으로 융합. 나머지 질량이 에너지로 변환.
- 태양은 크기가 아주 커서, 이 비율로 질량을 잃더라도 수십억 년동안 핵융합을 할 것.

태양 복사

빛은 태양의 표면으로부터 $299,793 \text{ km/s}$ 의 속도로 여행.
지구에 도달하는데 8분이 걸림.



태양 스펙트럼: 복사

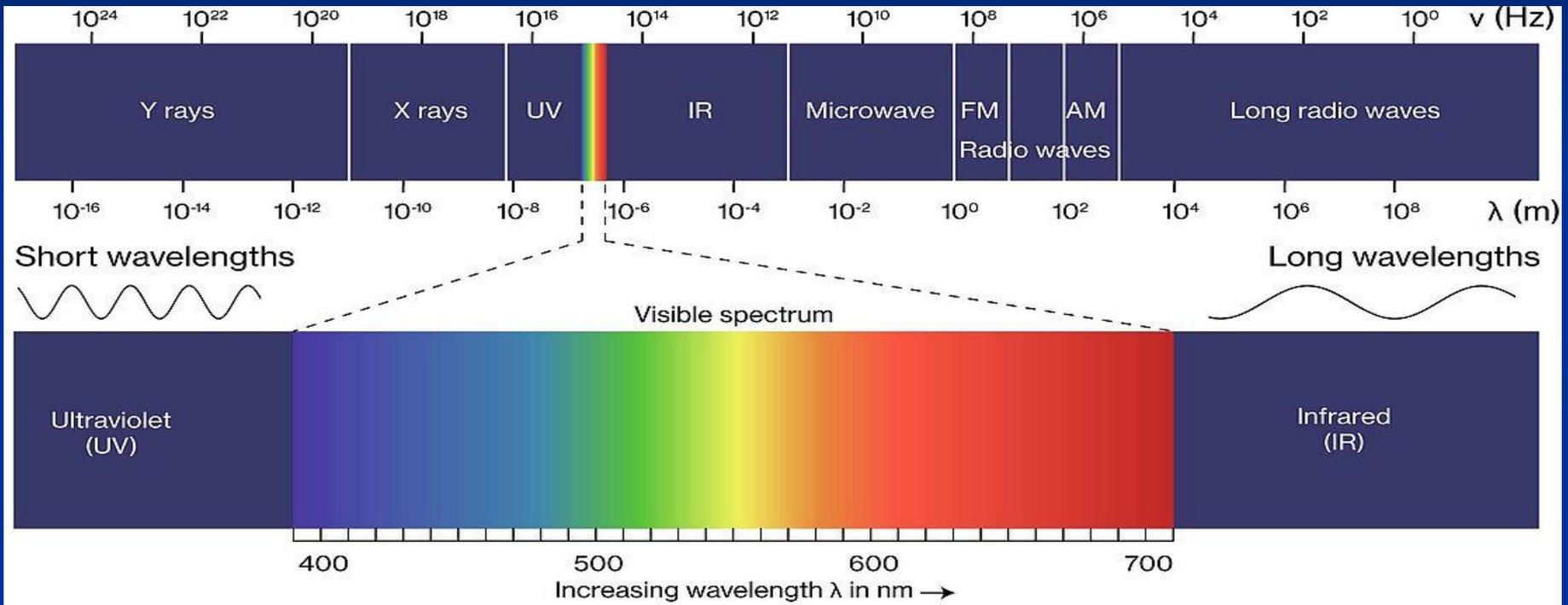


전자기파 파장 λ , 주파수 ν , 빛의 속도 c 의 상간
관계:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

태양 스펙트럼: 복사

전자기 스펙트럼



Gamma



X-ray



Visible



Infrared

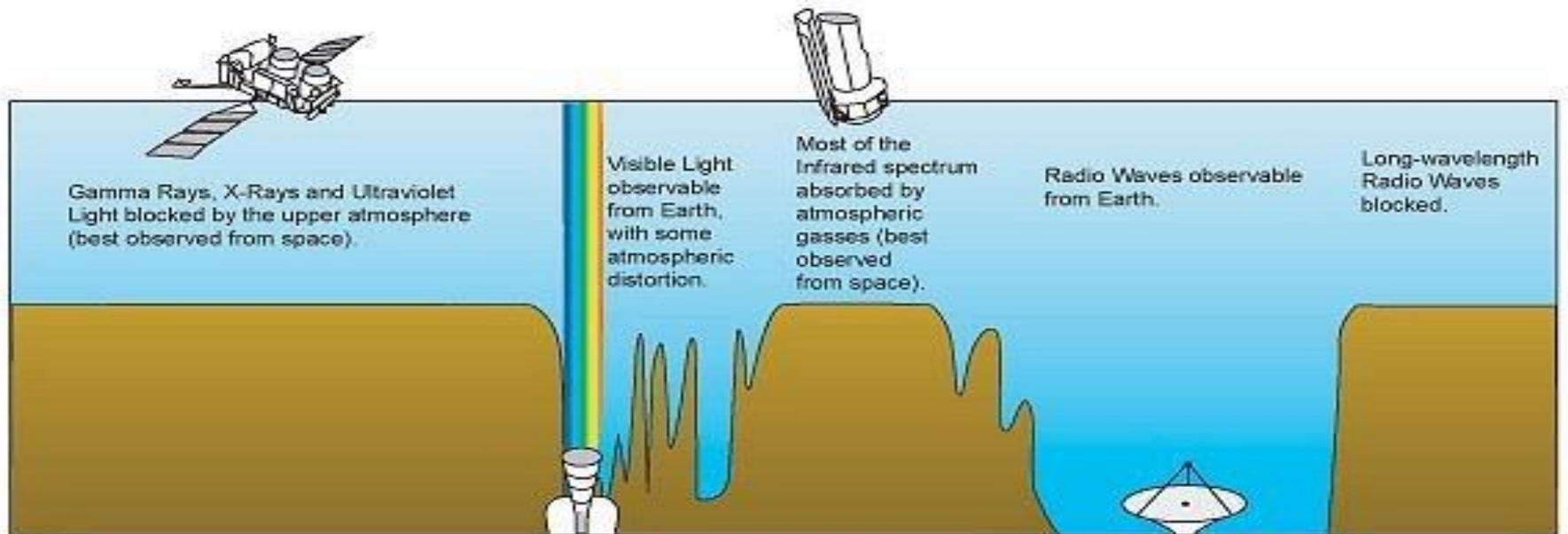
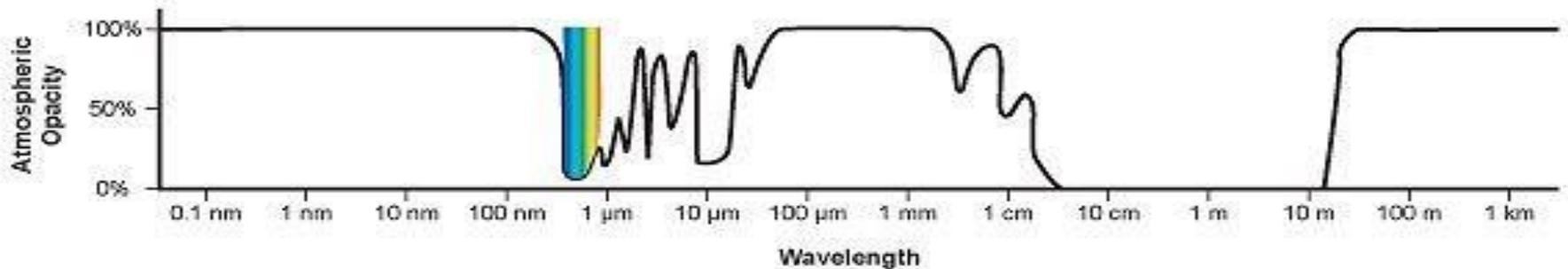


Radio



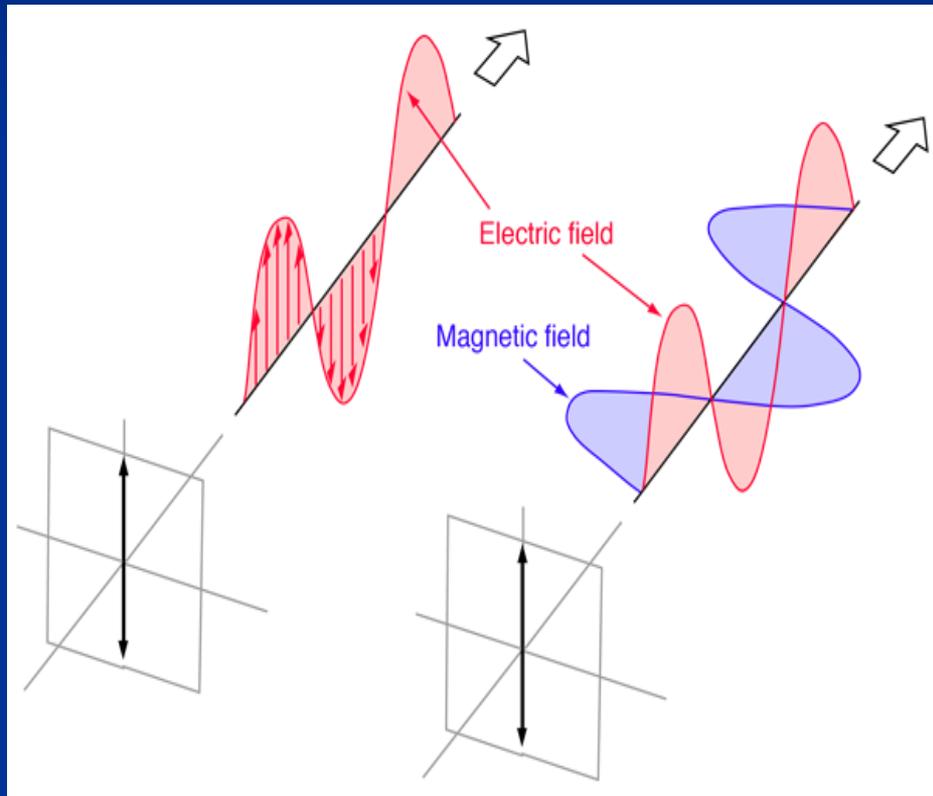
태양 스펙트럼: 복사

지구 대기는 전자기 복사의 대부분 파장이 투과할 수 없음



태양 스펙트럼: 편광

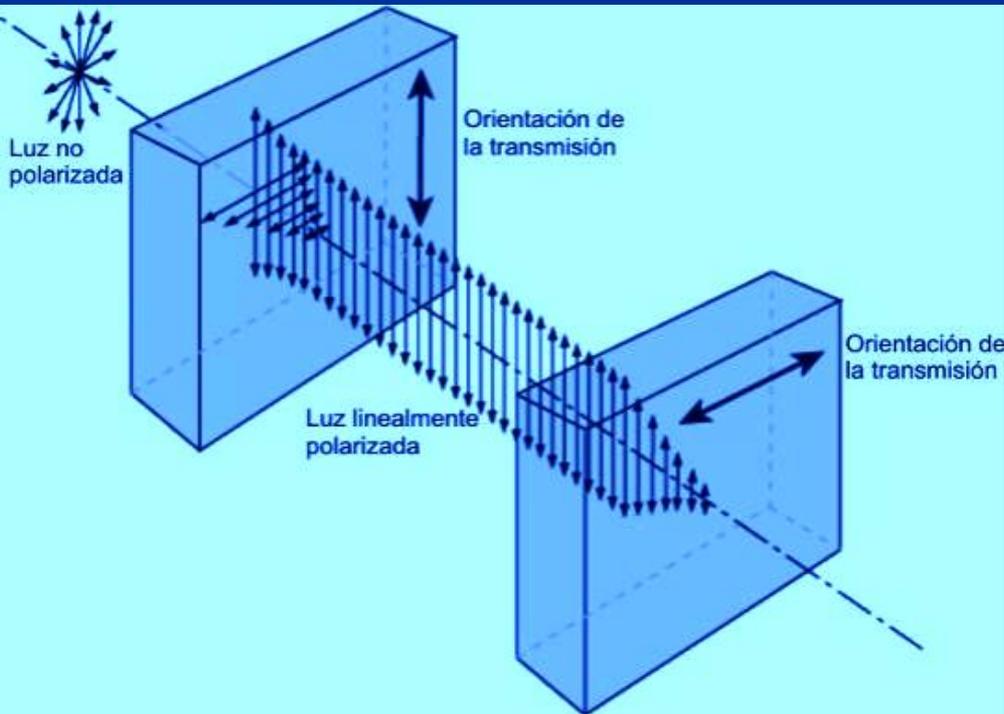
- 그림은 전자기 복사를 단순히 나타냄
- 전기장과 자기장의 진동 방향을 보임
- 선형편광과 수직편광
- 태양빛은 특별한 진동방향이 없음



태양 스펙트럼: 편광

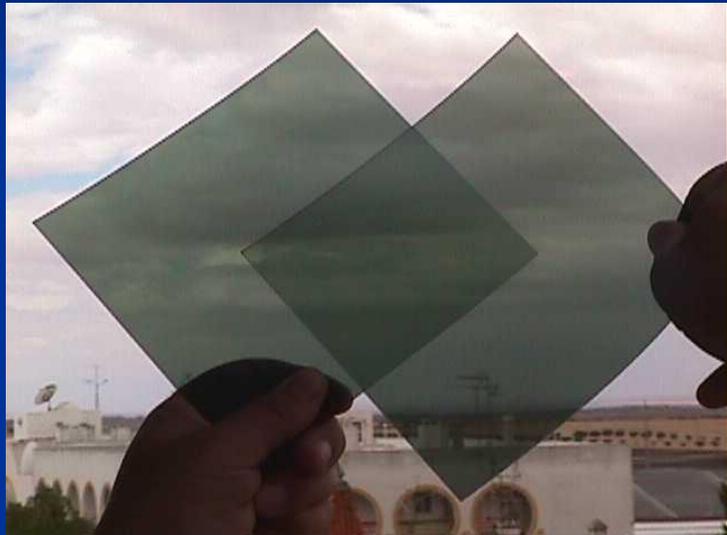
태양빛은 편광될 수 있음:

- 반사에
- 편광필터 통과

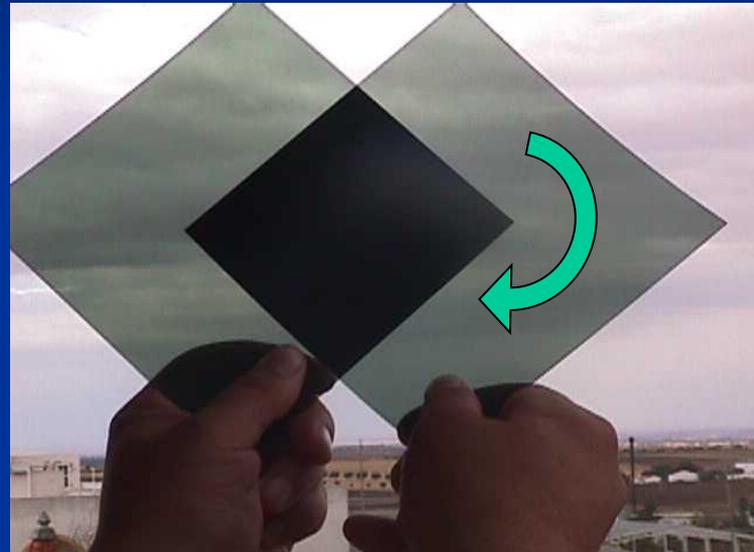


편광필터가 두개가 동일한 방향으로 편광될 때 빛은 통과하지만, 편광된 방향이 수직일 때 빛은 첫번째 필터는 통과하지만 두번째 필터에서 차단되어 빛이 통과하지 않음.

활동 1: 태양 스펙트럼 편광



두개의 필터가 같은 방향일 때, 빛은 통과



편광 방향이 서로에 대해 90°일 때, 빛은 차단됨

활동 1: 태양 스펙트럼 편광



두 필터의 분자는 동일한 방향을 가지며 빛은 통과합니다.



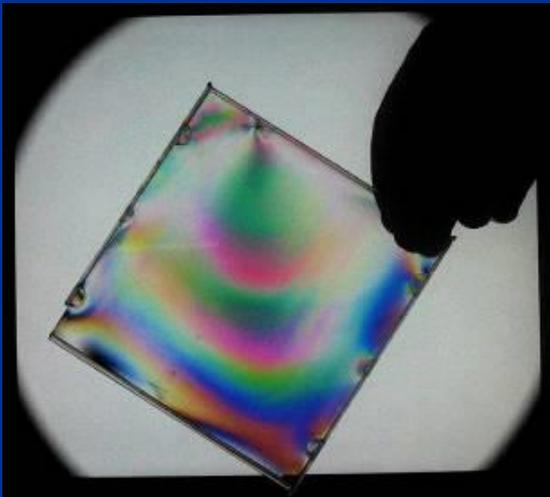
필터를 90도 회전시키면 빛이 통과하지 못함

천체 물리학에서는 빛의 편광을 통해 성간 먼지 알갱이의 방향과 크기를 연구할 수 있습니다.

활동 1: 태양 스펙트럼 편광

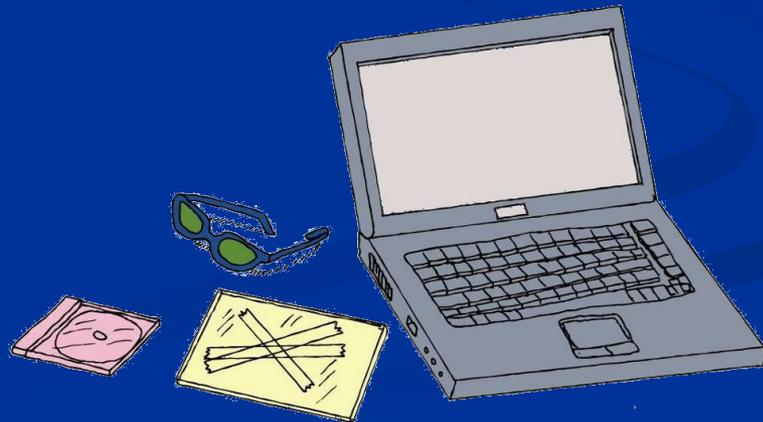


- 빛은 반사에 의해 편광됨
- 편광 선글라스는 반사된 빛을 차단
- 편광은 사진이나 공학에서 물질의 내부 응력 (internal stresses) 을 보기 위해 사용됨

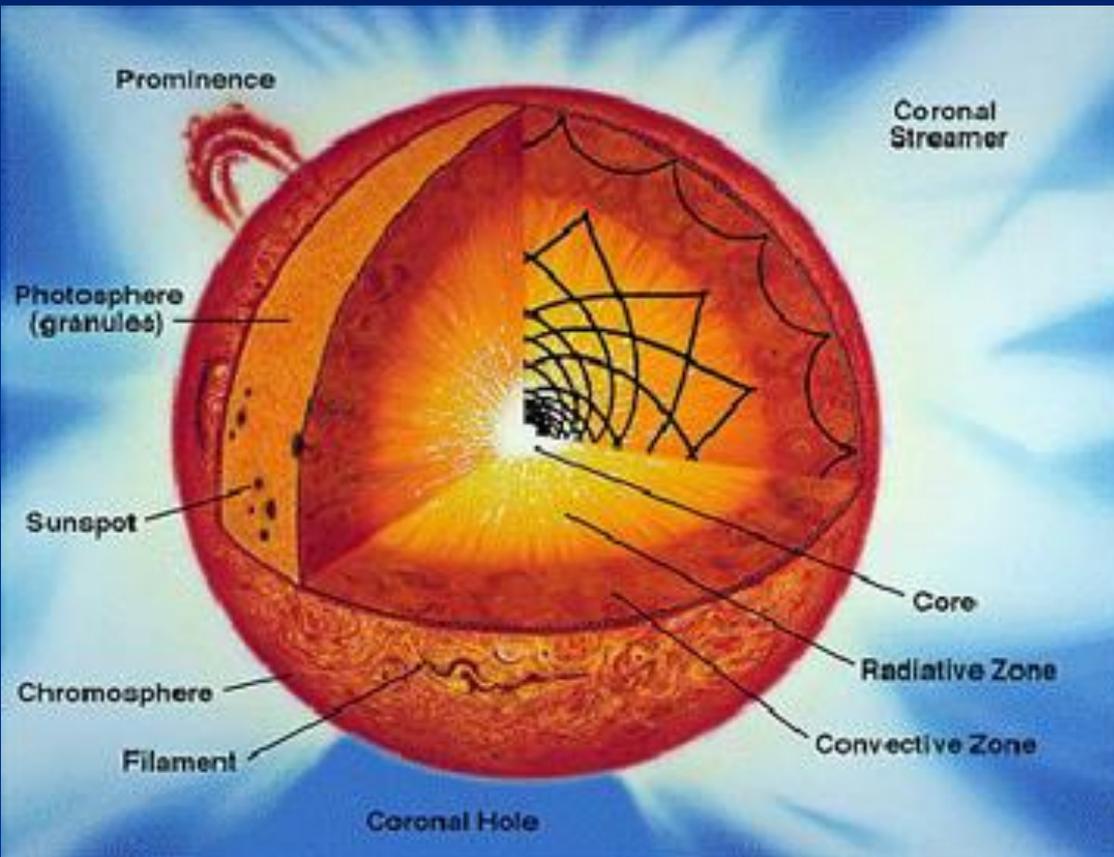


활동 2: 편광된 빛

- 노트북이나 핸드폰 스크린은 편광 된 빛을 방출.
- 편광 선글라스로 편광 표면을 관찰함
- 어떤 물체는 편광 면을 회전: 플라스틱 위의 테이프.
- 투명한 플라스틱의 내부를 관찰 (예, CD 박스)

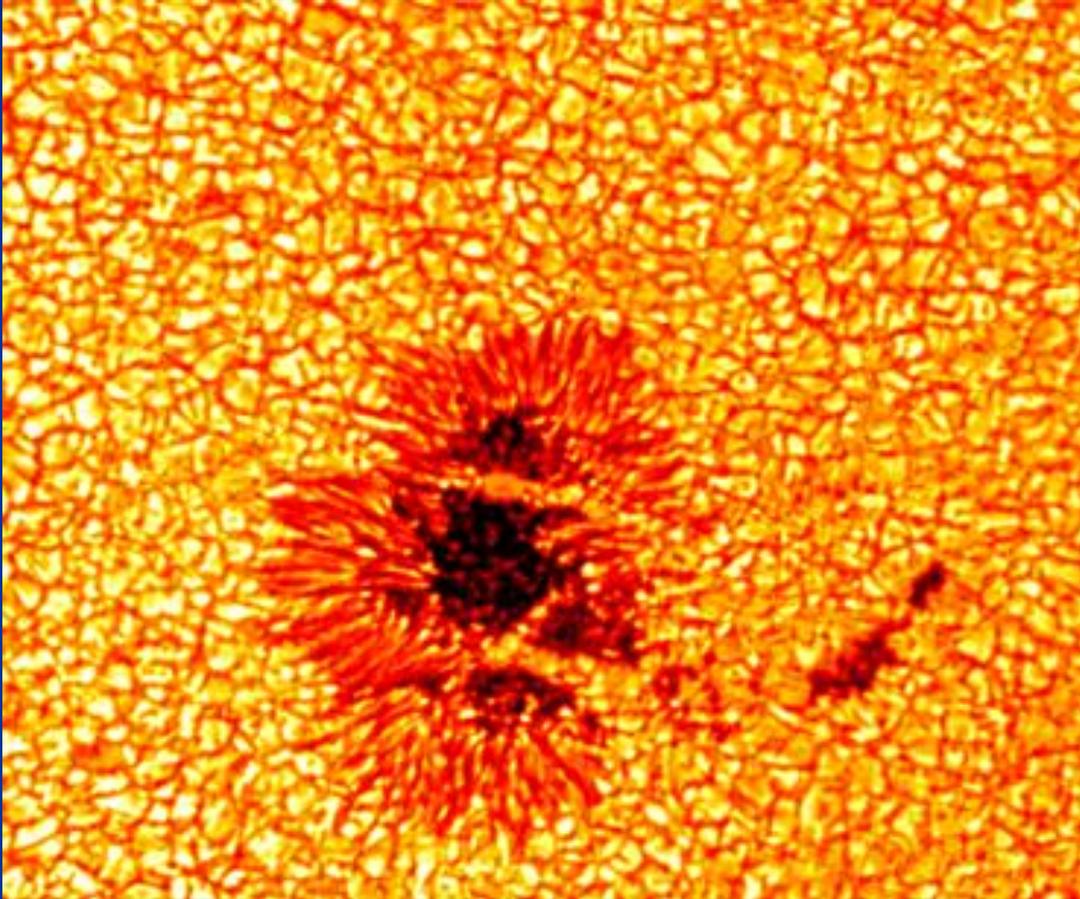


태양의 구조



- 핵:
1,500 만 K
 - 복사 영역:
8 백만 K
 - 대류 영역:
500 000 K
- 태양 바깥층은 대류 영역 (물질이 이동)

태양의 구조



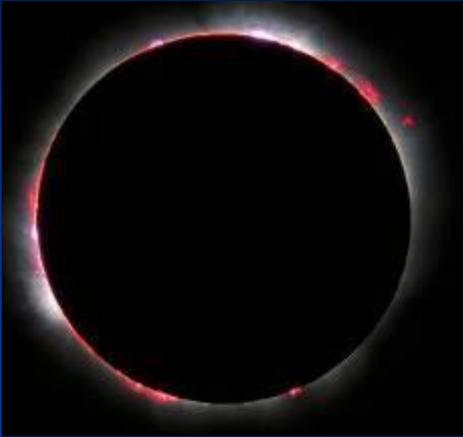
• 광구:

6 400 – 4 200 K

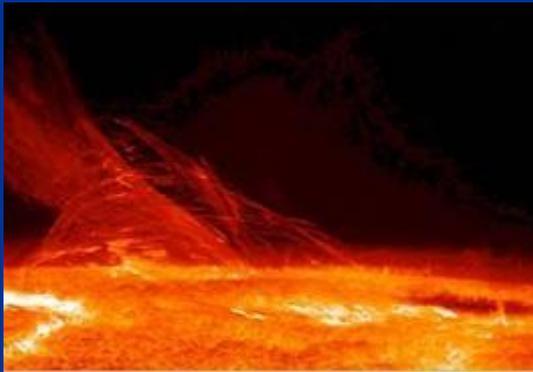
태양의 “표면”

~1 000 km 크기의
쌀알무늬

태양의 구조

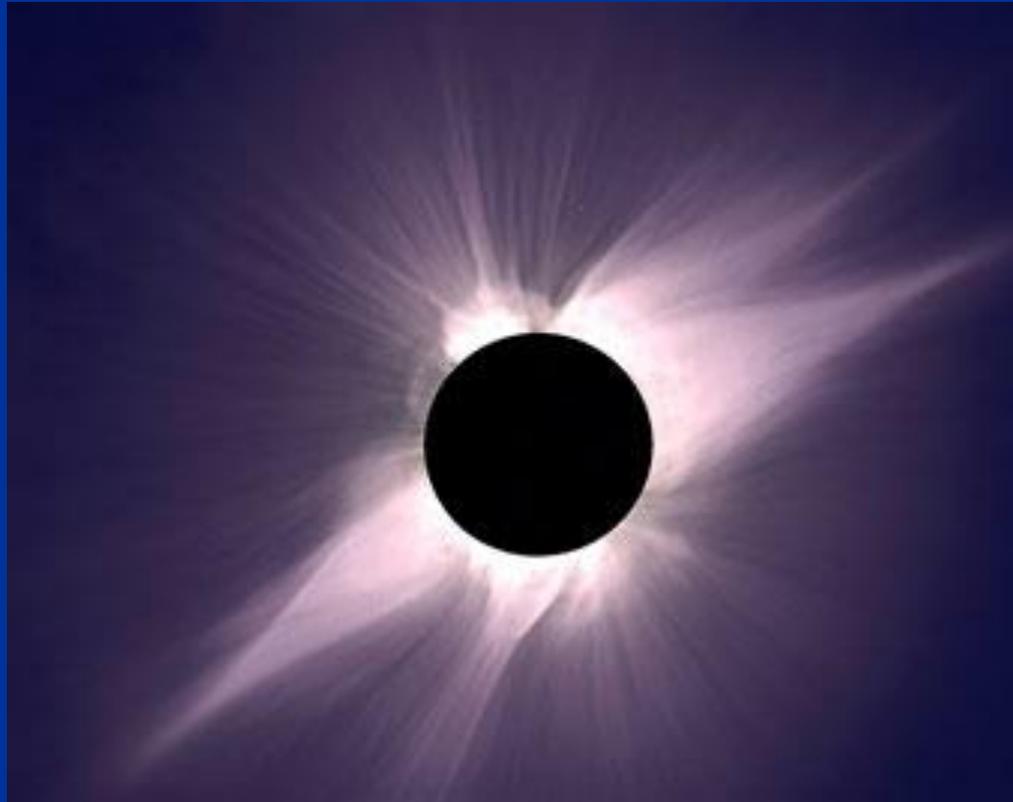


- 채층: 4 200 - 1 000 000 K 인 “불타는 대초원”. 홍염과 플레어

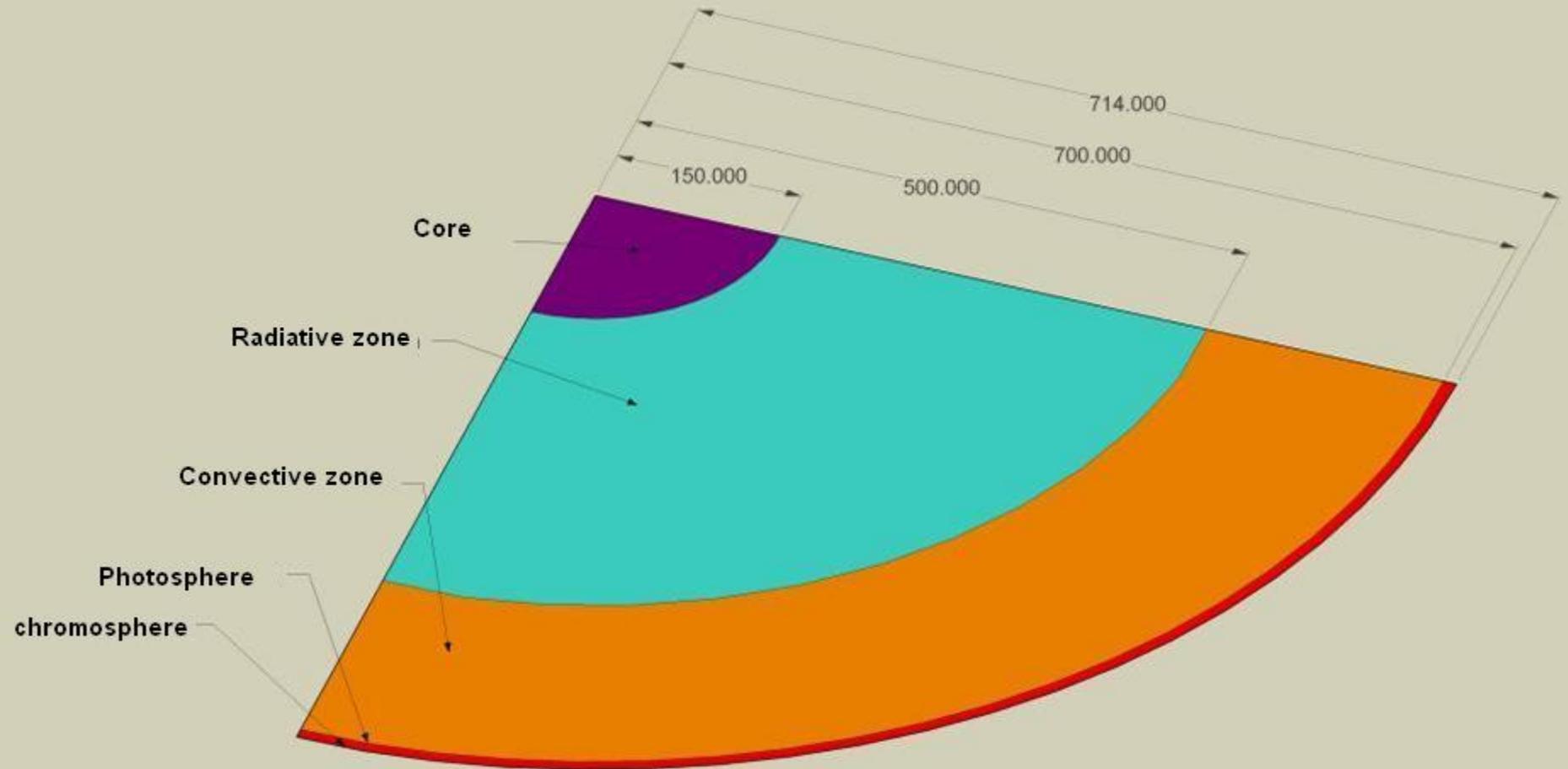


태양의 구조

- 코로나: 태양풍, 1 - 2 000 000 K.
- 일식때만 보임. 혹은 특별한 장치 사용 (코로나그래프).



태양의 구조

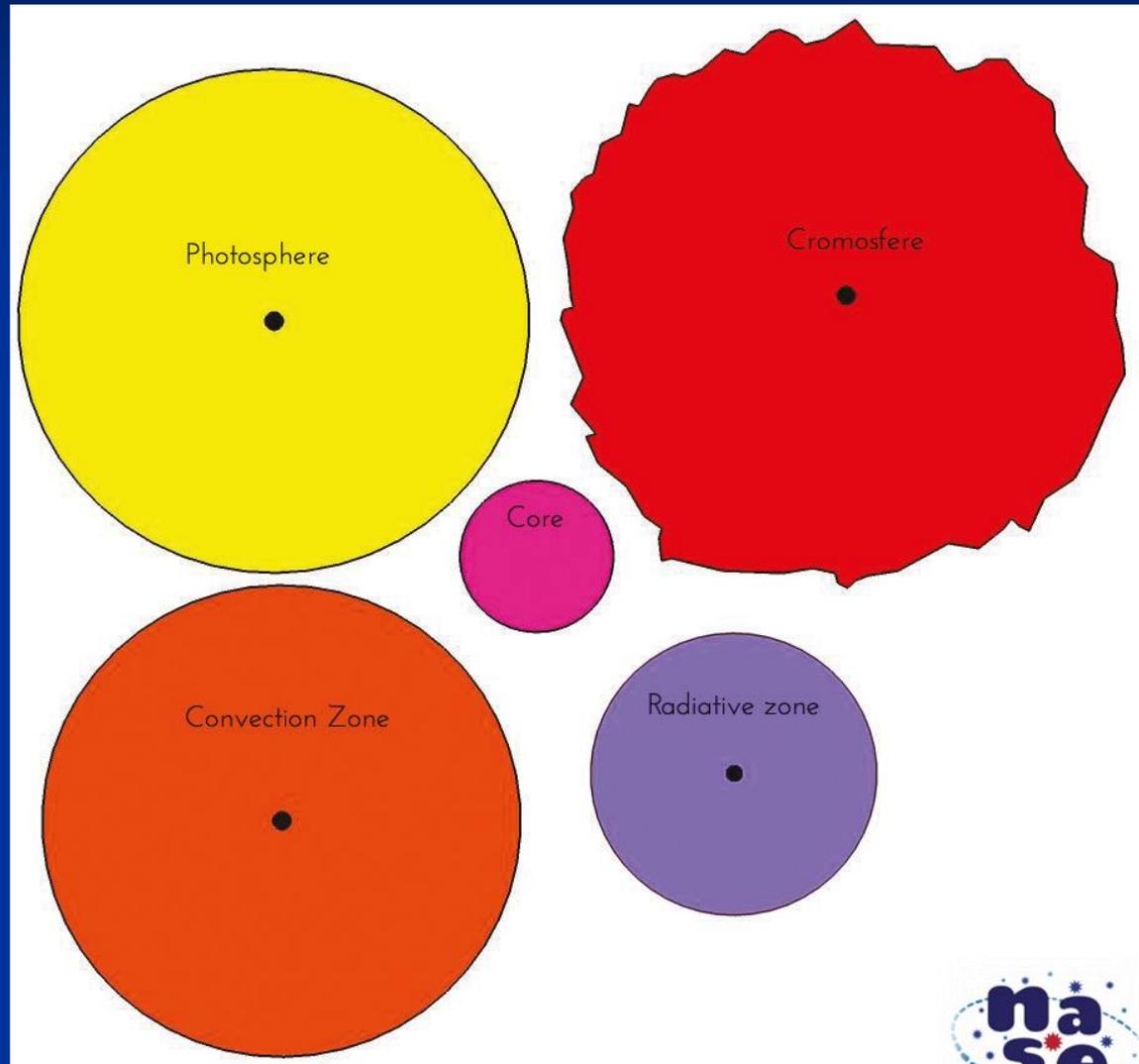


활동 3: 태양 구조

태양의 층을 가지고
간단한 모형
만들기.

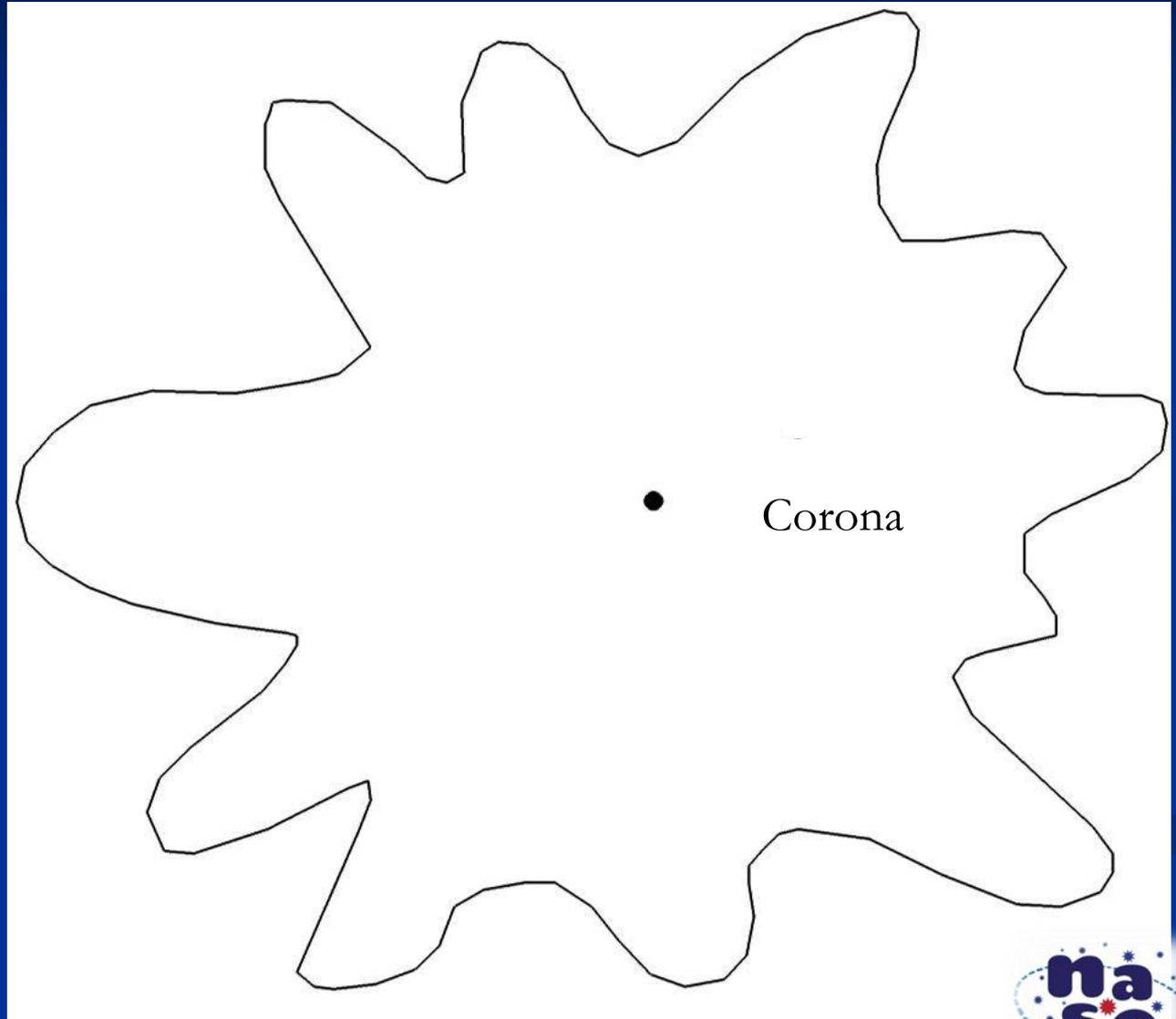
다른 모양의 도형을
오림.

다른 색으로
만들어진 조각을
오림.



활동 3: 태양구조

코로나는
OHP 필름으로
만들 수 있음.
마지막으로
도형을 순서에
맞게 겹침.



활동 3: 태양 구조

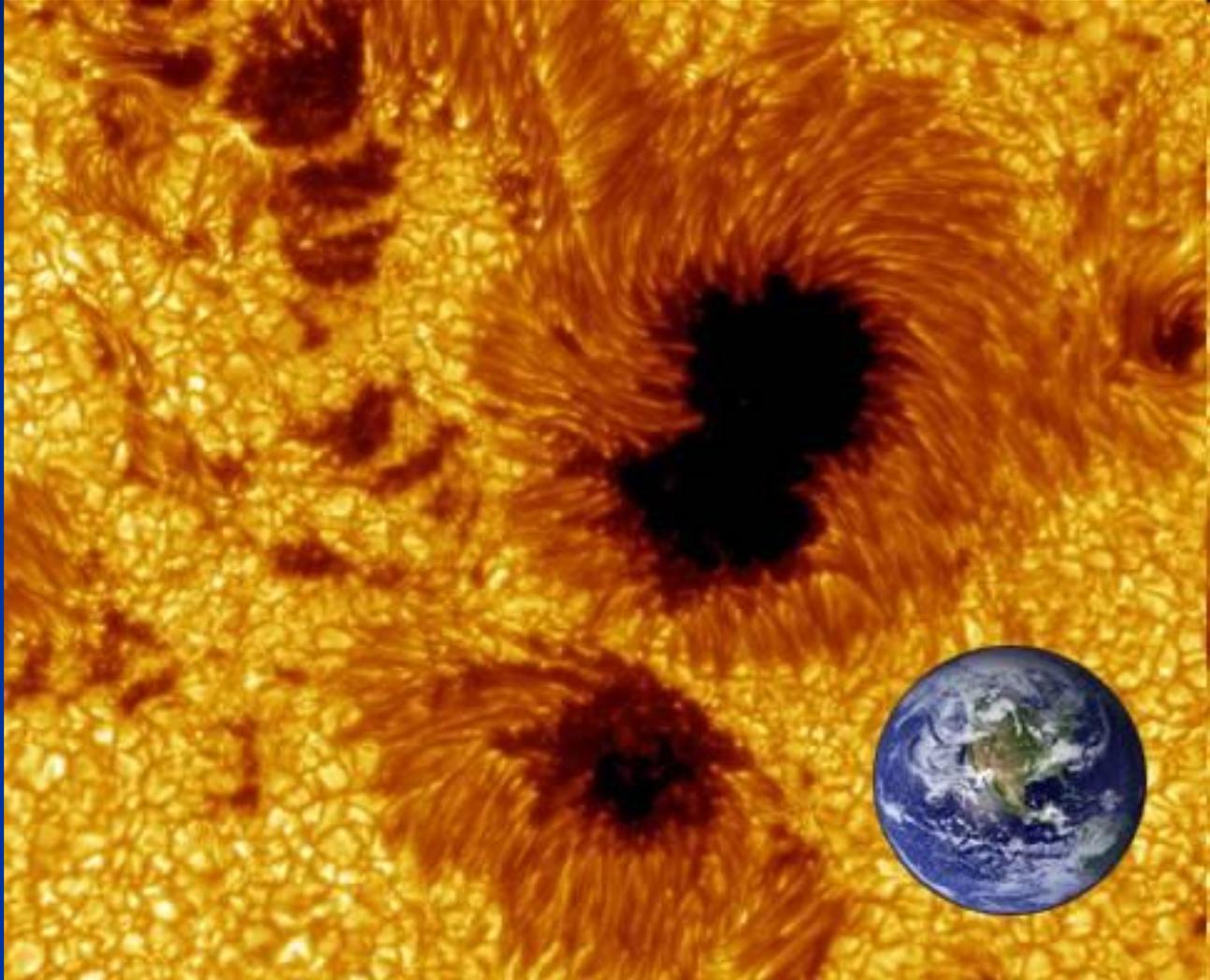


흑점

- 광구의 어두운 점들은
~4 200 K (태양
표면은 6 000 K)
- 각 태양 흑점은
두개의 영역: 본영
(중심부) 과 반영
(주위부).

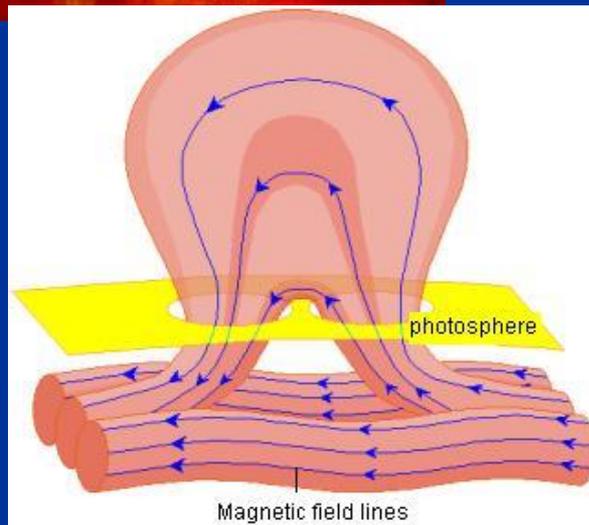
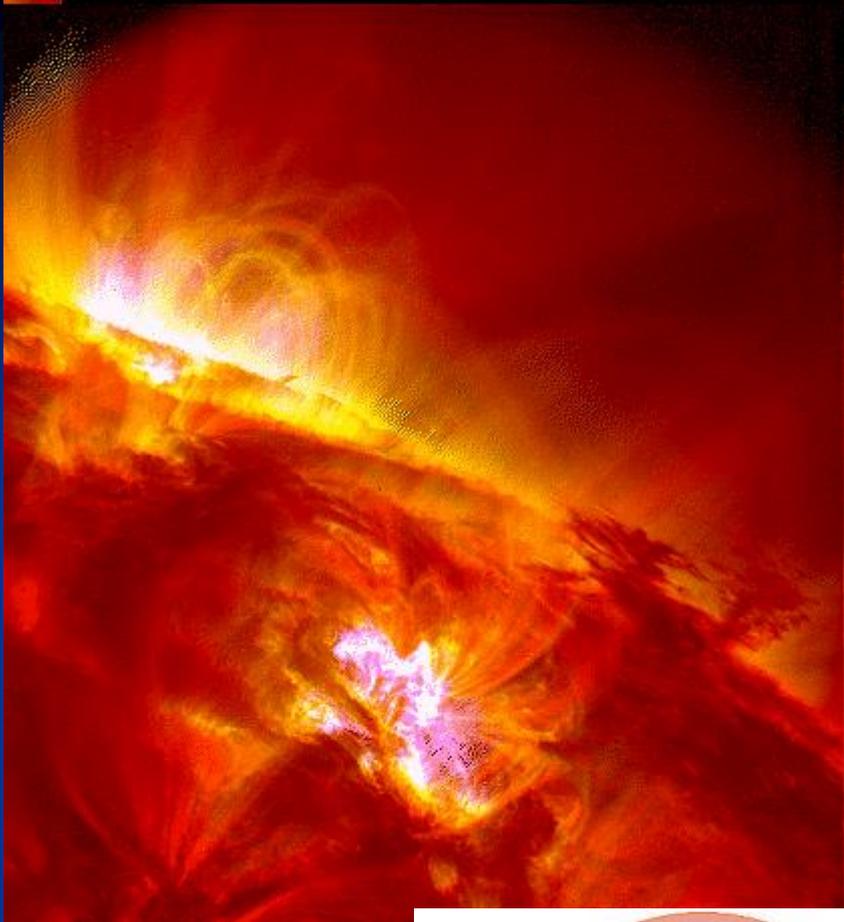


흑점

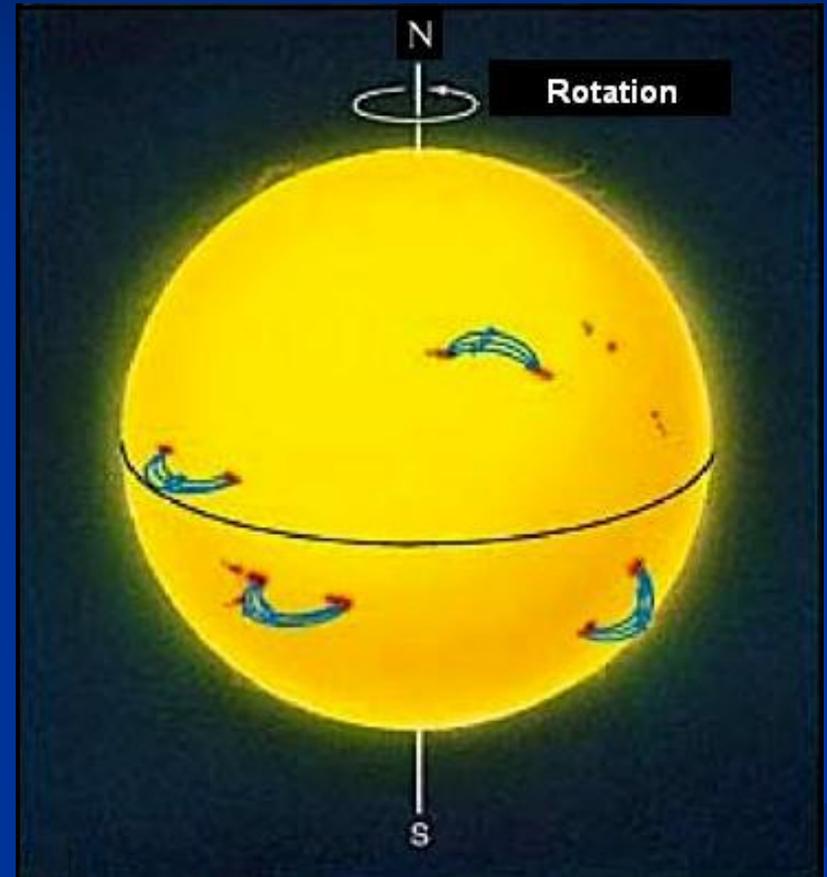
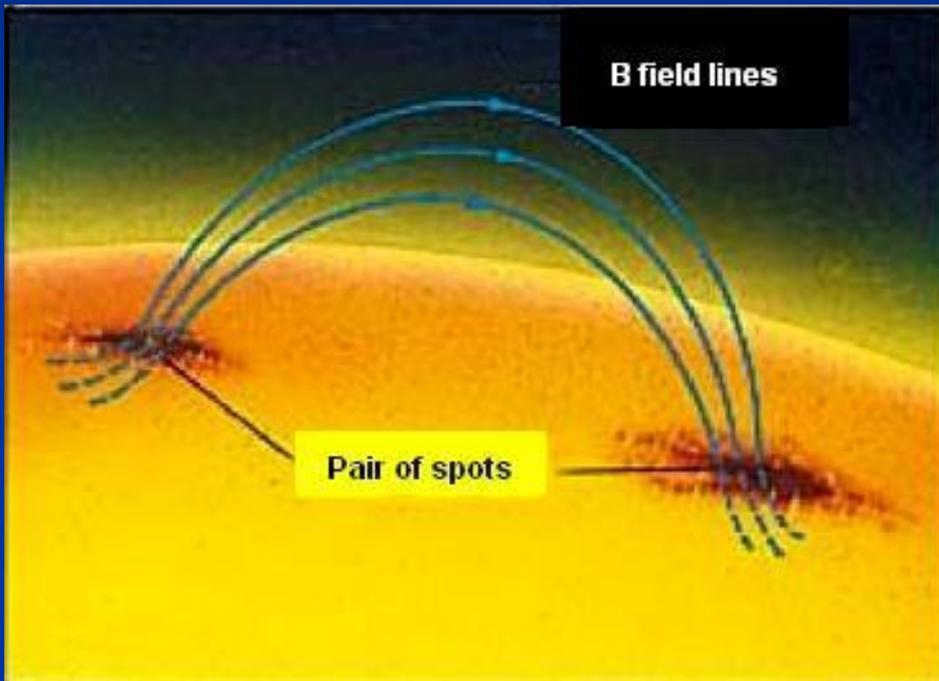


Sunspots

- There are strong magnetic fields in them.
- They are caused by the outburst of lines of magnetic field. Here is a loop rising from the interior.

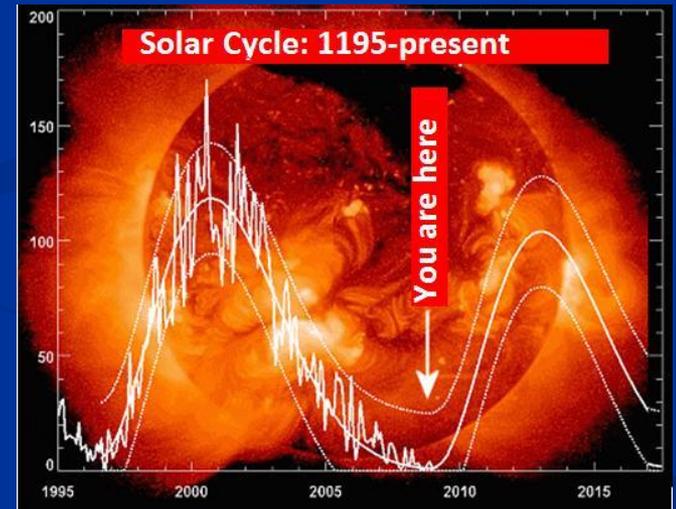
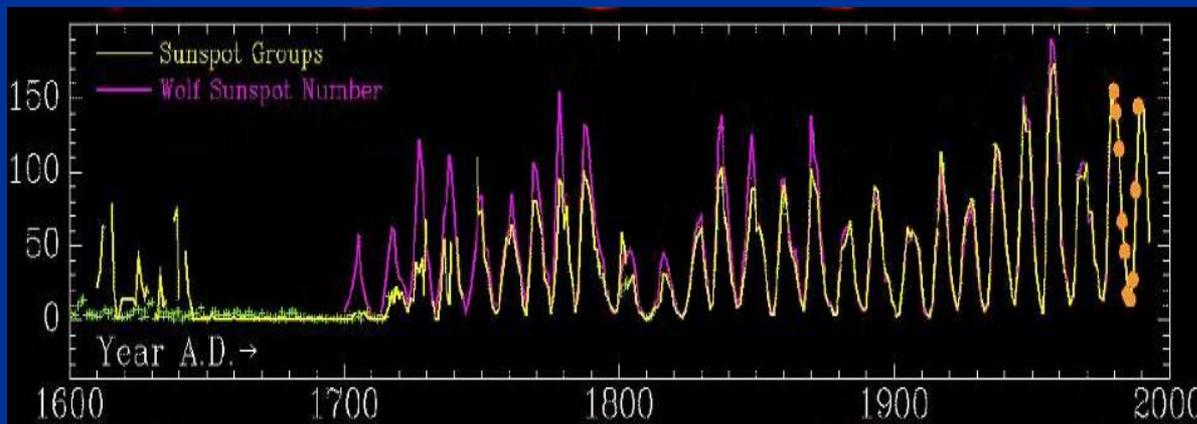


흑점



흑점

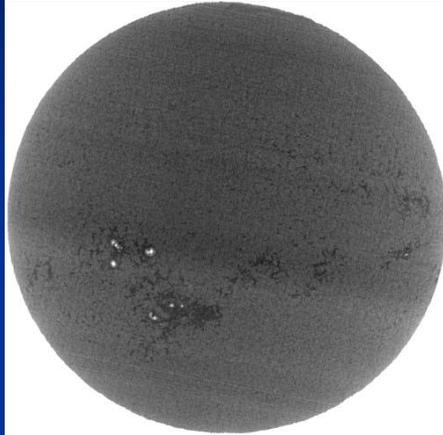
- 흑점의 개수는 “태양 활동 ” 의 이정표
- Wolf Number = $10G + F$
(G = 그룹의 갯수; F = 태양 흑점의 전체 갯수)
- There is an 11-year sunspot cycle.



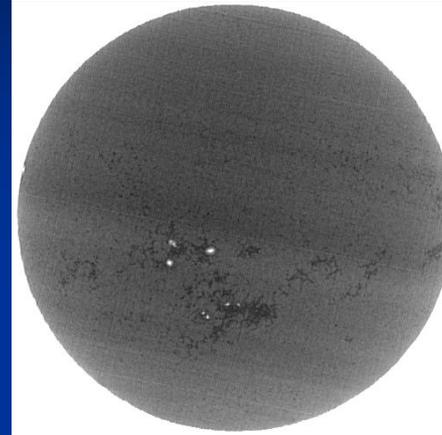
2008, 태양 흑점 개수의 극소기로 보통보다 오랜기간
지속됨

흑점: 태양 자전

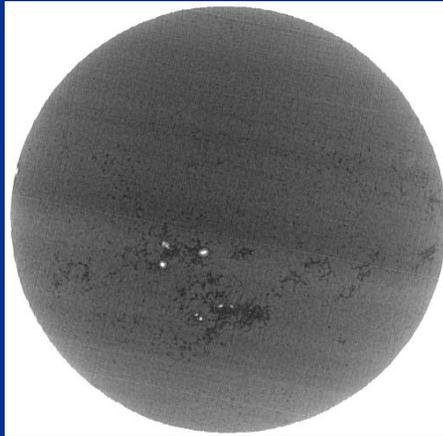
November 21 1992



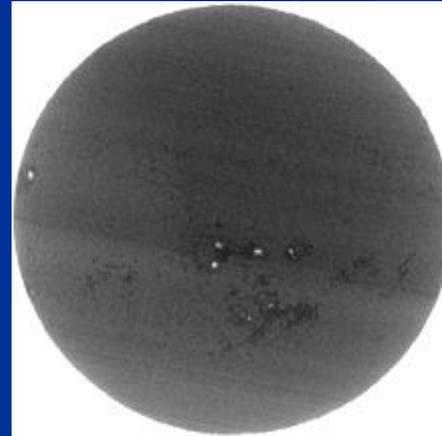
November 22 1992



November 23 1992



November 24 1992



Credit for images: Astronomical Observatory of the University of Coimbra



흑점과 태양 자전

SOHO/MDI Full-Disk
Continuum Image



Observed:
August 1999

LS

- 흑점으로 태양 자전을 측정할 수 있음.
- 갈릴레오가 처음으로 망원경을 사용하여 흑점을 봄. 그는 흑점을 이용하여 태양의 자전주기를 측정함.
- 차등 자전 주기:
적도에서는 25 일이고
극에서는 38 일.

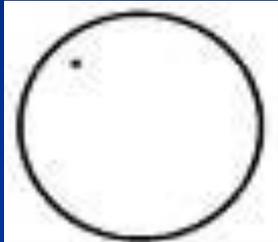
활동 4: 태양의 자전주기 결정

- 망원경이나 쌍안경으로 태양을 관측할 때는 꼭 투영해야 함. 절대 직접보지 말 것.

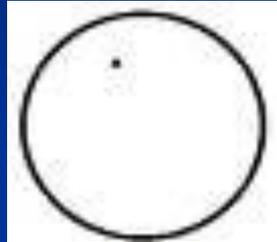


Activity 4: Determining the Sun's rotation period

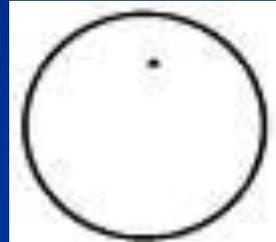
- 태양 흑점을 며칠간 그림 (날짜로 나타낸 시간 t)



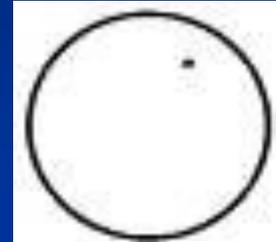
Day 1



Day 4

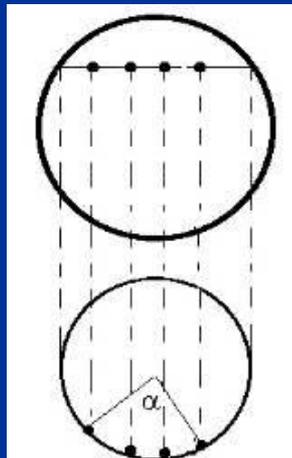


Day 6



Day 8

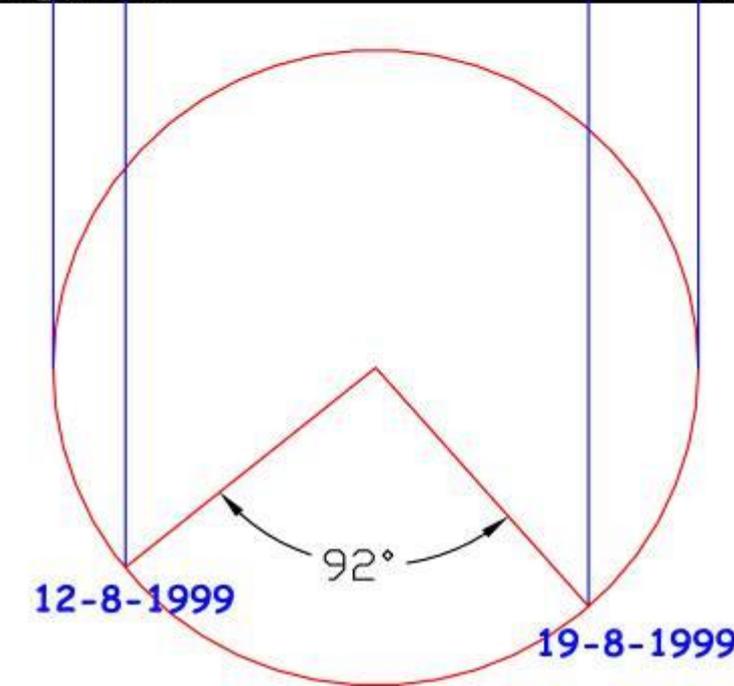
- 경로, 둘레와 각도 α 를 그림. 주기 T 를 날짜로 계산 할 수 있음.



$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{T}{t}$$



활동 4: 태양의 자전주기 측정



$$T = \frac{360^\circ \times 7 \text{ days}}{92^\circ} = 27,3 \text{ days}$$

태양 복사

- 태양은 광자를 만들어 내는 큰 원자로. 광자는 여러 주파수 (색)에 따른 에너지를 가짐 $E = hv$.
- 태양의 밝기는 엄청남 (power in watts): 매초마다 수 조 개에 원자 폭탄과 비슷한 양의 에너지 방출.
- 이 에너지는 시간이 지남에 따라 점점 커지는 거품처럼 공간으로 전파됨.
- 거품의 표면적은 $4\pi R^2$.
- 태양으로부터 거리 R 에서는, 매 초마다 1 m^2 의 단위 면적에 도달하는 에너지는:
(여기서 P 는 태양의 전체 에너지)

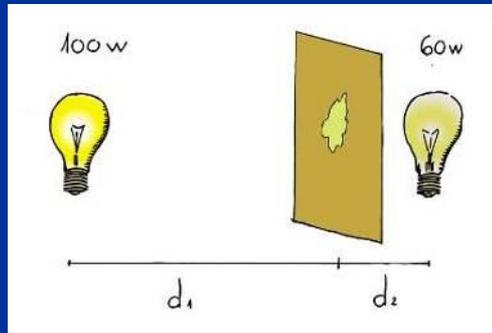
$$\frac{P}{4\pi R^2}$$



활동 5: 태양의 광도 측정

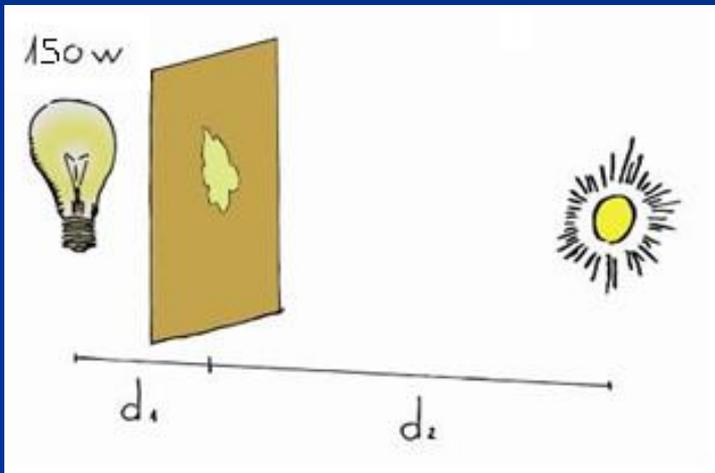
- 전달된 에너지는 거리 제곱에 반비례함. 태양으로부터의 거리를 안다면 에너지를 계산할 수 있음.
- 기름 자국 광도계. 종이 양 쪽의 빛의 세기가 같다면, 기름자국은 보이지 않을 것임. 즉, 양쪽에서 동일한 양의 에너지가 도달함. 그 때:

$$\frac{P_1}{4 \cdot \pi \cdot d_1^2} = \frac{P_2}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2}$$



활동 5: 태양 광도 측정

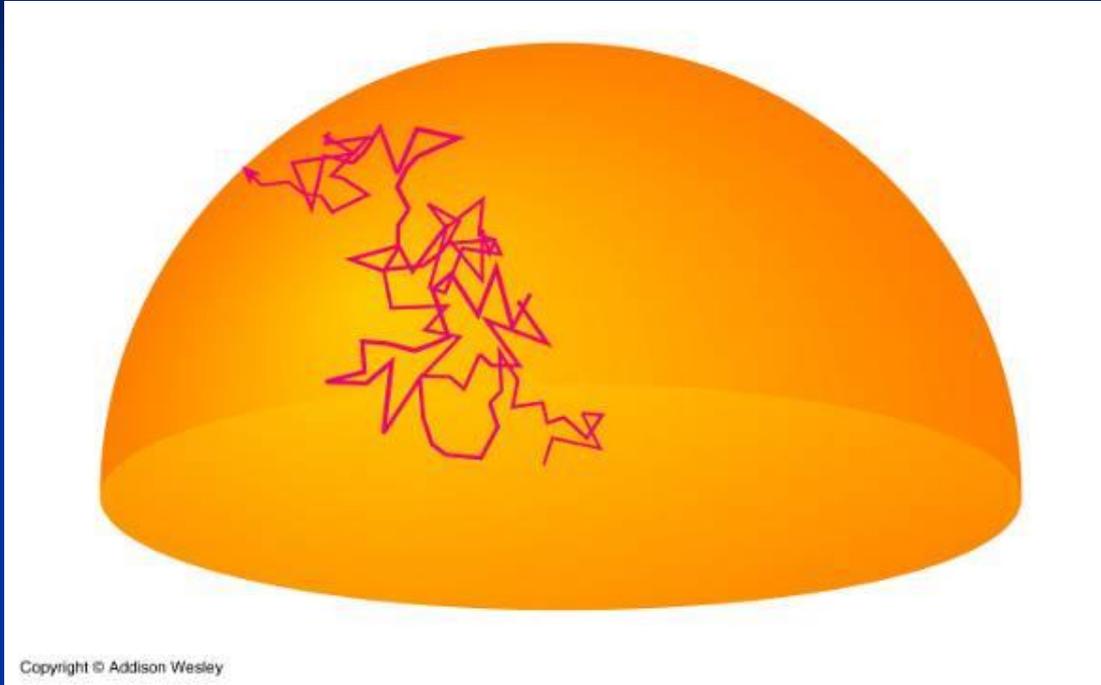
150W 전구와 태양을 비교. 태양은 1억5천만 km 멀리 있고, P 결정.



$$\frac{150W}{d_1^2} = \frac{P}{d_2^2}$$

•결과는 약 3.8×10^{26} W

태양 스펙트럼: 불투명도



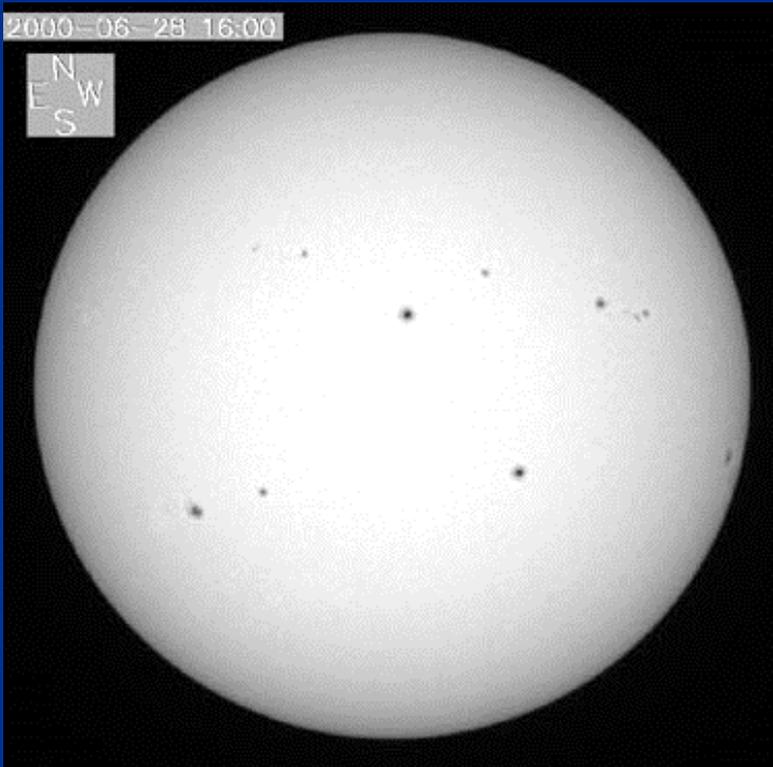
광자는 태양의 가장 안쪽에서 생성되고 가장 밀도가 높은 물질들과 상호작용함. 태양의 중심핵에서 생성된 광자는 광구까지 도달하는데 최대 1백만년이 걸림

Solar Spectrum: Opacity

The inner parts of the Sun are opaque (many interactions, as in a solid).

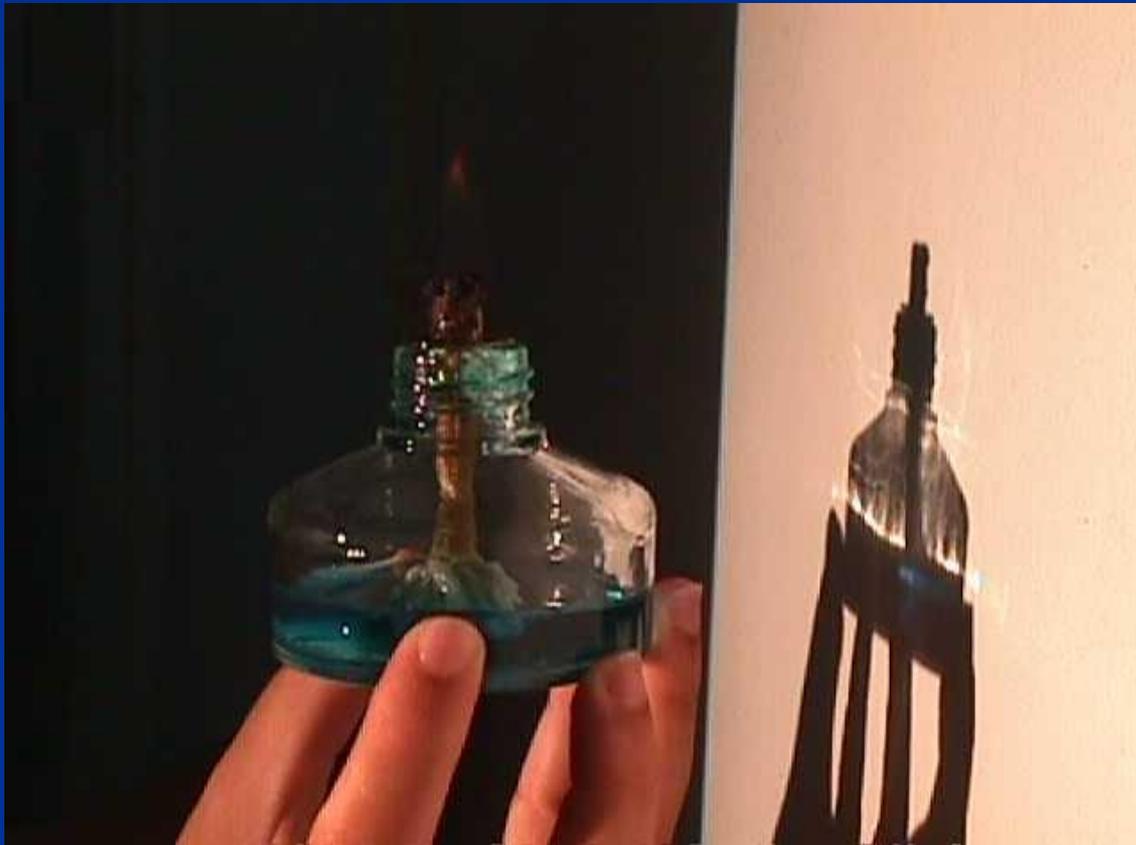
The outer parts are transparent.

Evidence: limb darkening - at its edge, the Sun is less bright because it is more transparent.

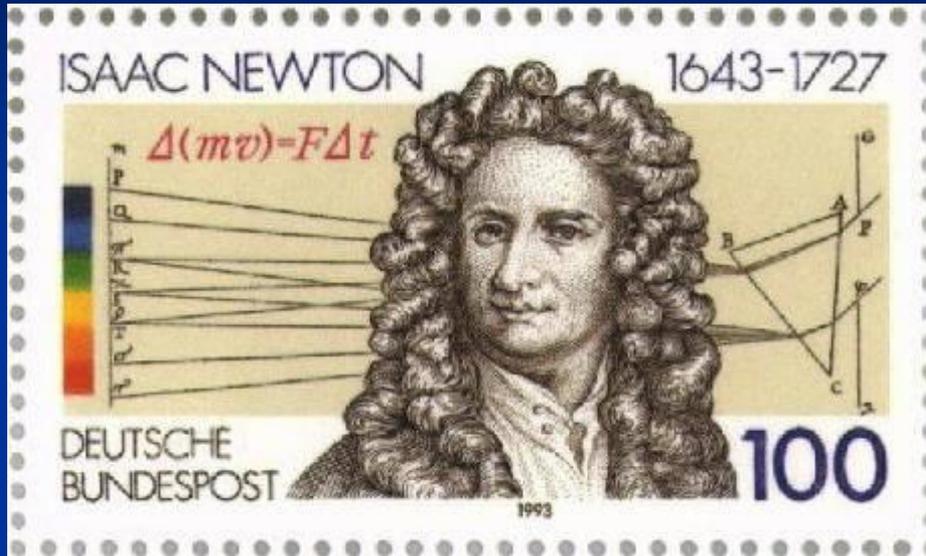


활동 6: 투명과 불투명

투명한 것은 보이지 않는 것과는 다름



스펙트럼



Fuente: Deutsche Bundespost 1993

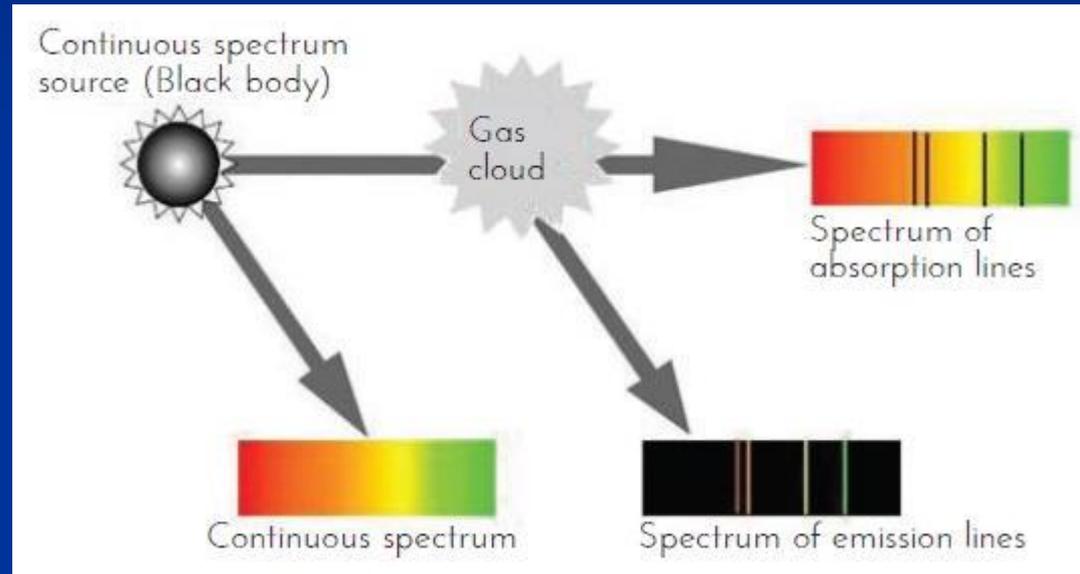


1701, 뉴턴은 프리즘을 사용하여 태양빛을 여러가지 색으로 분산함.
프리즘이나 회절격자를 이용하면 어떤 빛도 분산됨.
이 결과가 스펙트럼.

키르히호프와 분선의 법칙

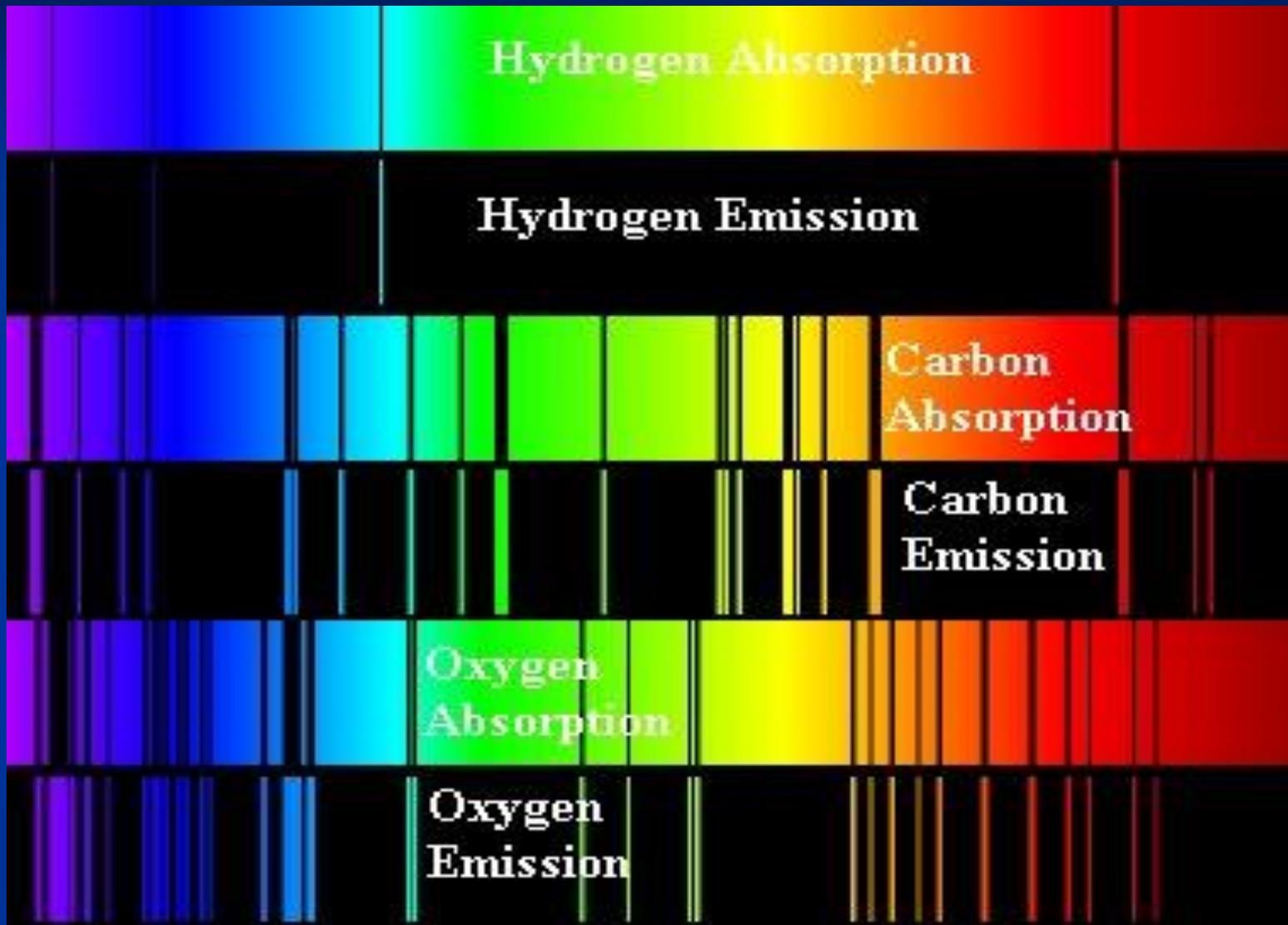
1st 법칙 - 밝은 고체 물체는 연속스펙트럼 방출

2nd 법칙 - 온도가 높고 밀도가 낮은 가스는 특정파장에서만 빛을 방출, 기체의 화학성분에 따라 파장이 정해짐.

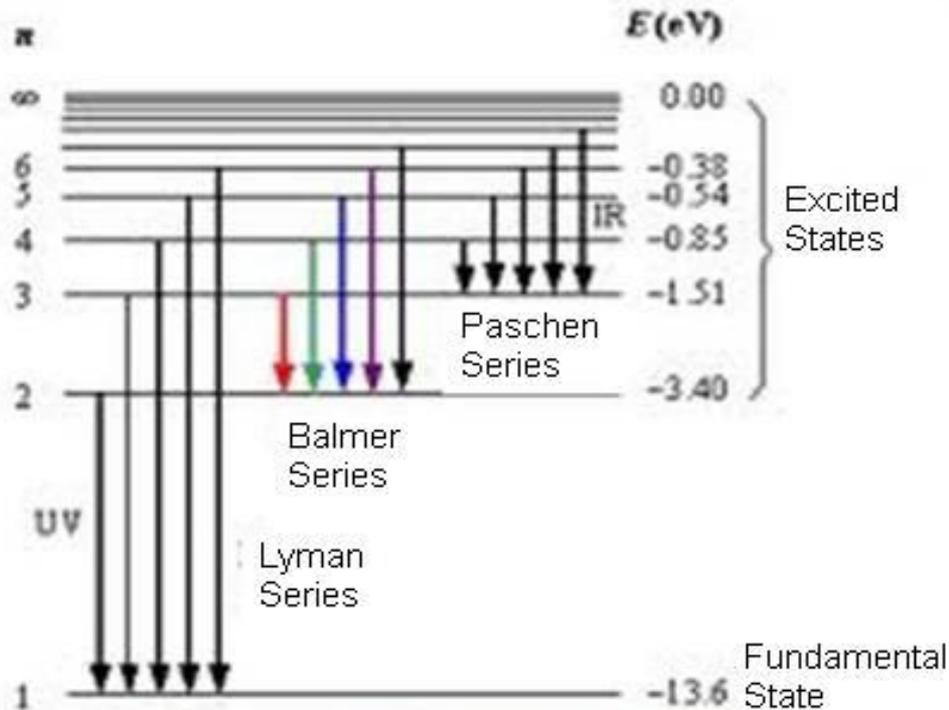


3rd 법칙 - 낮은 압력의 기체로 둘러싸인 밝은 고체 물체는 연속스펙트럼에 특정 파장에서 흡수선이 보임. 2nd 법칙과 비슷한 원리.

스펙트럼



스펙트럼



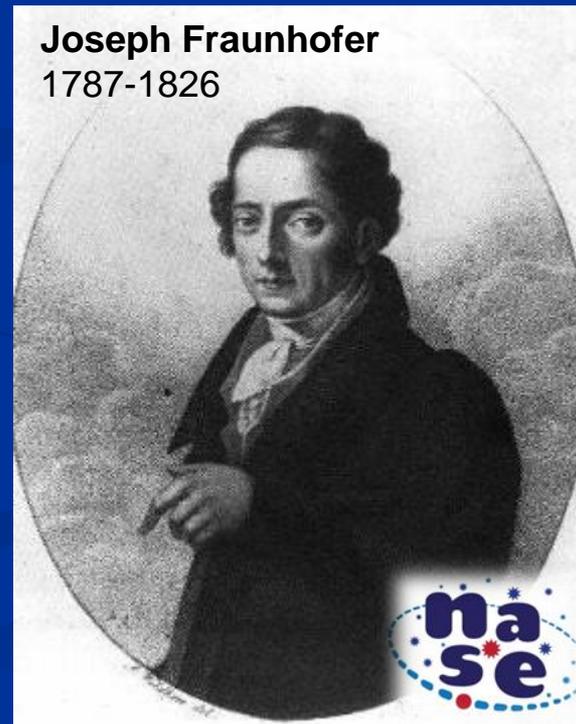
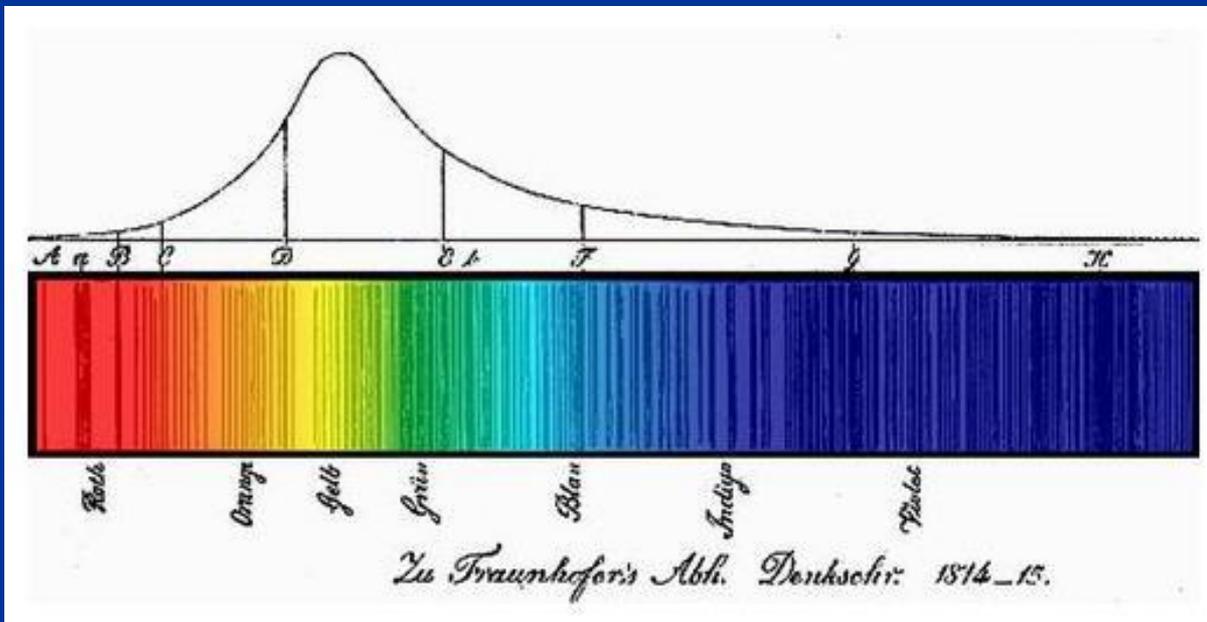
Energy levels of the hydrogen atom, with some of the transitions which produce the spectral lines indicated

흡수선과 방출선은 양자화된 에너지 준위 사이를 천이하는 광자때문에 나타남.

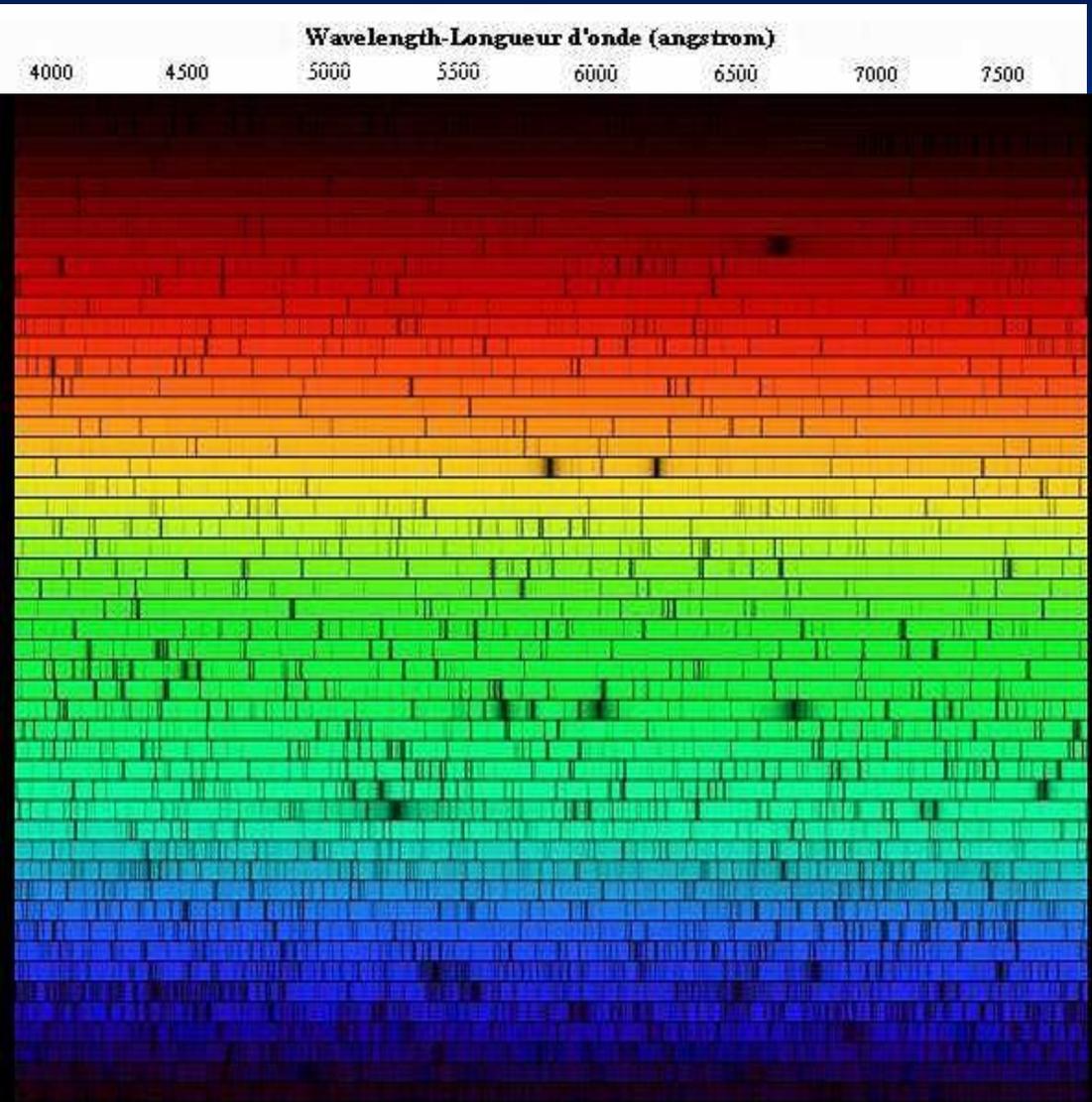
태양 스펙트럼: 흡수선

1802, William Wollaston은 태양스펙트럼에서 검은 선을 발견.

1814, Joseph Fraunhofer는 태양 스펙트럼을 체계적으로 연구, 700개의 어두운 선을 검출



태양 스펙트럼: 흡수선



- 어두운 선은 태양 표면 주위에 온도가 낮은 기체가 존재하기 때문에 나타남.
- 태양의 내부로 들어가 보지 않아도 태양이 무엇으로 구성되어 있는지 알 수 있음.
- 오늘날, 고분산 스펙트럼에서는 더 많은 선들이 보임

흑체 복사



용광로에서 달구어진 철이 내는 색은, 다음 순서로 변함:

- 빵강
- 노랑
- 하얀색
- 푸른빛

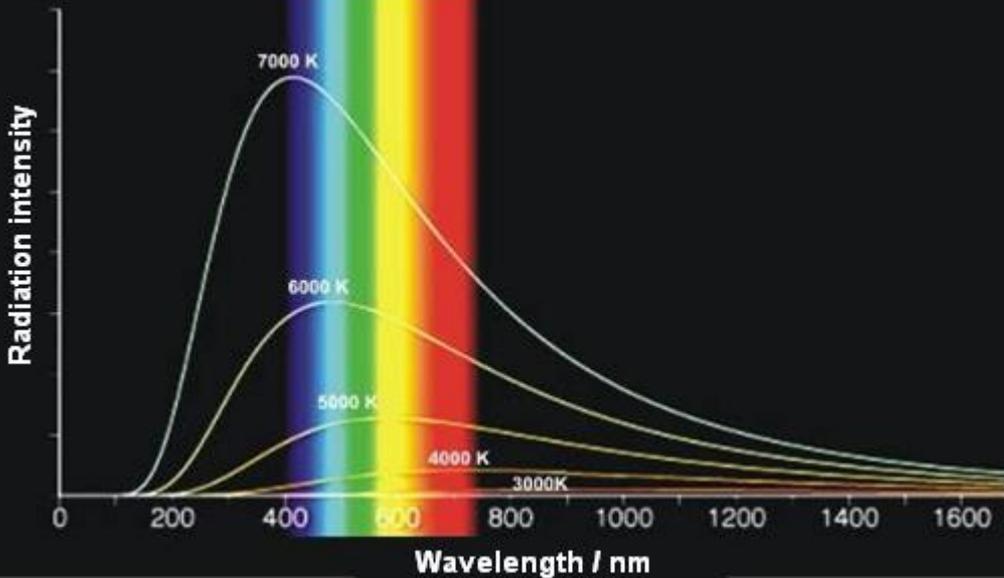
흑체 복사

온도가 높은 (열이 높은)
“흑체”는 모두 많은
파장에서 빛을 방출.

에너지가 가장 높을때의
파장 λ_{\max} .
 λ_{\max} 는 온도의 함수 T:

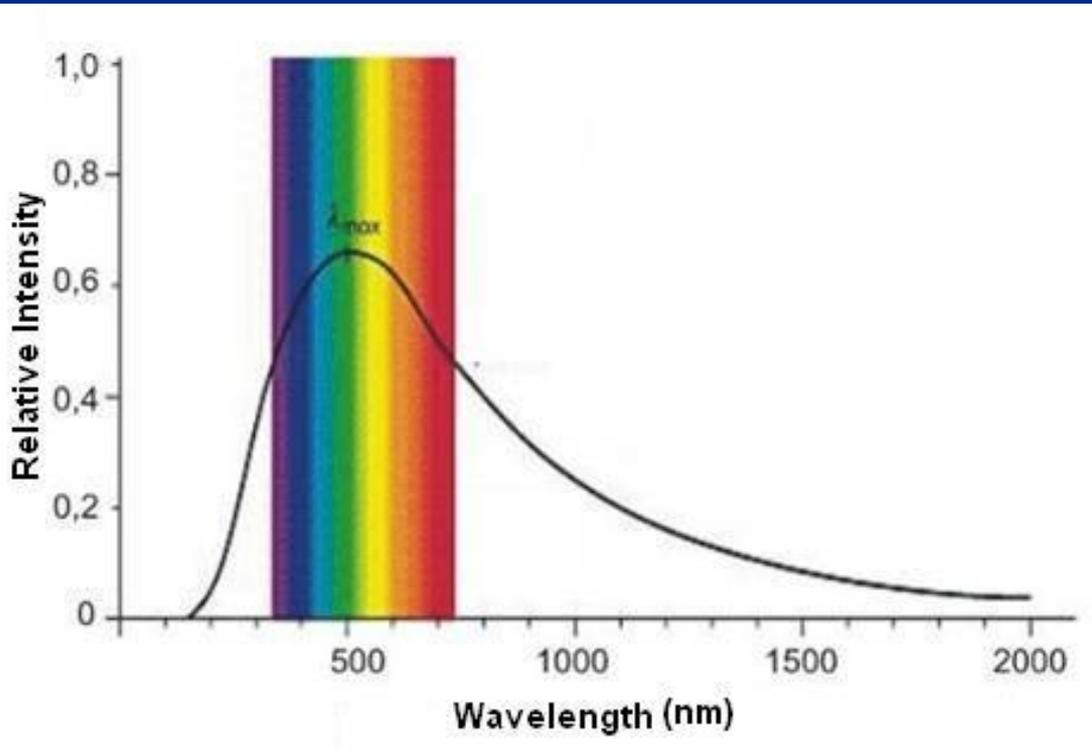
$$\lambda_{\max} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} \quad (\text{m})$$

빈의 법칙



멀리 있는 천체의 복사를
연구하면, 온도계를 가지고
가지 않아도 온도를 측정할 수
있음.

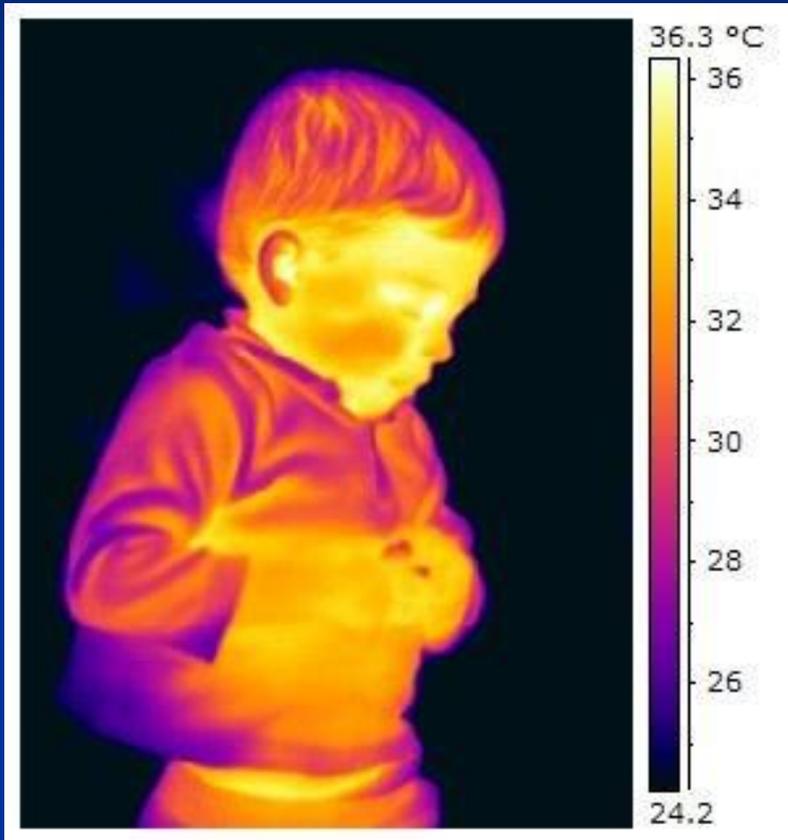
흑체 복사



태양 λ_{max} 는 500 nm.

태양의 표면온도는
5,800 K 라는 의미.

흑체 복사



인간 신체의 온도는

$$T = 273 + 37 = 310 \text{ K.}$$

인간 신체는 대부분 에너지를 at $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$ 파장에서 방출. 이는 적외선.

야간 투시경은 적외선을 사용.

빛의 산란



- 백색광이 큰 입자로 이루어진 기체를 통과할 때, 모든 빛은 비슷하게 산란됨 (하얀 구름).

- 입자의 크기가 입사된 파장보다 훨씬 작으면, 짧은 파장이 긴 파장보다 더 산란됨 (레일라이 산란).

- 우리의 하늘은 푸른 빛이 붉은 빛보다 모든 방향에서 더 많이 산란됨: 그래서 파란 하늘



해질녘, 빛은 대기를 좀 더 많이 투과하기 때문에 좀 더 노란 빛을 띠.

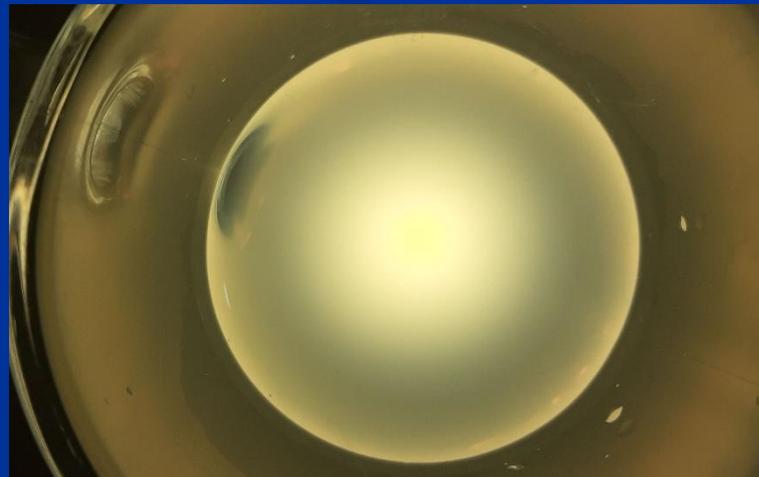


활동 7: 빛의 분산

- 우유 몇 방울을 넣은 긴 유리잔의 물에 후레쉬. 빛이 우유가 든 물을 지날때:

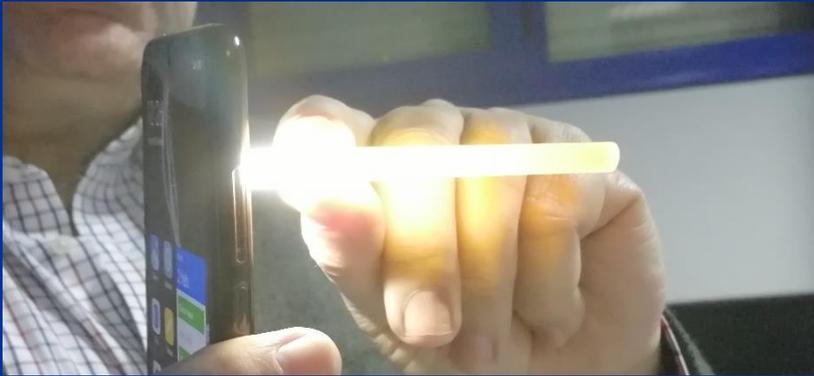
-

- 빛이 측면으로 지날때는 푸른빛
- 빛이 유리잔 전체를 투과할때 위에서 보면 약간 붉게 보임



활동 7: 빛의 분산

- 접착에 사용하는 글루건 녹인 것
- 핸드폰의 플래시 빛



- 핸드폰 플래시에 가까운 곳은 푸른빛.
- 플래시에서 먼 곳은 노랑거나 붉은 빛.

**Thank you very much
for your attention!**

