

Vết đen và Quang phổ Mặt Trời - Sunspots and Solar Spectrum

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*



Goals - Mục tiêu

- Understand the nature of the solar spectrum
- Hiểu về bản chất quang phổ Mặt trời
- Understand the generation of the solar spectrum
- Hiểu nguyên lý tạo quang phổ Mặt Trời
- Understand the nature of sunspots
- Hiểu về bản chất của vết đen Mặt Trời
- Understand the historical significance of Galileo's work on sunspots
- Hiểu về vai trò quan trọng nghiên cứu của Galileo về vết đen Mặt Trời



Solar Radiation- Bức xạ Mặt Trời

Almost all the energy (heat and light) that we use on Earth comes or has come from the Sun

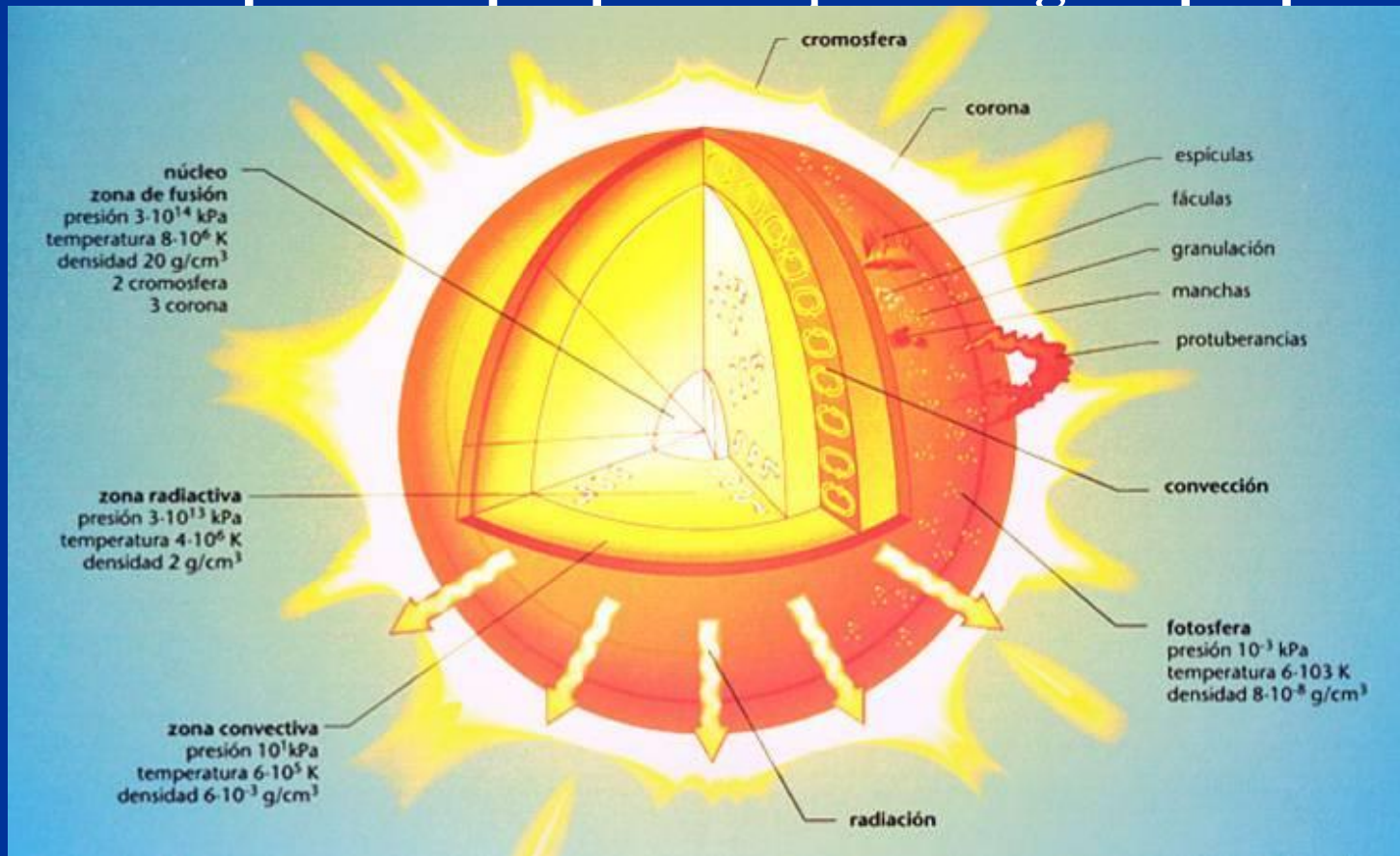
Hầu hết năng lượng (nhiệt hay ánh sáng) chúng ta sử dụng trên Trái Đất đến từ Mặt Trời



Solar Radiation- Bức xạ Mặt Trời

The radiation is created in the core of the Sun, at a very high pressure and at a temperature of 15 million degrees. It is produced through nuclear fusion reactions.

Bức xạ tạo ra từ lõi Mặt trời, với áp suất cao và nhiệt độ cỡ 15 triệu độ. Nó được tạo ra từ phản ứng nhiệt hạch.



$$4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2e^+ + 2\nu + 2\gamma$$

Solar Radiation- Bức xạ Mặt Trời

4 protons (hydrogen nuclei) come together to form a helium atom (fusion) - 4 protons (hạt nhân Hydrogen) tạo ra nguyên tử Helium (Nhiệt hạch)



The resulting mass is less than the mass of initial 4 protons since the “left-over” mass is transformed into energy: Khối lượng tạo ra nhỏ hơn khối lượng ban đầu, phần khác biệt chuyển thành năng lượng:

$$E = mc^2$$

Every second, 600 million tons of hydrogen are converted into 595.5 million tons of helium. The rest of the mass is converted into energy. Mỗi giây, 600 triệu tấn hydrogen được chuyển hoá thành 595,5 triệu tấn helium. Phần còn lại chuyển hoá thành năng lượng.

The Sun is so massive that, even losing at this rate, it will last billions of years. Khối lượng Mặt trời là rất lớn, với tốc độ phản ứng như vậy Mặt trời sẽ còn tồn tại hàng tỉ năm nữa

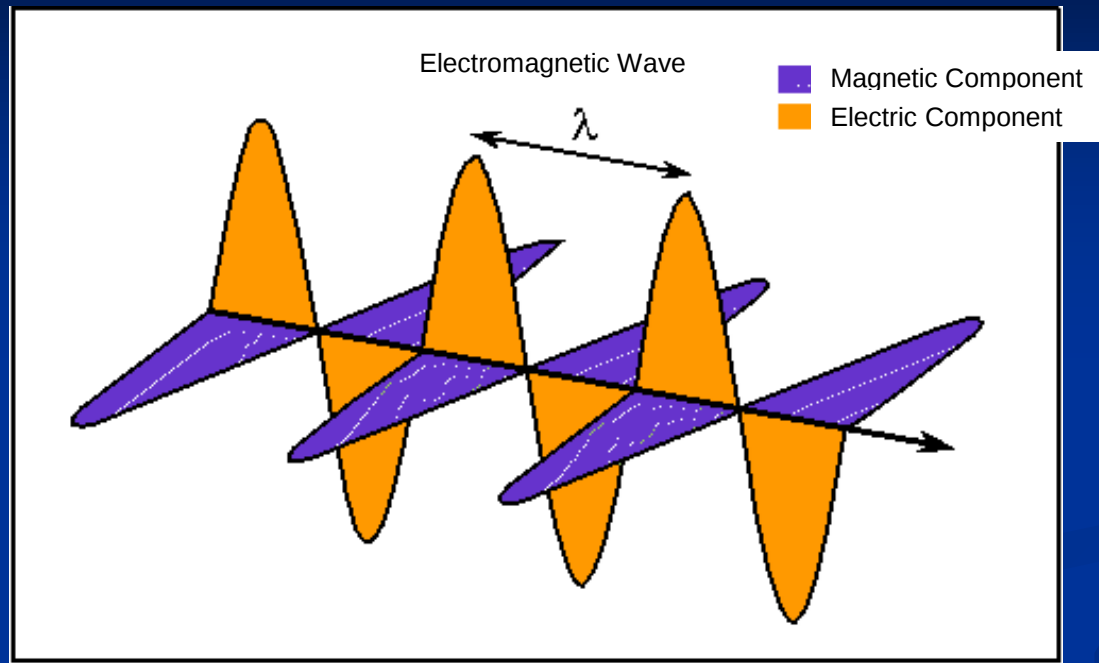


Solar Radiation- Bức xạ Mặt Trời

The energy travels from the surface of the Sun at a speed of 299,793 km/s. It takes 8 minutes to reach the Earth. Năng lượng truyền từ bề mặt Mặt trời với tốc độ 299,793 km/s. Cần 8 phút để đi đến Trái đất.



Solar Spectrum: Radiation - Phổ Mặt Trời: Bức xạ

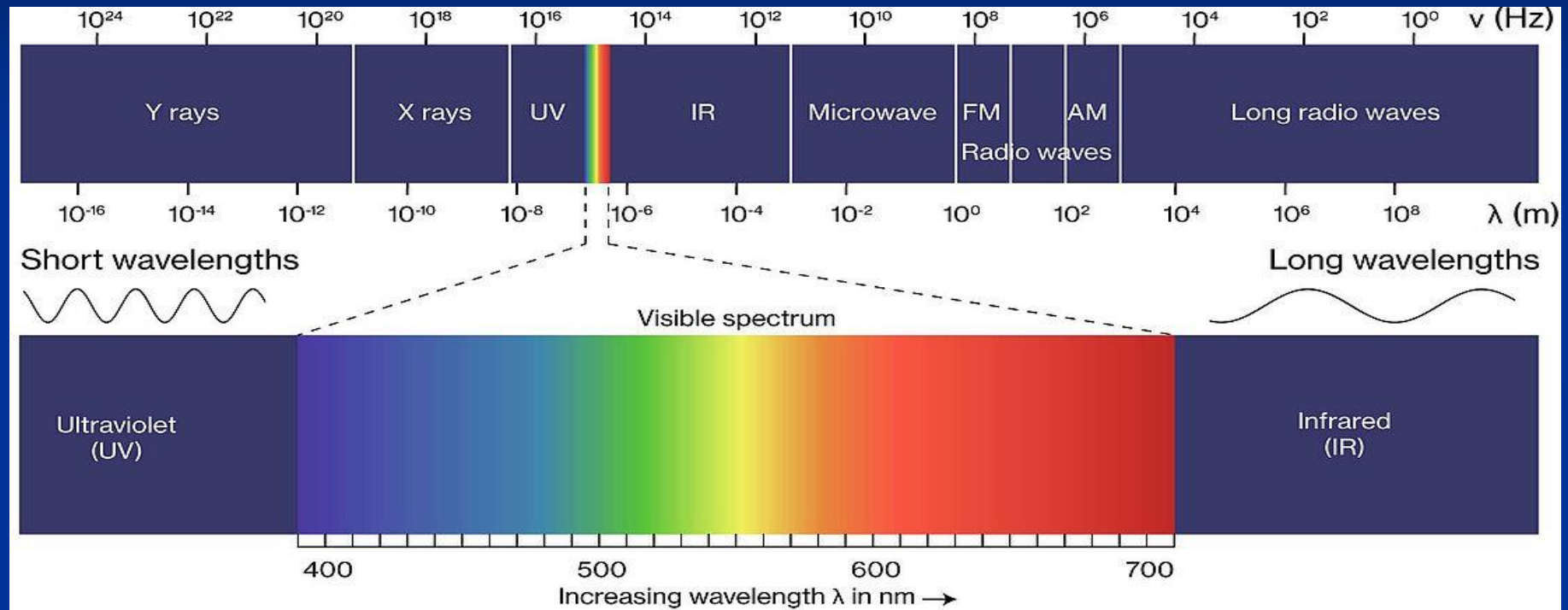


Wavelength λ , frequency ν and the propagation speed c of electromagnetic waves are related by the equation - Bước sóng, tần số và vận tốc ánh sáng của sóng điện từ có mối quan hệ:

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

Solar Spectrum: Radiation - Phổ Mặt Trời: Bức xạ

The Electromagnetic Spectrum - Phổ điện từ



Gamma



X-ray



Visible - Nhìn thấy



Infrared-Hồng ngoại

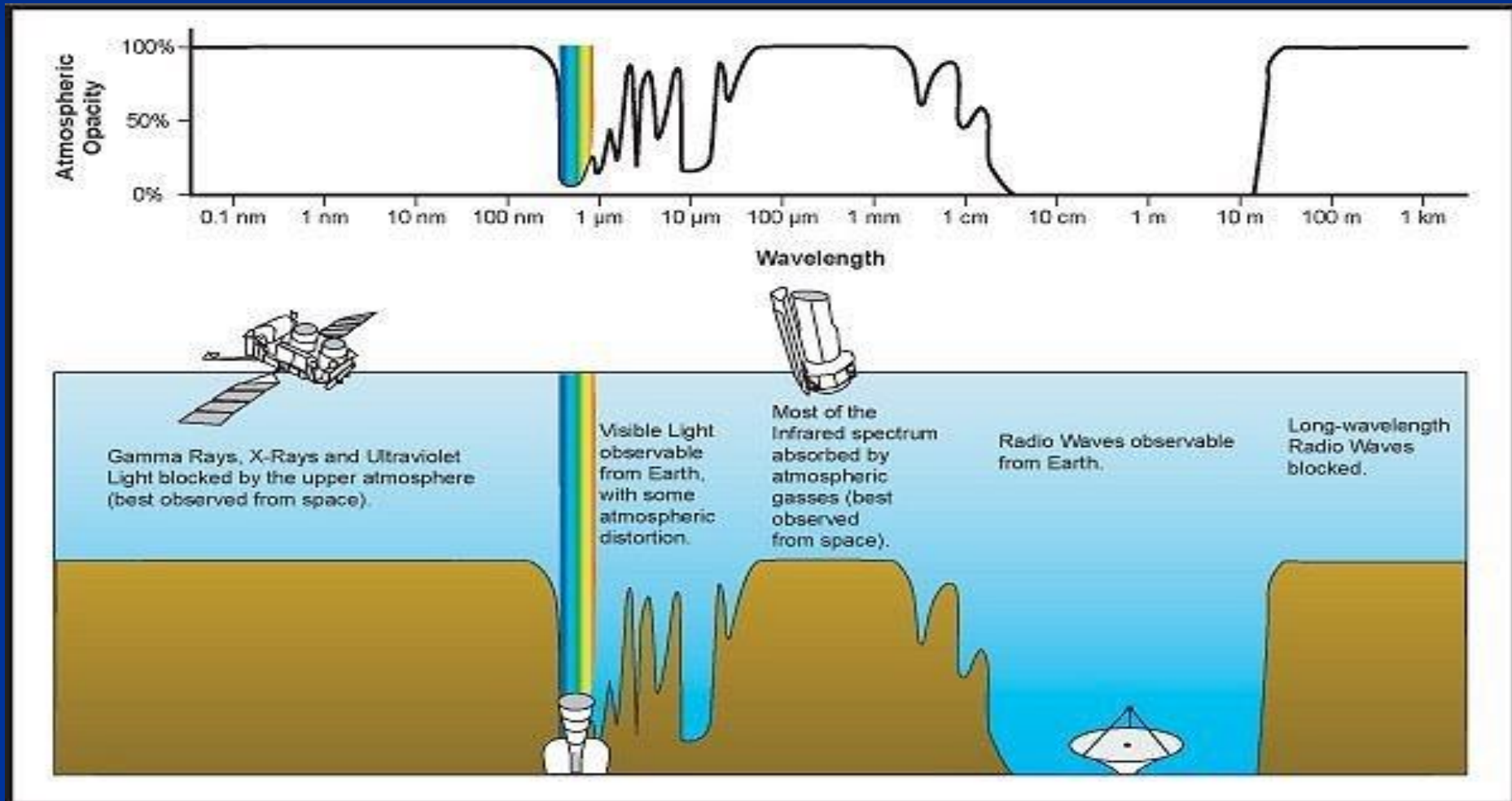


Radio

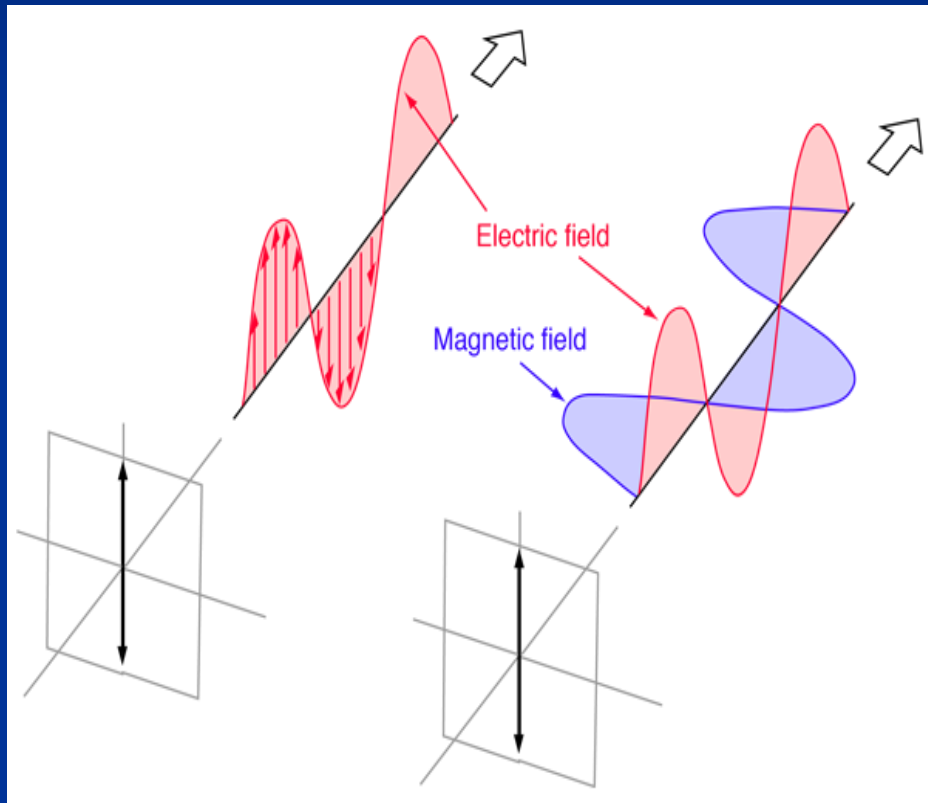


Solar Spectrum: Radiation - Phổ Mặt Trời: Bức xạ

The Earth's atmosphere is opaque to most wavelengths of radiation. Khí quyển Trái đất che chặn các bước sóng bức xạ



Solar Spectrum: Radiation - Phổ Mặt Trời: Bức xạ

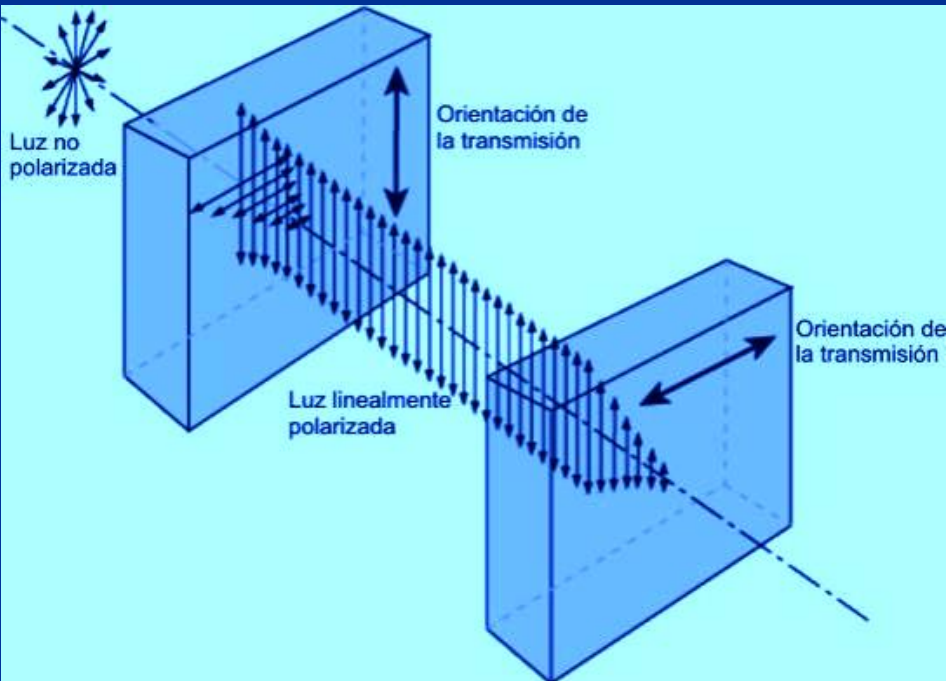


- Simple electromagnetic radiation has a profile as seen in the figure. Bức xạ điện từ đơn giản có hình dạng như hình vẽ
- There is a vibration direction for the electric field and another for the magnetic field. Hướng dao động của điện trường và từ trường là khác nhau
- This wave is linearly polarized. In this case vertically polarised. Sóng này phân cực tuyến tính. Phân cực dọc
- Sunlight does not have any privileged direction of vibration. Ánh sáng Mặt trời không có hướng dao động chính nào.

Solar Spectrum: Polarisation-Quang phổ Mặt trời: Phân cực

Sunlight can be polarised: Ánh sáng Mặt trời có thể phân cực

- By reflection - Bởi sự phản xạ
- By passing it through a polarising filter - Bởi đi qua các tấm lọc phân cực.



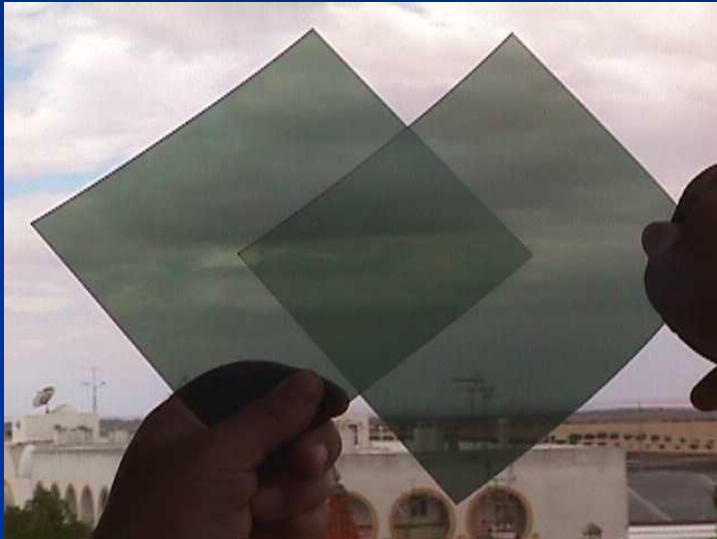
When the two polarising filters have parallel directions of polarisation, light passes through. If their directions are perpendicular, the light that passes through the first filter is blocked by the second and no light passes through.

Khi hai tấm phân cực có hướng phân cực song song, ánh sáng đi qua. Khi hai tấm phân cực vuông góc, ánh sáng đi qua tấm thứ nhất và bị chặn ở tấm thứ hai.

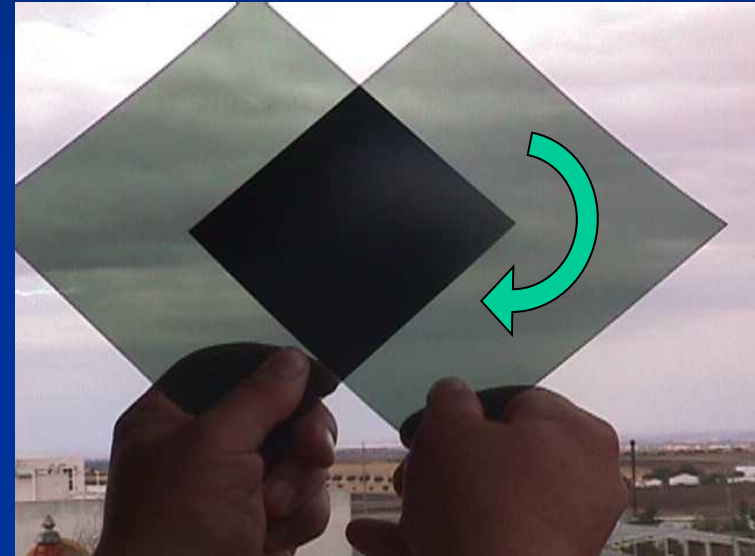


Activity 1: Solar Spectrum Polarization

Hoạt động 1: Sự phân cực phổ Mặt trời



If the filters have the same orientation, light passes through. Ánh sáng đi qua khi 2 tấm phân cực cùng chiều



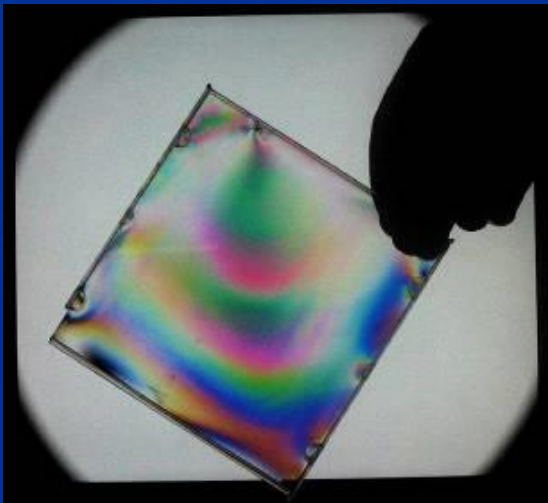
If one of the filters is turned 90° , light is blocked. Ánh sáng không đi qua khi 2 tấm phân cực vuông góc

Activity 1: Solar Spectrum Polarisation

Hoạt động 1: Sự phân cực phổ Mặt trời



- Light can be polarised by reflection.
- Ánh sáng bị phân cực khi phản xạ
- Polaroid sunglasses help you avoid reflections.
- Kính râm phân cực giúp tránh phản xạ
- Polarisation is used in photography and in engineering to view internal stresses in materials.
- Phân cực được ứng dụng trong chụp ảnh và trong kĩ thuật vật liệu để nhìn bên trong.



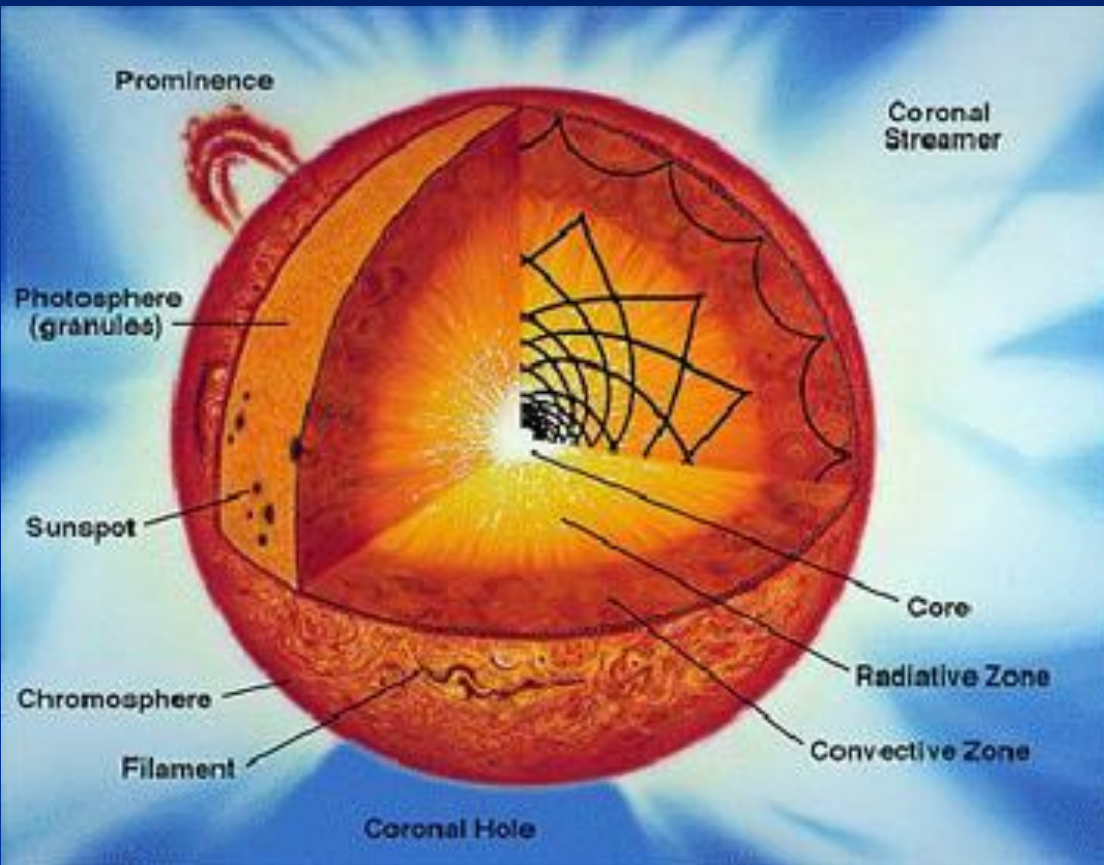
Activity 2: Light polarization

Hoạt động 2: Phân cực ánh sáng

- A laptop or mobile phone screen emits polarized light.
- Màn hình laptop hoặc điện thoại phát ánh sáng phân cực.
- Observe the plane of polarisation with polarised sunglasses.
- Quan sát mặt phân cực bằng kính râm phân cực
- Some objects rotate the plane of polarisation: tape over plastic.
- Một số vật quay mặt phẳng phân cực: dán băng dính phần nhựa
- Observe the internal stresses in a piece of transparent plastic (e.g. a CD box): Quan sát sức căng nội tại của một tấm nhựa trong suốt (VD: hộp nhựa)



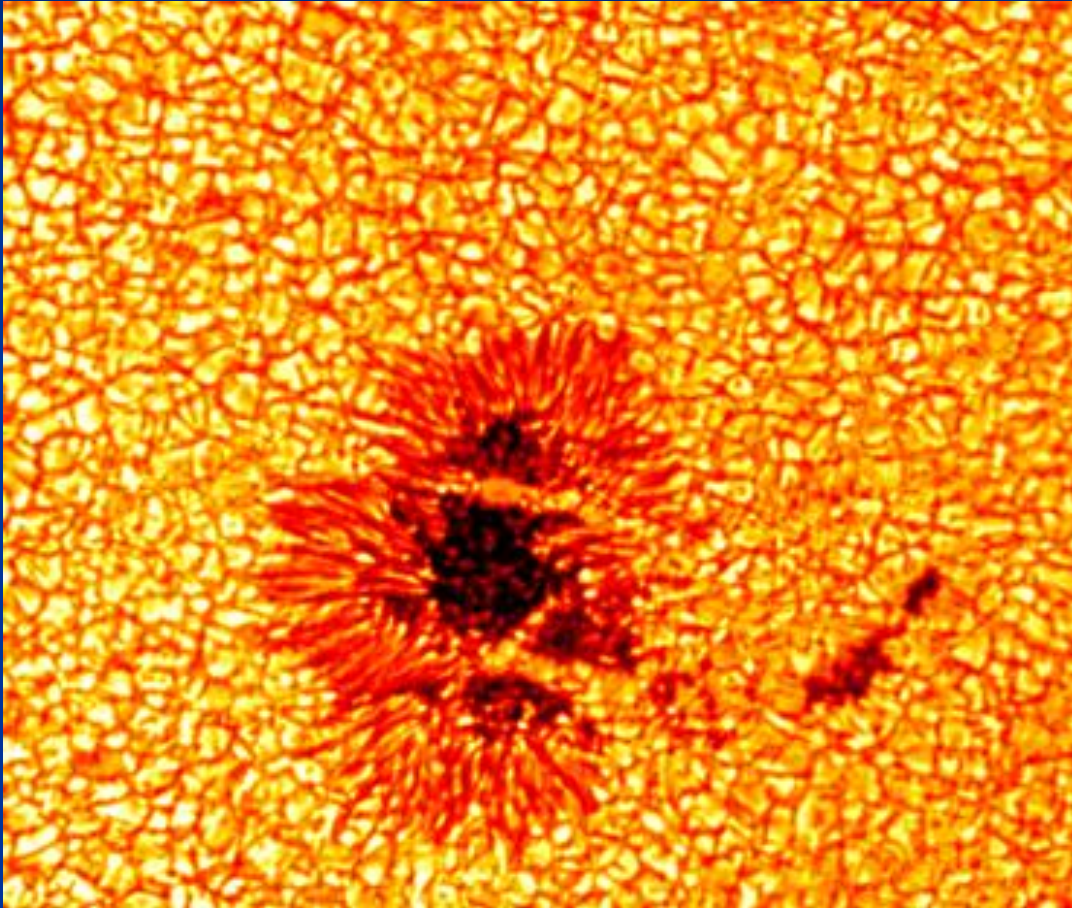
Structure of the Sun - Cấu trúc Mặt Trời



- Core: Lõi
15 million K - 15 triệu K
- Radiative zone: Vùng bức xạ
8 million K - 8 triệu K
- Convective zone: Vùng đối lưu
500 000 K

There is convection (movement of matter) in the outer layers of the Sun. Vùng phía ngoài Mặt trời gọi là vùng đối lưu

Structure of the Sun - Cấu trúc Mặt Trời



- Photosphere: Quang Cầu

6 400 – 4 200 K

It is the “surface” of the Sun. Gọi là “bề mặt” của Mặt trời

Contains granules of -
Kích thước khoảng
~1 000 km size

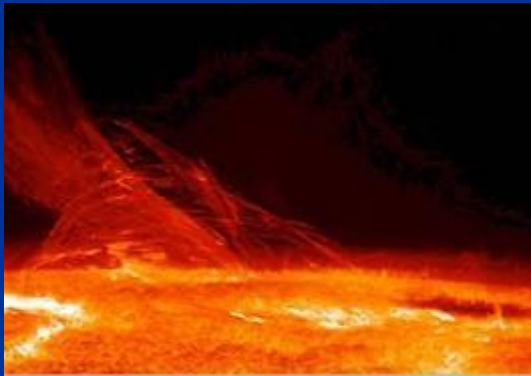


Structure of the Sun - Cấu trúc Mặt

Trời



- Chromosphere: “burning prairie” of 4 200 to 1 000 000 K. There are prominences and flares. Thiên sắc cầu: “thảo nguyên cháy” từ 4 200 đến 1 000 000 K. Có các điểm nổi bật và các đốm sáng.



Structure of the Sun - Cấu trúc Mặt

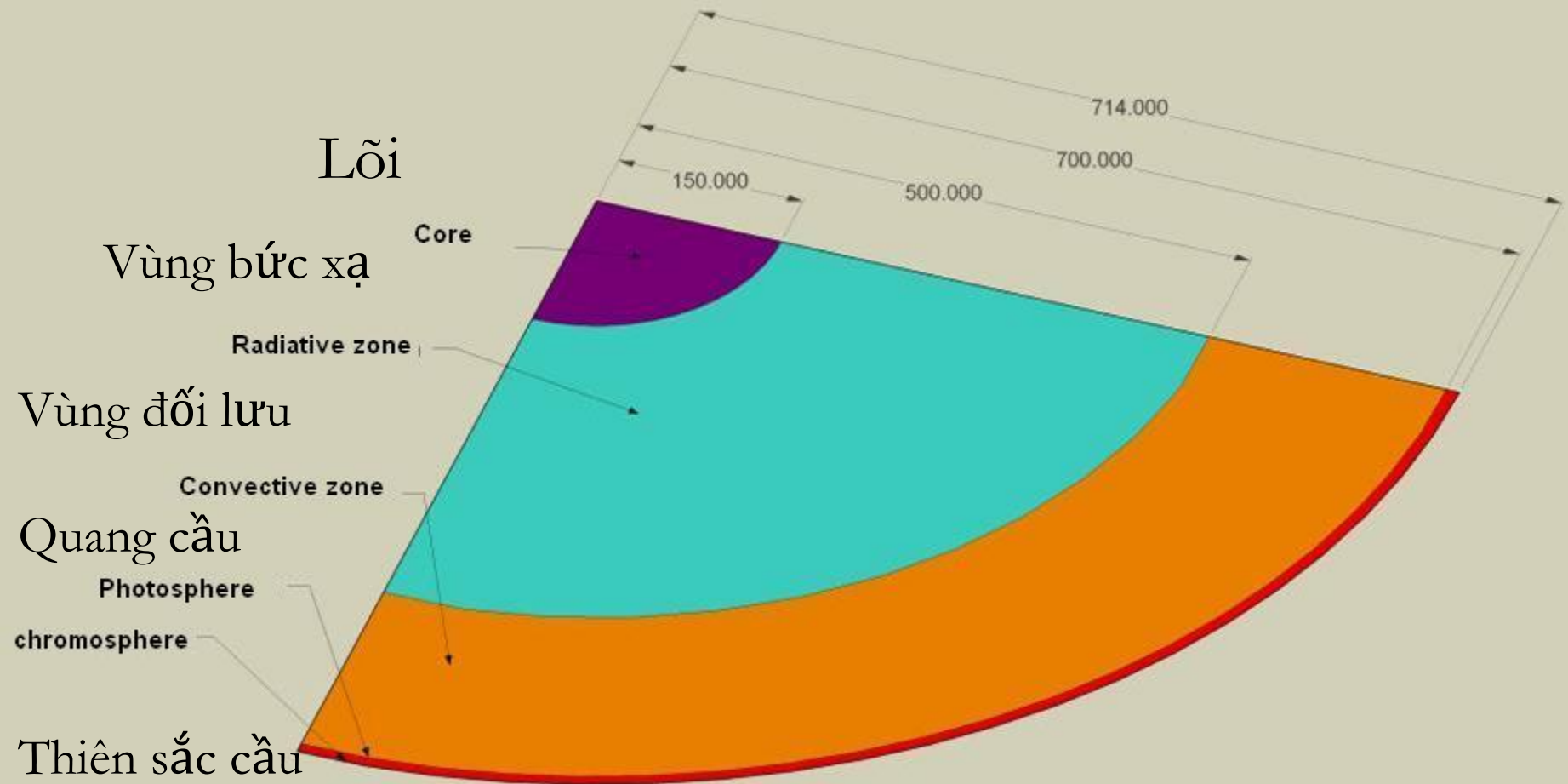
Trời

Corona: the solar wind, 1 to 2 000 000 K.

- Vòng nhật quang: Gió Mặt trời, 1 - 2 triệu K
- Only seen in eclipses or with a special instrument (a coronagraph).
- Chỉ nhìn thấy khi có nhật thực bằng thiết bị (Kính nhật quang)



Structure of the Sun - Cấu trúc Mặt Trời



Activity 3: Solar Structure

Hoạt động 3: Cấu trúc Mặt trời

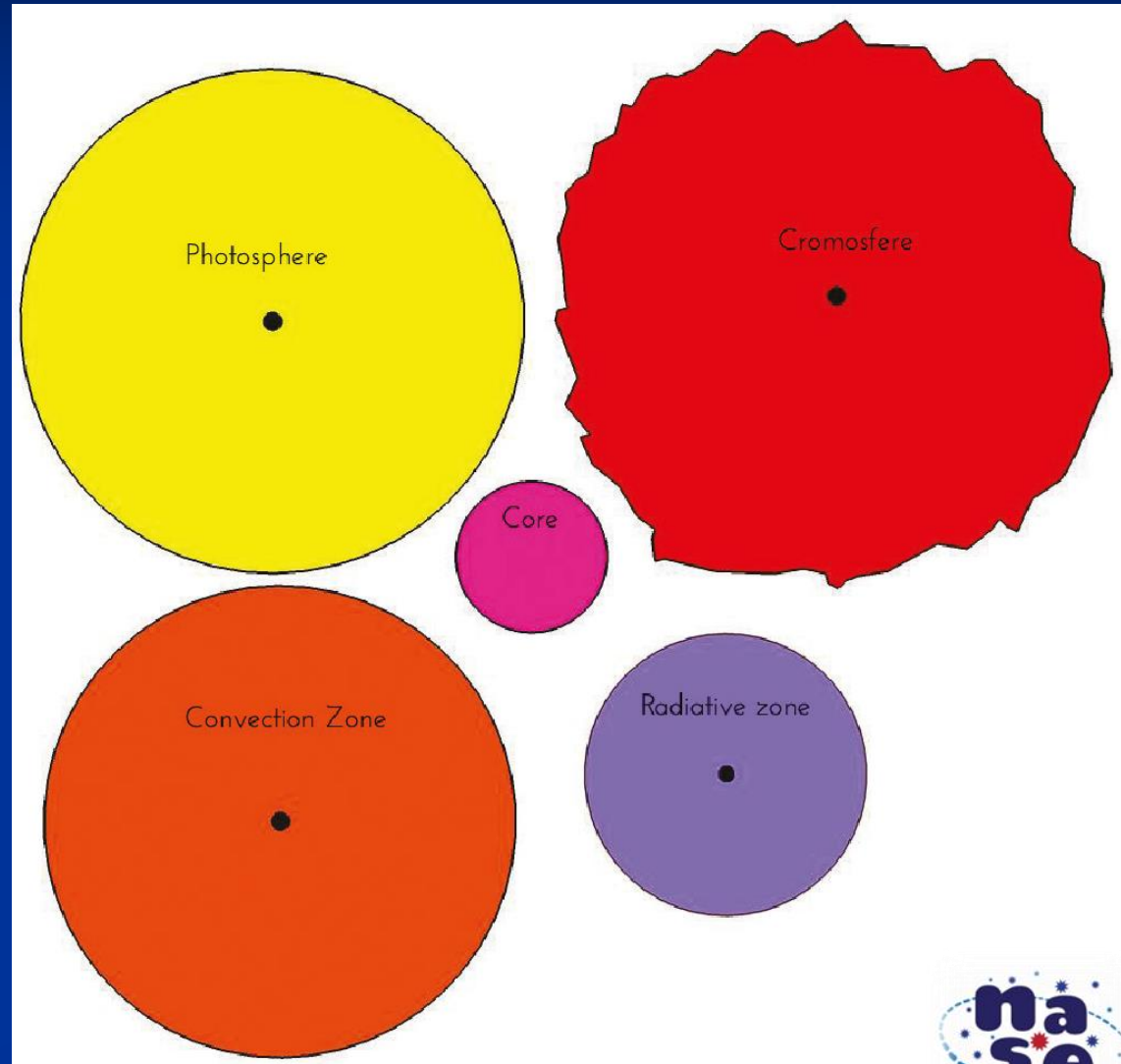
Make a simple model of the layers of the Sun.
Làm mô hình các lớp của Mặt trời

The goal is to cut out the different shapes.

Mục đích: tạo các hình dạng khác nhau

They can be cut from different coloured pieces of paper or be painted.

Chúng ta cắt các hình có màu khác nhau từ giấy hoặc vẽ lên



Activity 3: Solar Structure

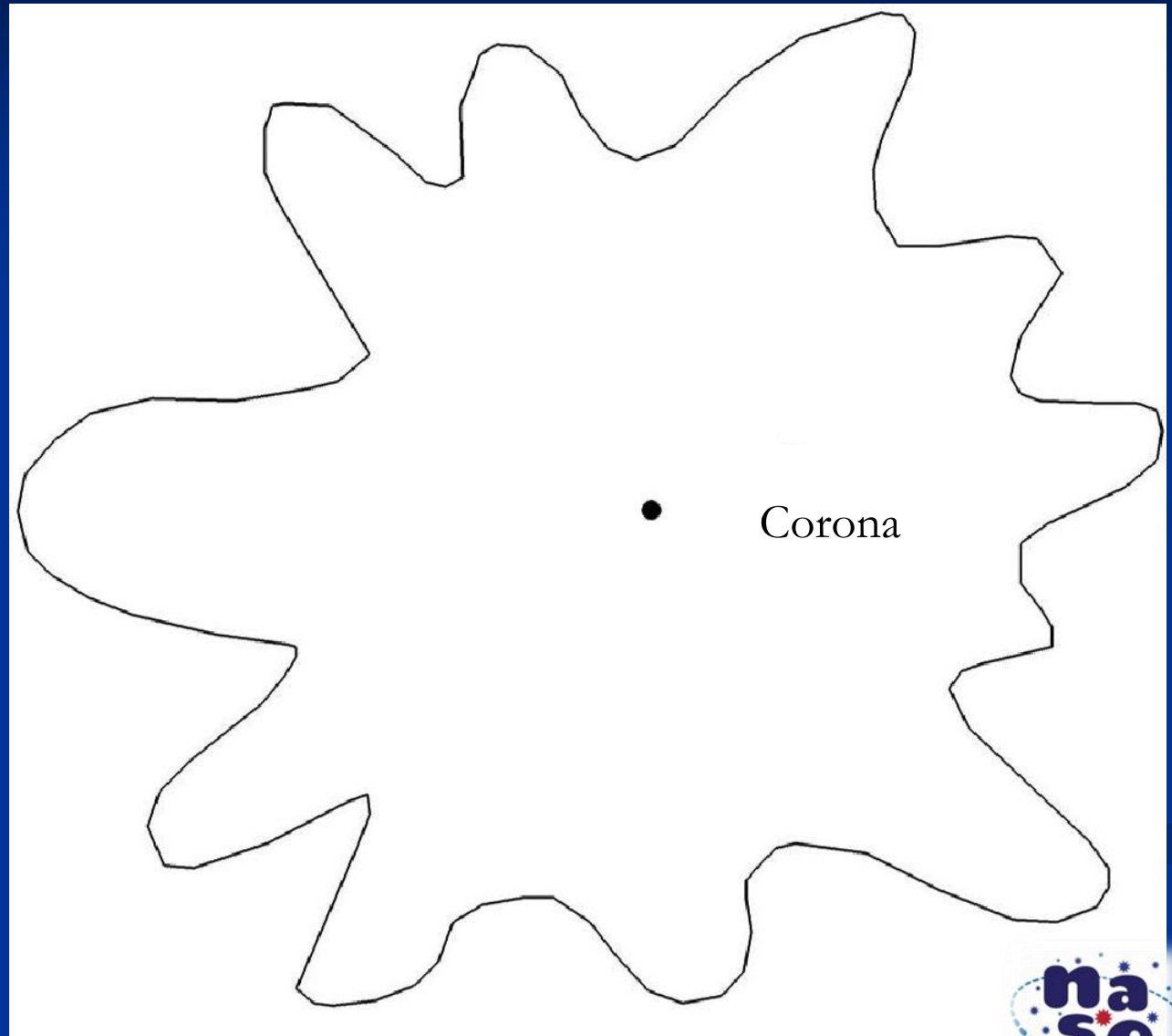
Hoạt động 3: Cấu trúc Mặt trời

The Corona can
made of OHP film.

Vòng nhật quang
có thể làm bằng
tấm trong suốt.

Finally you can
paste one above
each other in the
correct order.

Cuối cùng đặt các
tấm chồng lên
nhau theo đúng
thứ tự.



Activity 3: Solar Structure

Hoạt động 3: Cấu trúc Mặt trời



Sunspots - Vết đen Mặt trời

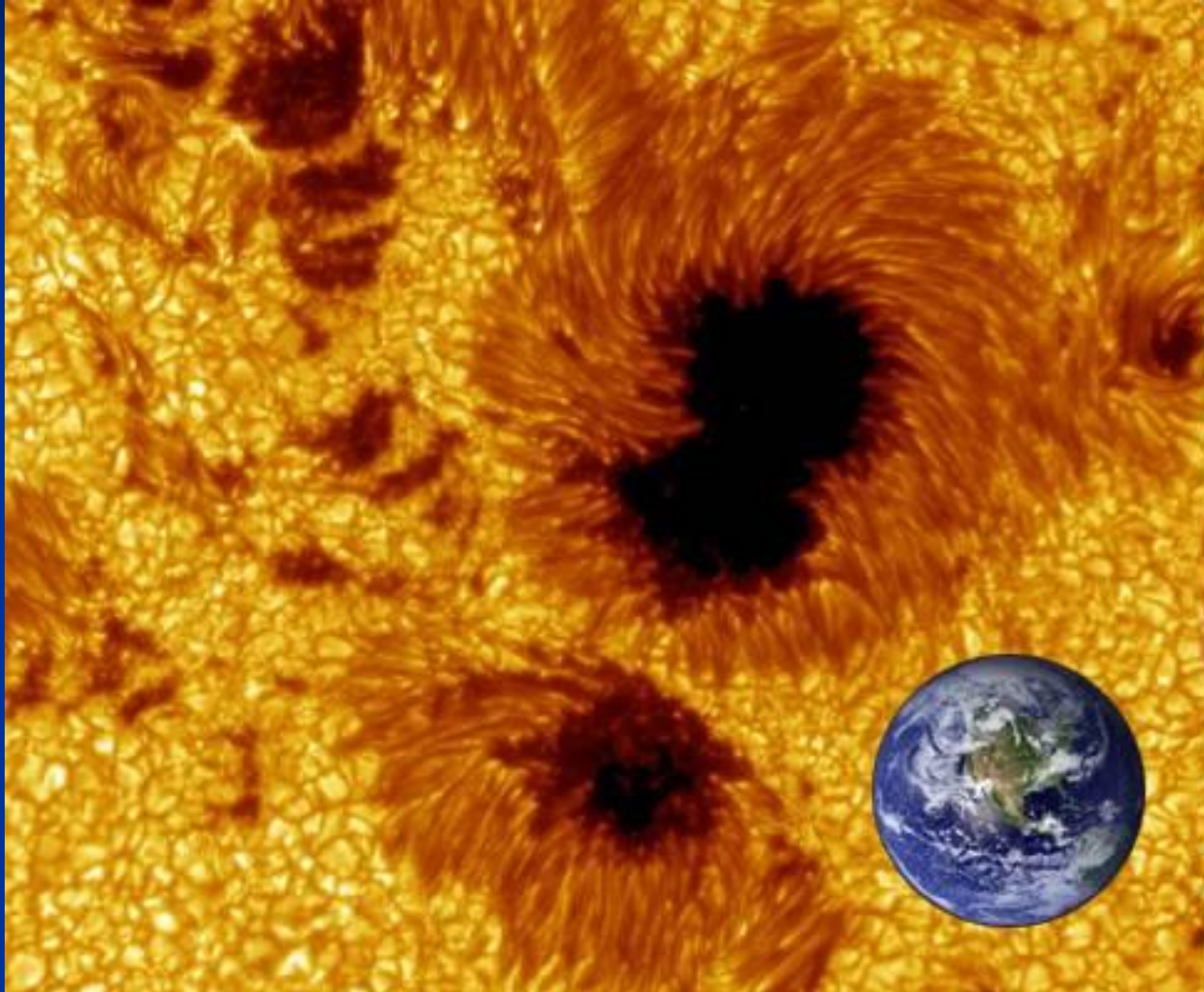
- Dark spots on the photosphere that are $\sim 4\,200\text{ K}$ instead of $6\,000\text{ K}$.

Vết đen nằm trên quang cầu với nhiệt độ 4200 lên 6000 K

- Each sunspot has two regions: Umbra (central area) and Penumbra (outer area).
- Mỗi vết đen có 2 vùng: Umbra (trung tâm) và Penumbra (bên ngoài)



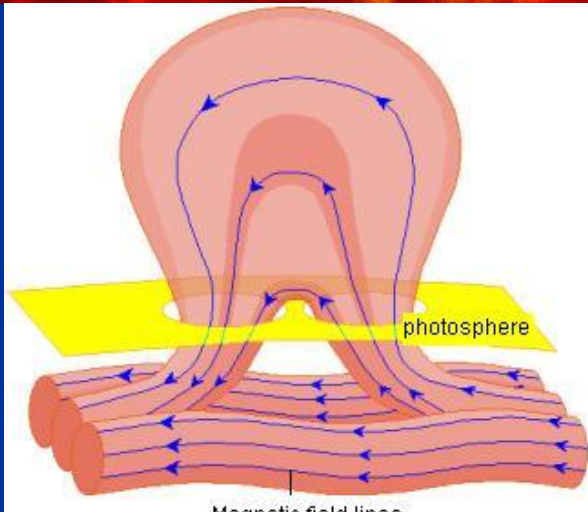
Sunspots - Vết đen Mặt trời



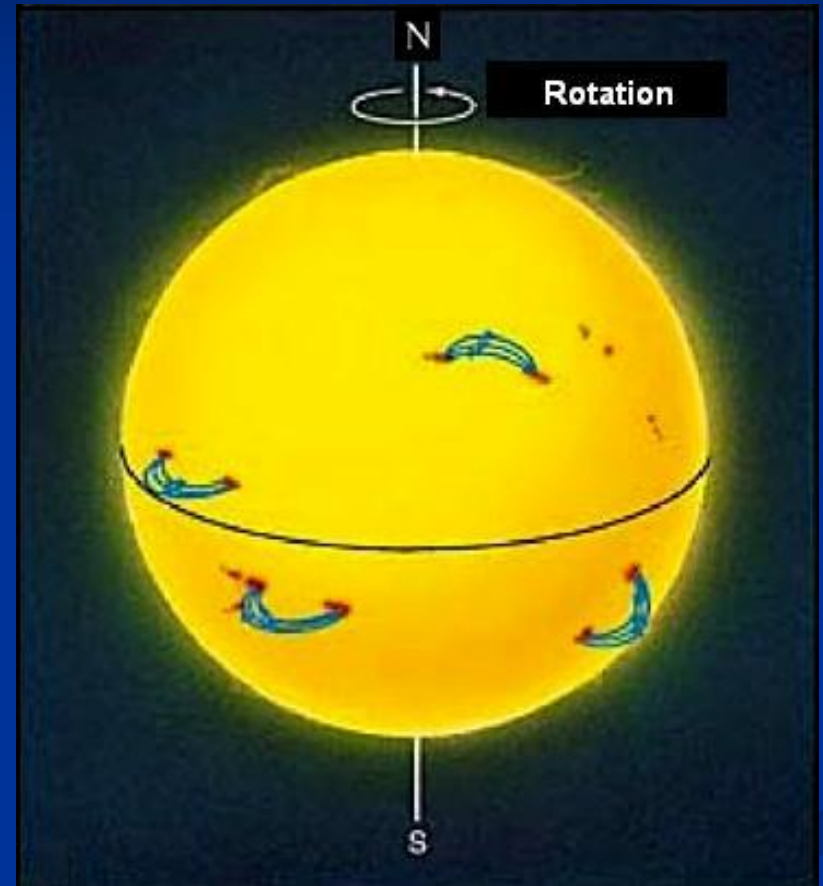
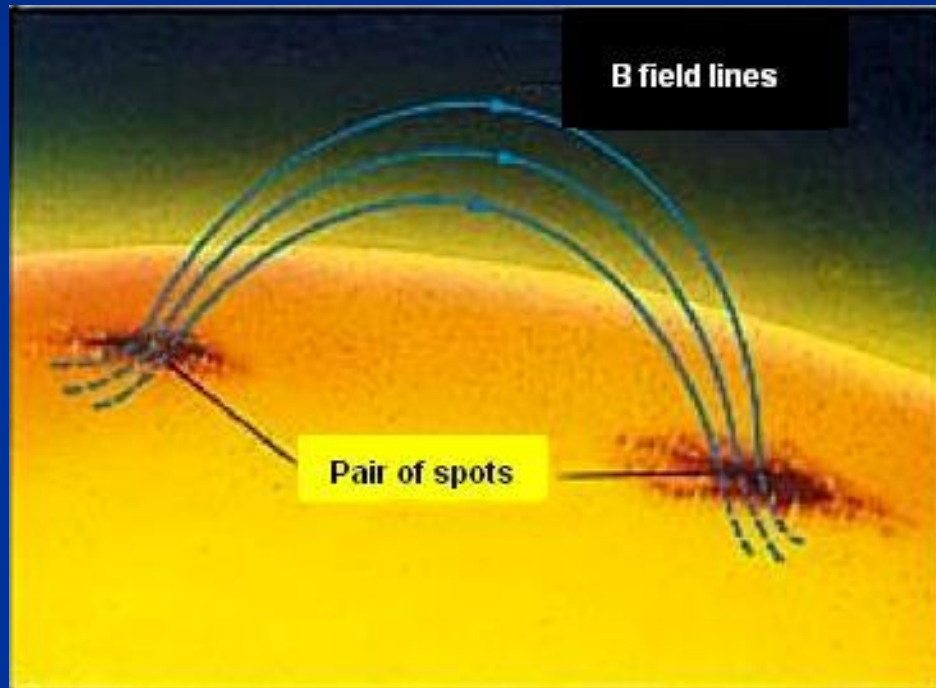
Sunspots - Vết đen Mặt trời



- There are strong magnetic fields in them.
- Vết đen có từ trường rất lớn
- They are caused by the outburst of lines of magnetic field. Here is a loop rising from the interior.
- Chúng tạo ra bởi sự bùng nổ của các đường sức từ. Đây là một vòng lặp đi lên từ bên trong.

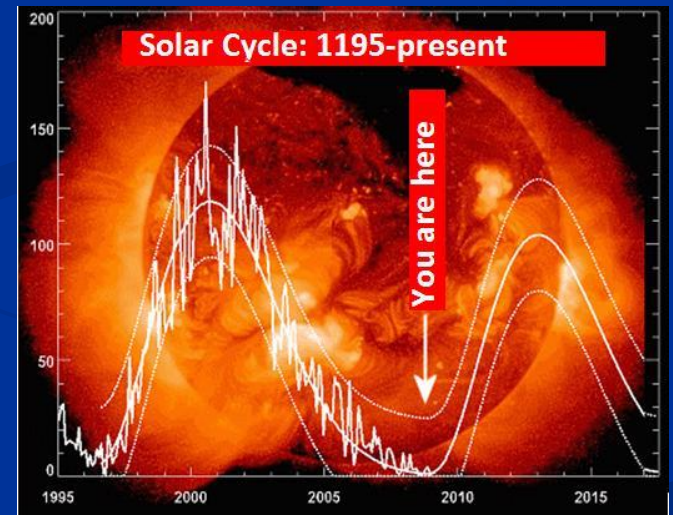
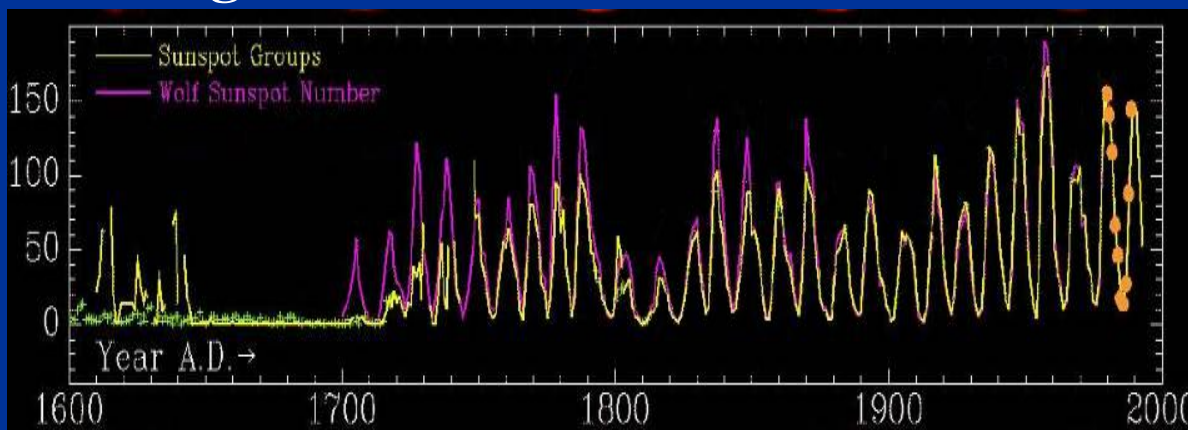


Sunspots - Vết đen Mặt trời



Sunspots - Vết đen Mặt trời

- The number of sunspots indicates the “solar activity”
- Số lượng vết đen là chỉ số “hoạt động Mặt trời”
- The Wolf Number = $10G + F$
- Số Wolf = $10G + F$
(G = groups - nhóm; F = total number of sunspots - tổng số vết đen)
- There is an 11-year sunspot cycle.
- Vòng đời của vết đen là 11 năm



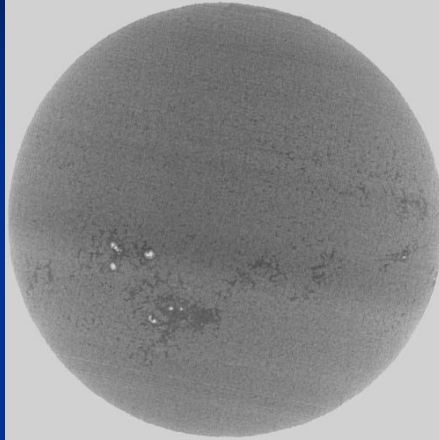
In 2008 there was a minimum of Sun's activity that lasted longer than usual.

Năm 2018 hoạt động Mặt trời ở mức thấp nhất và kéo dài hơn

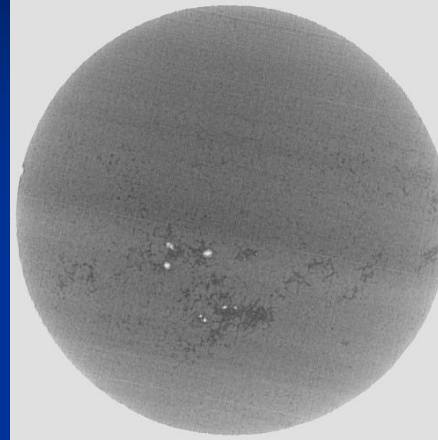
Sunspots: Solar Rotation

Vết đen: Sự quay Mặt trời

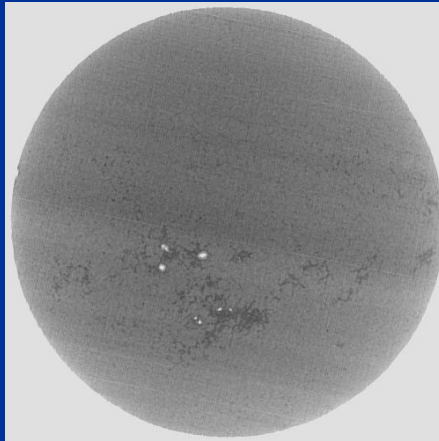
November 21 1992



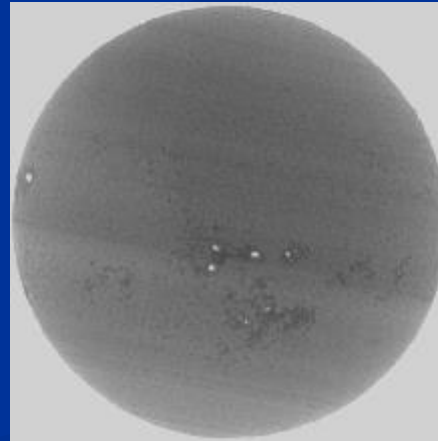
November 22 1992



November 23 1992



November 24 1992



Credit for images: Astronomical Observatory of the University of Coimbra



Sunspots: Solar Rotation

Vết đen: Sự quay Mặt trời



- Sunspots can be used to measure the solar rotation.
- Có thể đo sự quay của Mặt trời qua vết đen
- Galileo was one of the first who saw Sunspots using a telescope. He used them to measure the period of solar rotation.
- Gallileo là người đầu tiên thấy vết đen bằng kính thiên văn và dựa vào đó để tính chu kì quay Mặt trời
- Different rotation periods: from 25 days at equator to 38 days at the poles.
- Chu kì quay khác nhau từ 25 ngày ở xích đạo đến 38 ngày ở cực

Activity 4: Determining the Sun's rotation period

Hoạt động 4: Xác định chu kì quay của Mặt trời

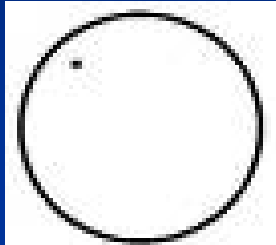
- Observations of the Sun should always be done by projection with a telescope or binoculars. Never directly.
- Khi quan sát Mặt trời luôn phải xem qua hình chiếu bằng kính thiên văn hoặc ống nhòm. Cấm tuyệt đối không nhìn trực tiếp.



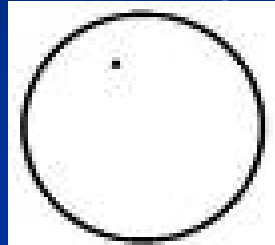
Activity 4: Determining the Sun's rotation period

Hoạt động 4: Xác định chu kì quay của Mặt trời

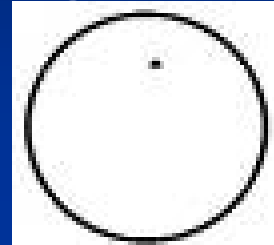
- Sunspots are drawn for several days during the time t (in days).
- Vết đen được vẽ theo thời gian ngày



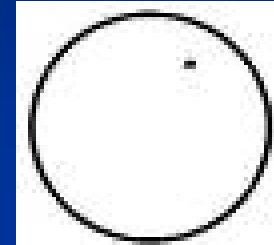
Day - ngày 1



Day 4

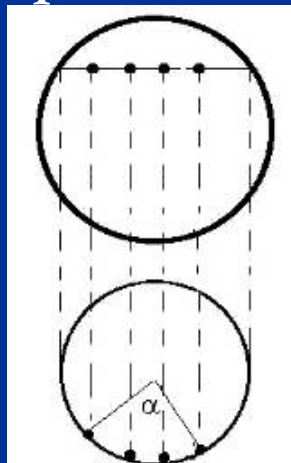


Day 6

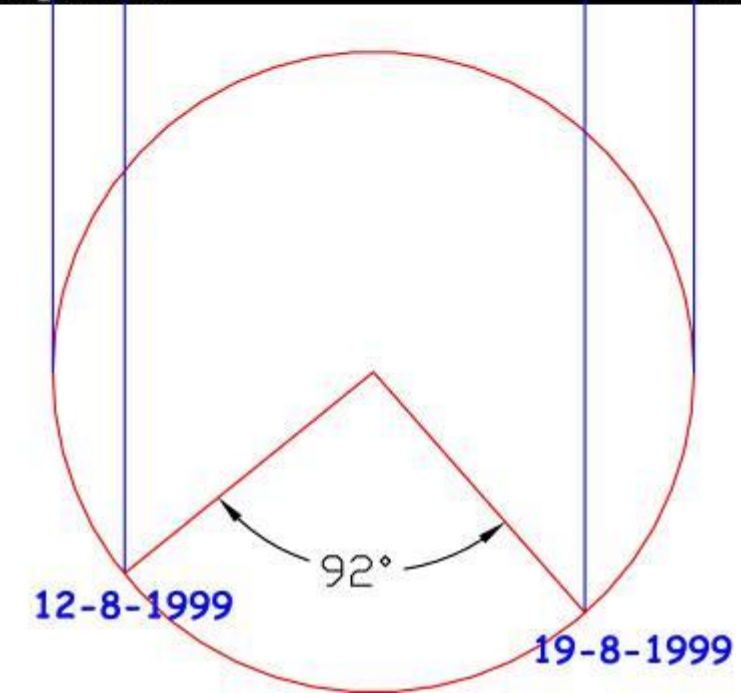
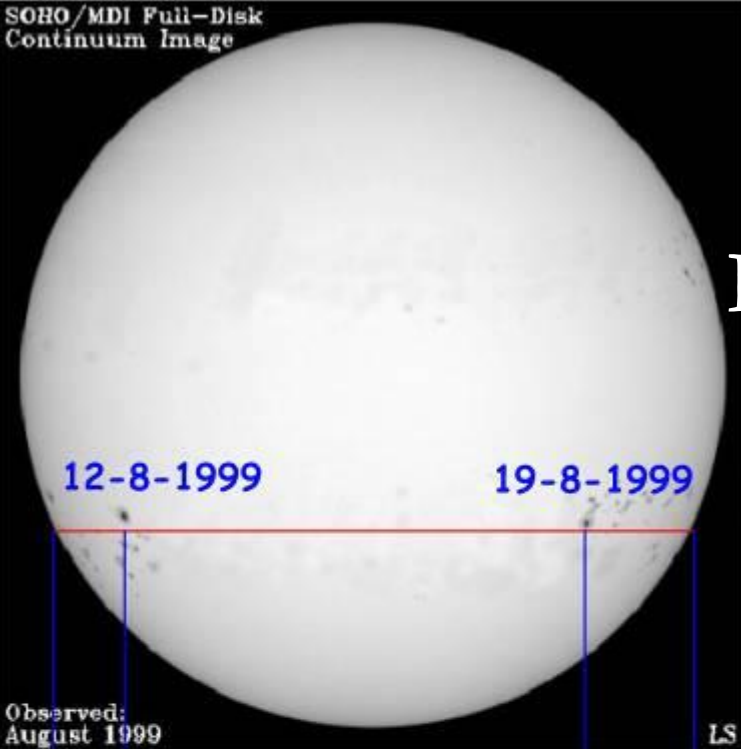


Day 8

- Draw the path, the circumference and the angle α . Then the period T can be calculated in days. Chu kì T của Mặt trời được tính theo chu vi và góc alpha



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



Activity 4: Determining the Sun's rotation period

Hoạt động 4: Xác định chu kì quay của Mặt trời

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

Solar Radiation - Bức xạ Mặt trời

- The Sun is a large nuclear reactor producing photons, each with a frequency (colour) and an energy of $E = h\nu$
- Mặt trời là lò phản ứng hạt nhân khổng lồ sản sinh ra photons, mỗi tần số (màu) có năng lượng $E = h\nu$
- The brightness (power in watts) of the Sun is enormous: every second it emits the equivalent of trillions of atomic bombs.
- Độ sáng (công suất W) của Mặt trời là vô cùng lớn: Mỗi giây nó phát ra năng lượng tương ứng với tỉ tỉ quả bom nguyên tử
- That energy is transmitted through space like a bubble getting bigger and bigger with time.
- Năng lượng này truyền qua không gian, giống bong bóng sẽ to dần theo thời gian
- The surface area of the bubble is $4\pi R^2$.
- Diện tích bề mặt của bong bóng: $4\pi R^2$.
- At a distance R from the Sun, the energy that arrives every second in an area of 1 m^2 is: (where P is the total power of the Sun)
- Ở khoảng cách R từ Mặt trời, năng lượng truyền đến trong mỗi giây trên m^2 trong đó P là tổng công suất Mặt trời

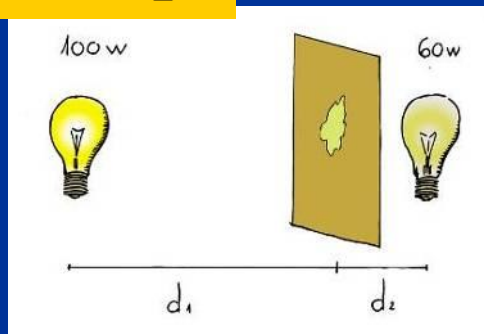
$$\frac{P}{4\pi R^2}$$

Activity 5: Measure Sun's luminosity

Hoạt động 5: Đo độ sáng Mặt trời

- The transmitted energy depends on the inverse of the square distance. If we know the distance from the Sun, we can calculate its power. Năng lượng truyền đi tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách. Nếu biết khoảng cách đến Mặt trời, chúng ta tính được năng lượng.
- We make an oil-spot photometer. When the light from both sides of the paper is equal, the spot is not visible; that is, the same energy arrives from each side. Then: - Làm máy đo ánh sáng giọt dầu. Khi ánh sáng đến từ 2 phía bằng nhau ta sẽ không thấy giọt dầu vì năng lượng đến từ 2 phía cân bằng nhau:

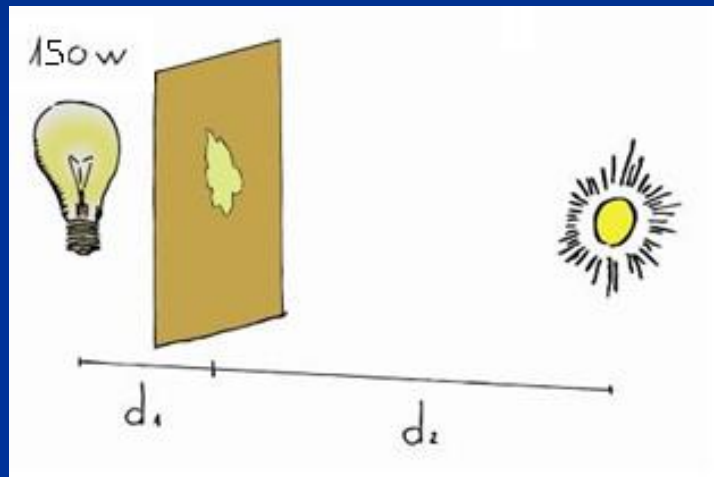
$$\frac{P_1}{4 \cdot \pi \cdot d_1^2} = \frac{P_2}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2}$$



Activity 5: Measure Sun's luminosity

Hoạt động 5: Đo độ sáng Mặt trời

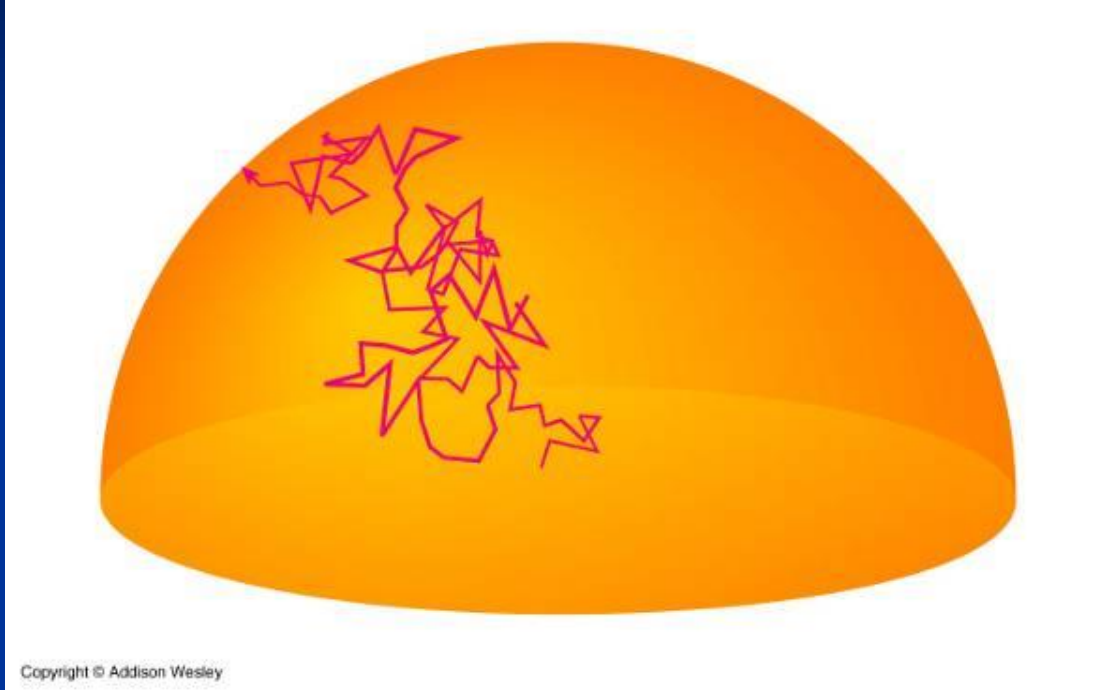
We compare a bulb of 150 W with the Sun, which is at 150 million km (1.5×10^{11} m), and we measure P. So sánh bóng đèn 150W với Mặt trời ở khoảng cách (1.5×10^{11} m), sau đó tính được P



• The luminosity of the Sun is approximately 3.8×10^{26} W

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

Solar Spectrum: Opacity-Quang phổ Mặt trời: Độ mờ



Photons are produced in the innermost part of the Sun and interact with the very dense material in that area. A photon produced in the Sun's core takes up to 1 million years to reach the photosphere.

Photon sinh ra ở lớp trong của Mặt trời và tương tác với vùng có mật độ rất cao. Một photon ở tâm cần 1 triệu năm để đến được lớp quang cầu.

Solar Spectrum: Opacity-Quang phổ Mặt trời: Độ mờ

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

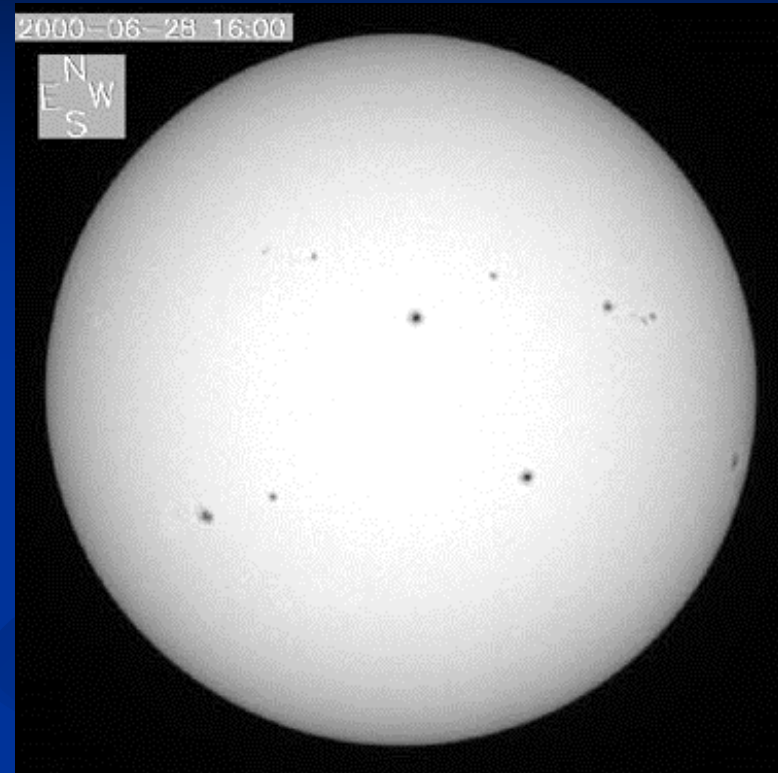
Các lớp bên trong Mặt trời rất mờ (rất nhiều tương tác giống trong vật rắn)

The outer parts are transparent.

Lớp ngoài trong suốt

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

Bằng chứng: Tối lại ở mép - ở rìa Mặt trời tối hơn vì nó trong suốt.

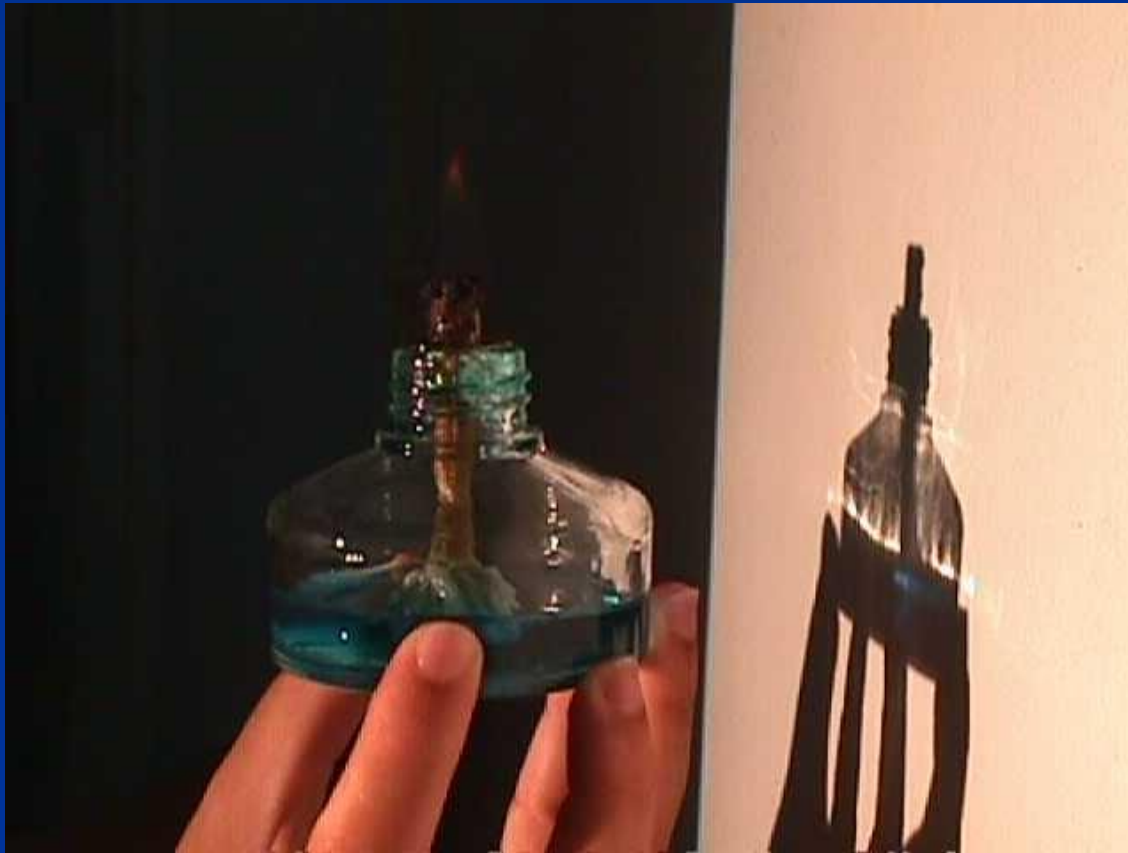


Activity 6: Transparency and opacity

Hoạt động 6: Trong suốt và mờ

Transparent is not the same as invisible!

Trong suốt không có nghĩa là không nhìn thấy



Spectrum: Phổ



Fuente: Deutsche Bundespost 1993



In 1701, Newton used a prism and decomposed Sunlight into its colours.

Năm 1701, Newton đã dùng lăng kính tách ánh sáng Mặt trời thành các màu

Any light can be decomposed with a prism or a diffraction grating.
The results is a spectrum.

Mọi ánh sáng đều có thể bị tách khi qua lăng kính hoặc cách tử nhiễu xạ. Kết quả là ta được Phổ ánh sáng



Kirchhoff's and Bunsen's Laws

Định luật Kirchhoff và Bunsen

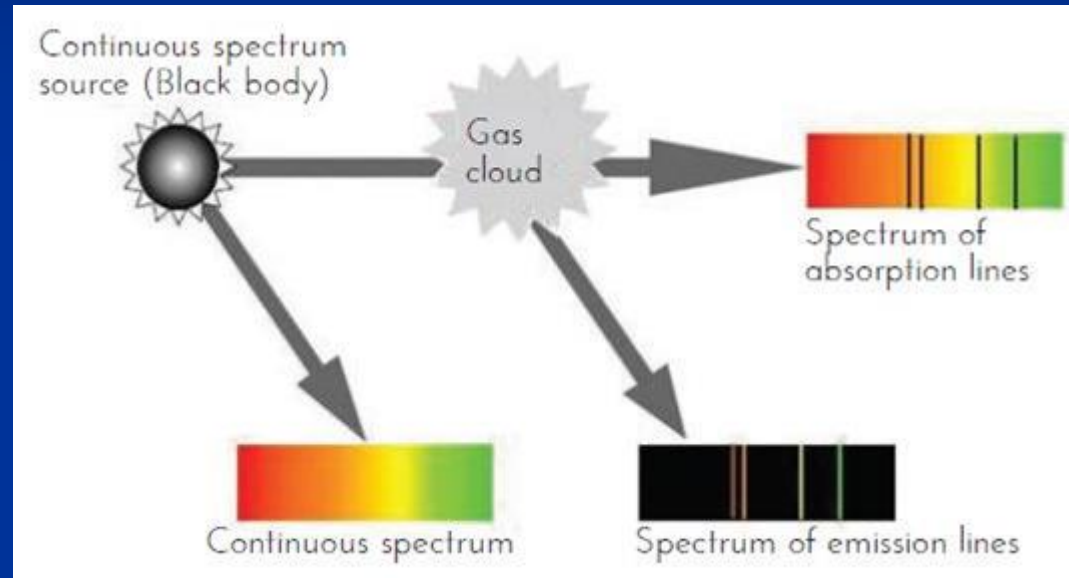
1st Law - An incandescent solid object produces light with a continuous spectrum. **Định luật 1** - Một vật rắn nóng sáng phát ra ánh sáng với một quang phổ liên tục.

2nd Law - A hot tenuous gas produces light only at certain wavelengths, which depend on that gas's chemical composition.

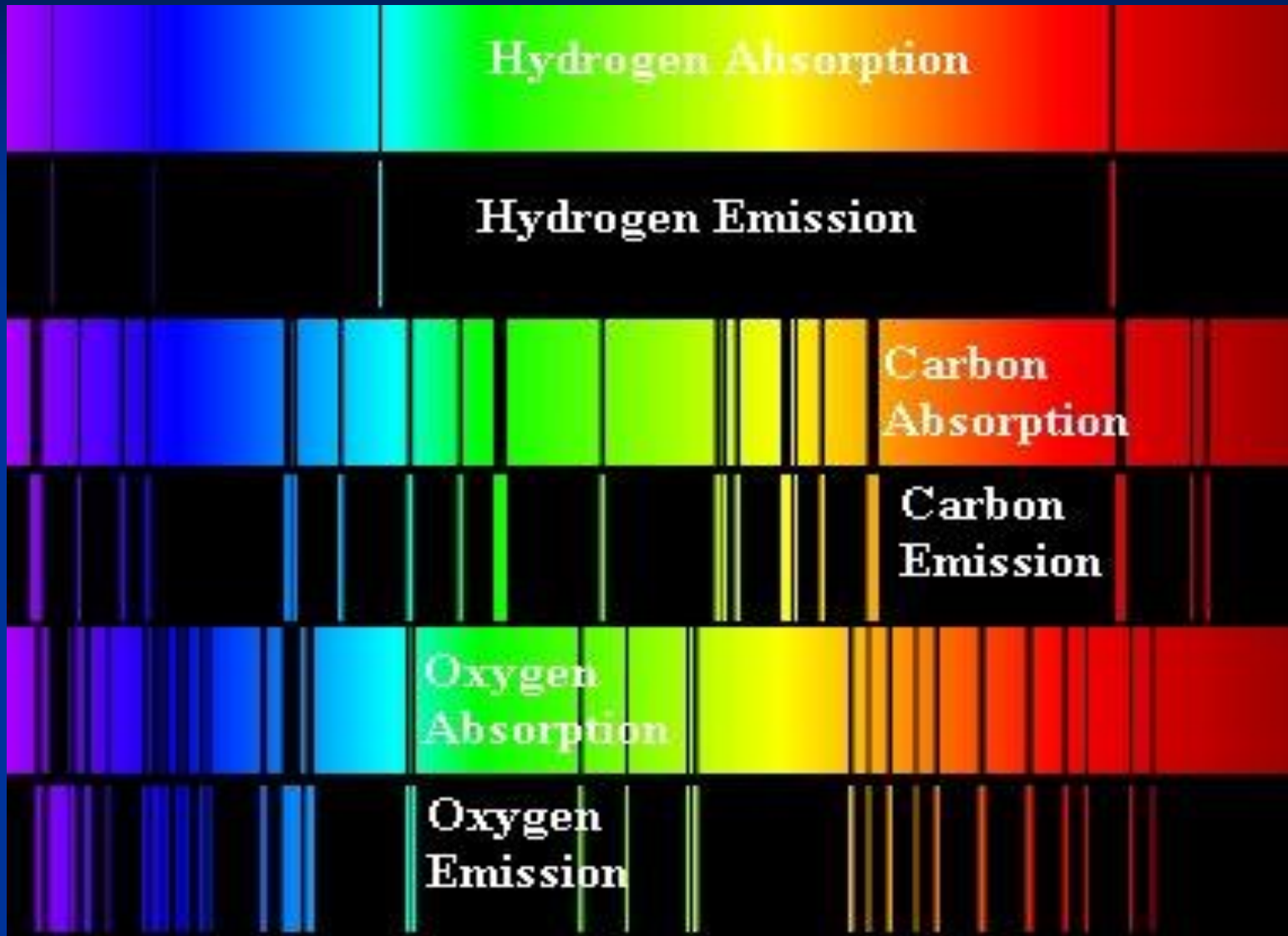
Định luật thứ 2 - Một chất khí nóng liên tục chỉ phát ra ánh sáng ở các bước sóng nhất định, các bước sóng này phụ thuộc vào thành phần hóa học của khí đó.

3rd Law - A incandescent solid object surrounded by a low-pressure gas produces a continuous spectrum with gaps at wavelengths whose positions corresponds to those of 2nd law.

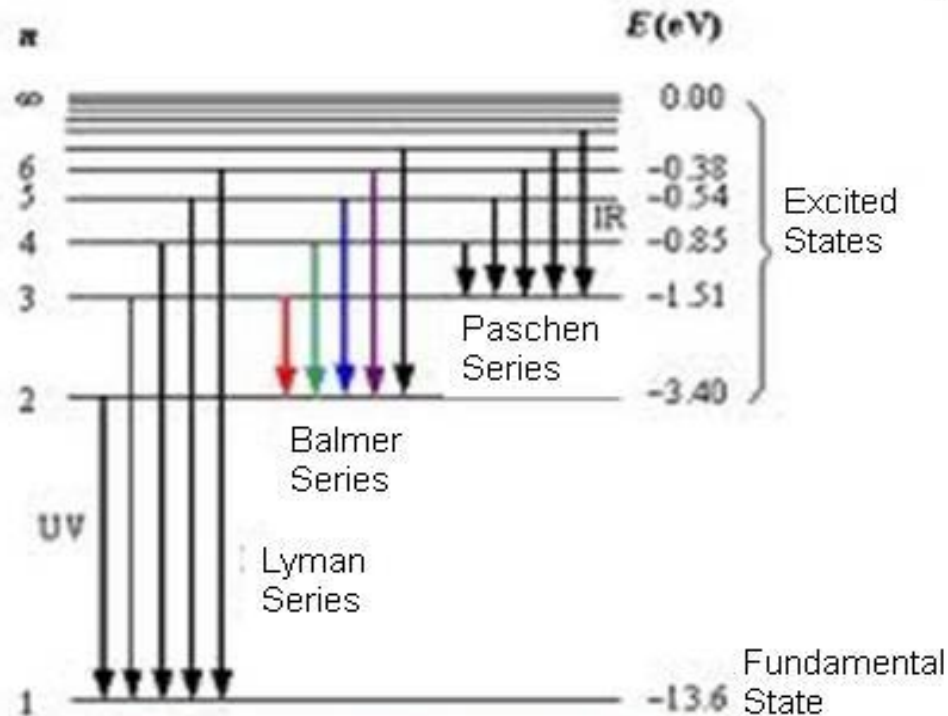
Định luật thứ 3 - Một vật rắn nóng sáng được bao quanh bởi một chất khí áp suất thấp tạo ra một quang phổ liên tục với những khoảng trống ở bước sóng mà vị trí của chúng tương ứng với những vị trí của định luật thứ 2.



Spectrum - Quang phổ



Spectrum - Quang phổ



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

Emission and absorption lines form due to electron jumps between two quantized energy levels.

Vạch phát xạ và hấp thụ là do electron nhảy từ các mức năng lượng khác nhau



Solar spectrum: Absorption Spectrum

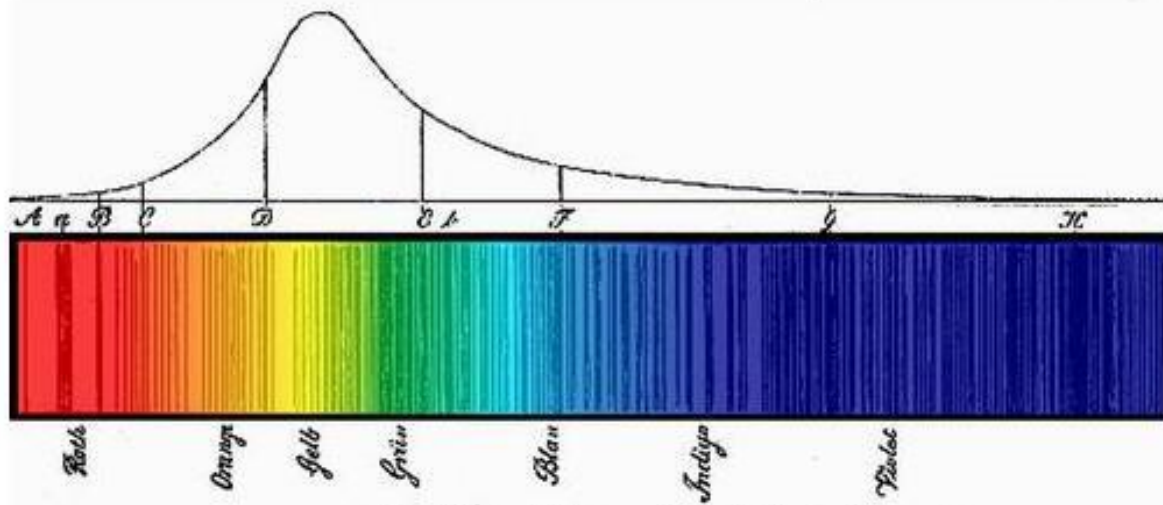
Phổ Mặt trời: Phổ hấp thụ

In 1802, William Wollaston observed black lines in the solar spectrum.

Năm 1802, William Wollaston quan sát được đường màu đen trong phổ Mặt trời

In 1814, Joseph Fraunhofer systematically studied the spectrum of the Sun and detected about 700 dark lines.

Năm 1814 Joseph Fraunhofer nghiên cứu một cách hệ thống phổ Mặt trời và phát hiện 700 vạch tối.



Zu Fraunhofer's Abh. Denkschr. 1814-15.

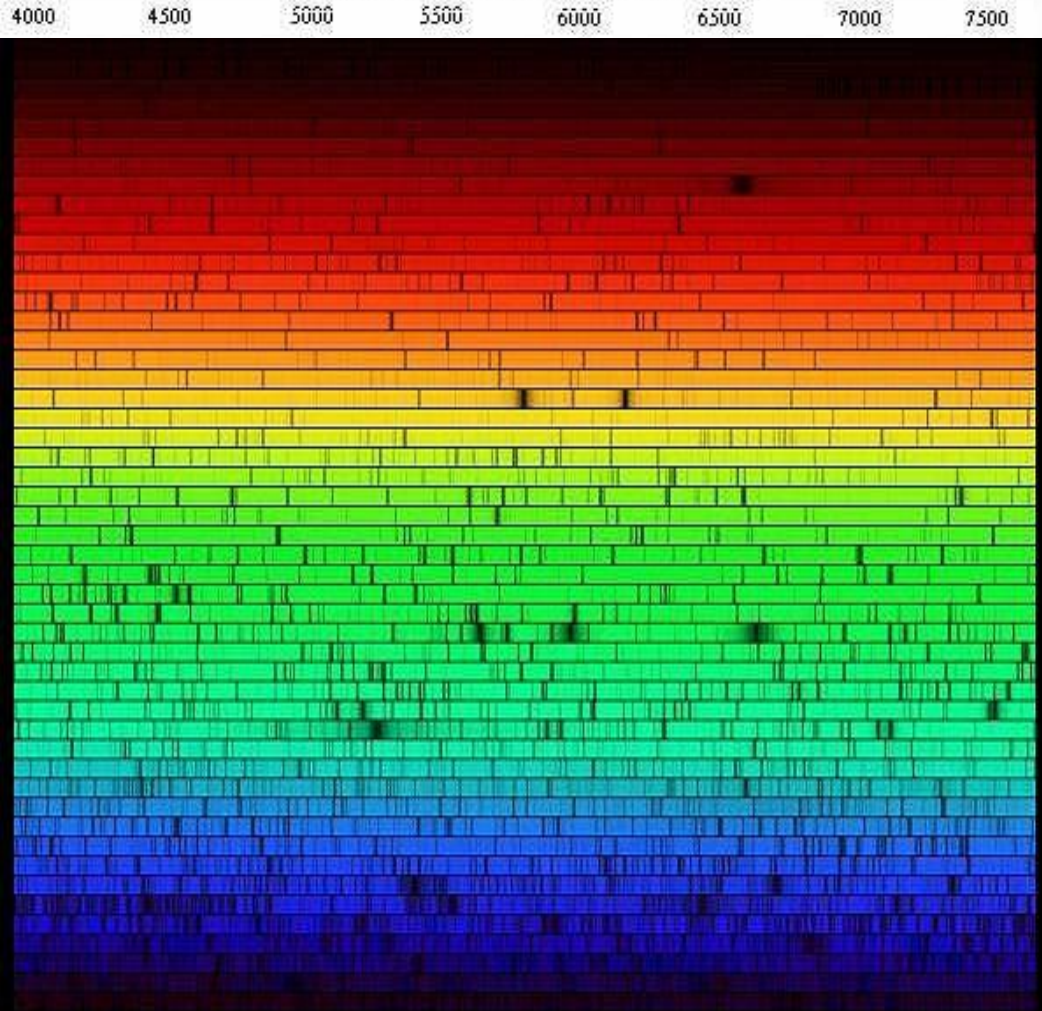
Joseph Fraunhofer
1787-1826



Solar spectrum: Absorption Spectrum

Phổ Mặt trời: Phổ hấp thụ

Wavelength-Longueur d'onde (angstrom)



- The dark lines appear due to the presence of cooler gases just above the surface of the Sun.
- Vạch tối xuất hiện do sự có mặt của các khí lạnh hơn trên bề mặt Mặt trời
- We can know of what the Sun is made of without probing inside.
- Chúng ta biết Mặt trời được cấu thành từ chất gì mà không cần đi vào trong.
- Today, high definition spectra show many more lines.
- Ngày nay, phổ độ phân giải cao còn cho thấy nhiều vạch hơn nữa



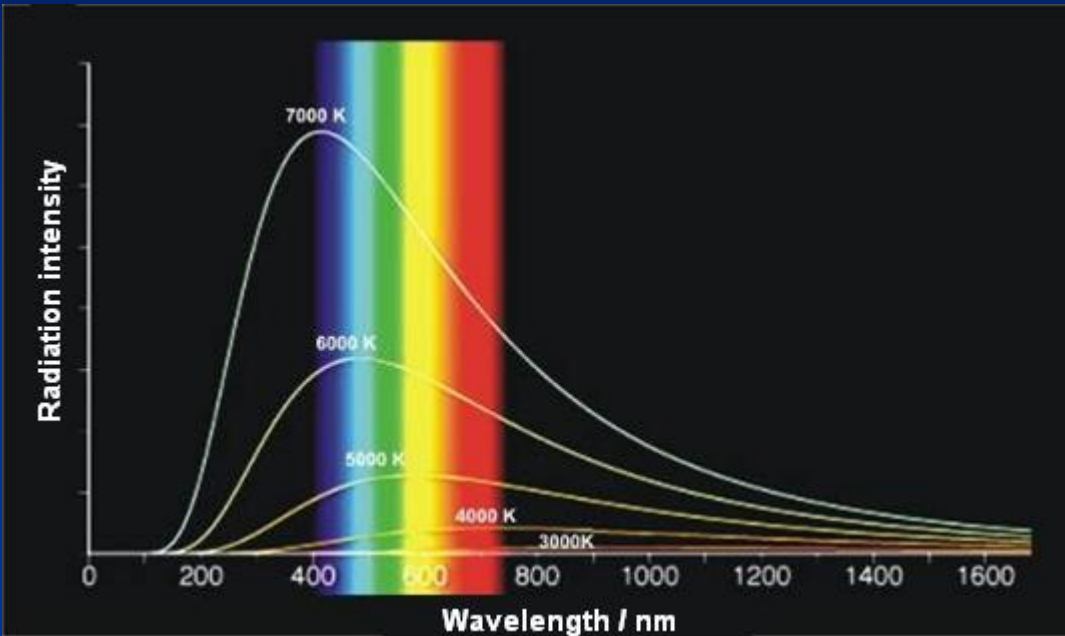
Black body radiation- Bức xạ vật đen



As the iron warms up in the furnace, the light it emits changes colour as follows:
Khi sắt nung nóng trong lò, ánh sáng phát ra có màu:

- Red - đỏ
- Yellow - vàng
- White - trắng
- Bluish - xanh nhạt

Black body radiation- Bức xạ vật đen



By studying the radiation of a distant object, we can measure its temperature without having to go there.

Nghiên cứu bức xạ của một vật ở xa ta có thể biết nhiệt độ của chúng mà không cần đến tận nơi

Any “black body” when heated emits light at many wavelengths.

There is $\lambda_{\max}$ at which the energy is maximum. This $\lambda_{\max}$ depends on the temperature T :

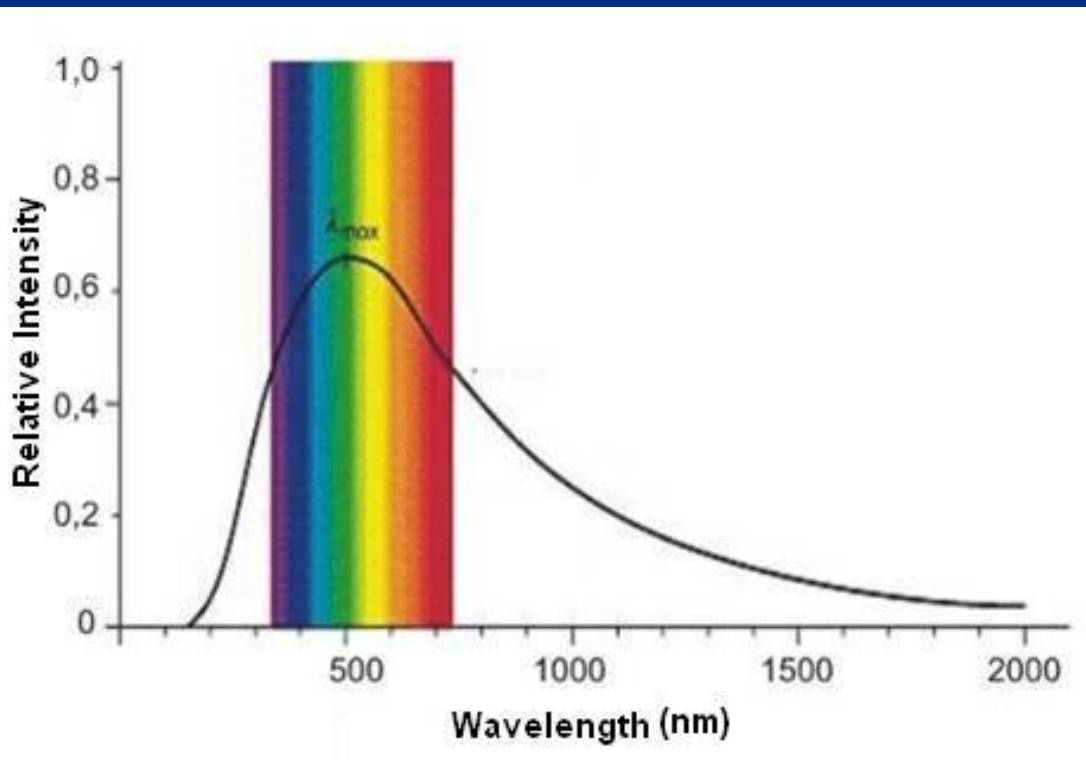
Khi “vật đen” bị nóng nó phát ánh sáng với nhiều bước sóng, giá trị bước sóng $\lambda_{\max}$ tại năng lượng lớn nhất. Sự phụ thuộc của bước sóng vào nhiệt độ tuân theo định luật Wien như sau:

Wien’s Law

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



Black body radiation- Bức xạ vật đen



The Sun has a λ_{max} of 500 nm.

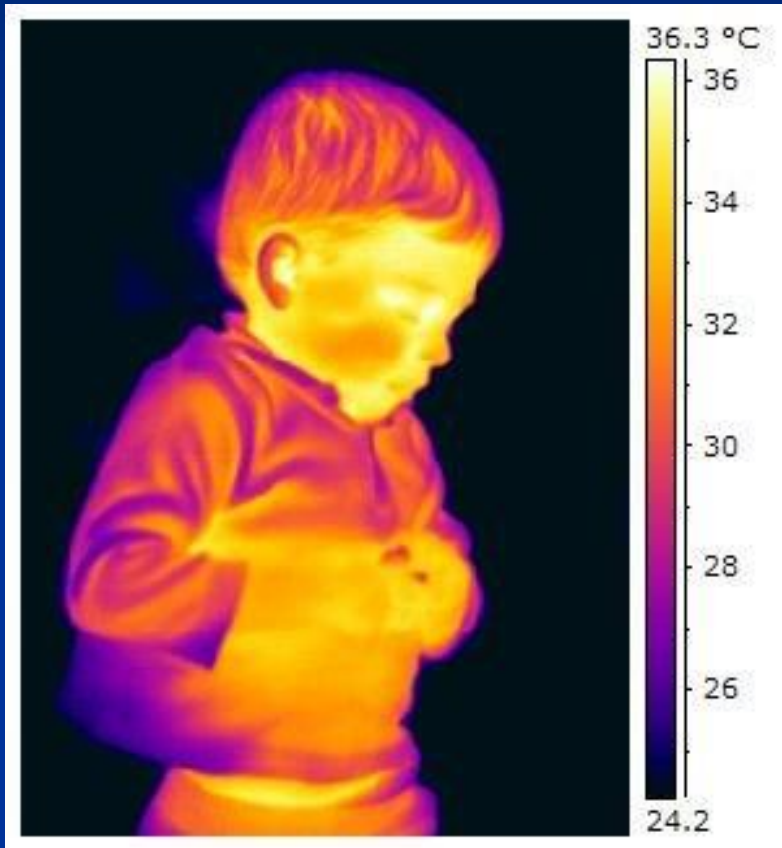
Mặt trời có $\lambda_{max} = 500$ nm.

This means that its surface temperature is 5,800 K.

Nghĩa là nhiệt độ bề mặt của Mặt trời là 5800 K



Black body radiation- Bức xạ vật đen



The human body has a temperature of
Nhiệt độ cơ thể người là:

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

A human body emits most energy at $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$. This is in the far infrared.

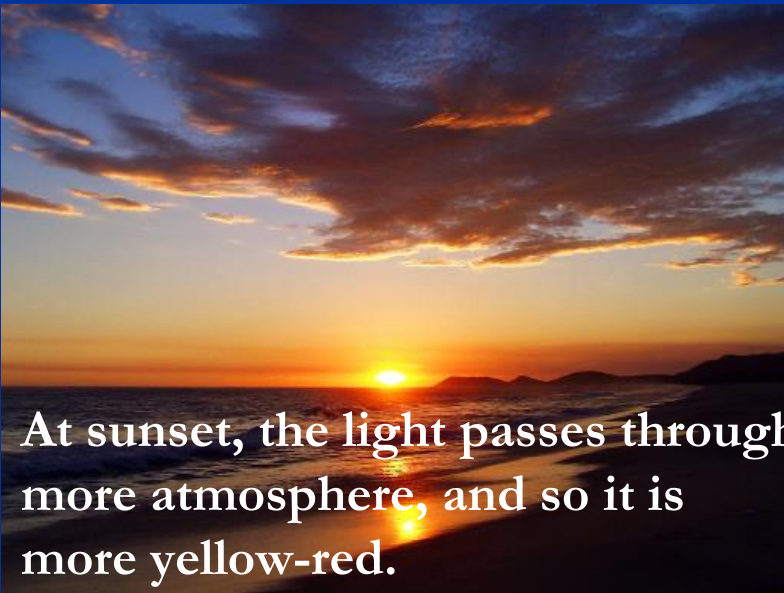
Cơ thể người phát ra năng lượng nhiều nhất tại bước sóng $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$. Đây là vùng hồng ngoại xa.

Night vision devices use this wavelength.

Các thiết bị nhìn đêm dùng bước sóng này.



Light Scattering - Tán xạ ánh sáng



At sunset, the light passes through more atmosphere, and so it is more yellow-red.

Khi hoàng hôn, ánh sáng đi qua bầu khí quyển nhiều hơn, tạo ra ánh sáng vàng-đỏ

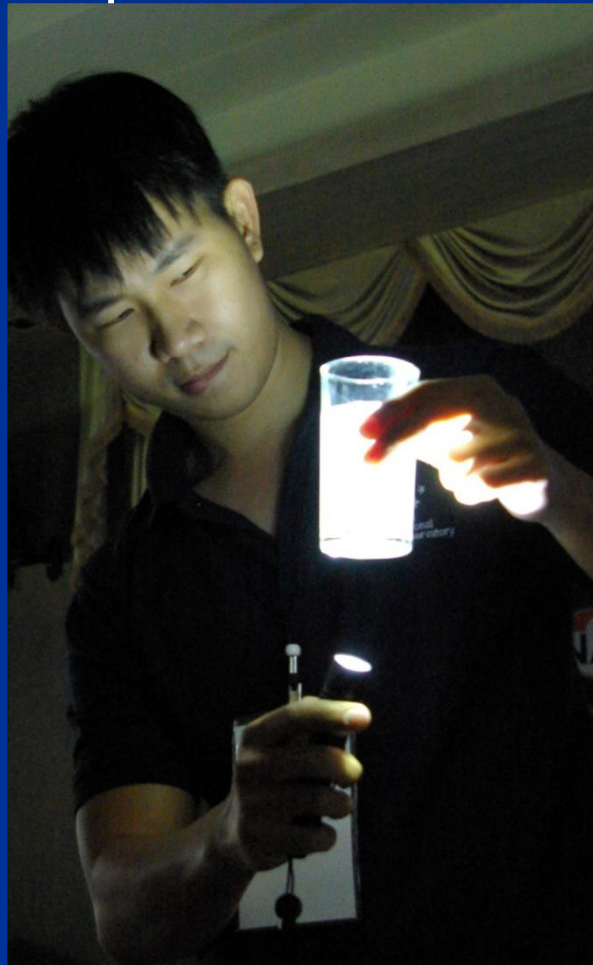
- If the white light passes through a gas with large particles, all colours will be equally scattered (white cloud).
 - Khi ánh sáng trắng đi qua một loại khí có nhiều hạt lớn, tất cả các màu có mức tán xạ như nhau (tạo mây trắng)
 - If the sizes of particles are much smaller than the wavelength of incident photons, shorter-wavelength photons are scattered more than the ones with longer wavelength (Rayleigh scattering).
 - Khi kích thước hạt khá nhỏ so với bước sóng của photon đến, photon có bước sóng ngắn hơn sẽ tán xạ nhiều hơn photon của bước sóng dài (tán xạ Rayleigh)
 - In our atmosphere, the blue photons are scattered more than red, and they come from all directions: Therefore, we see a blue sky.
- Trong bầu khí quyển, ánh sáng xanh tán xạ nhiều hơn ánh sáng đỏ, theo tất cả các hướng, đó là lý do bầu trời màu xanh



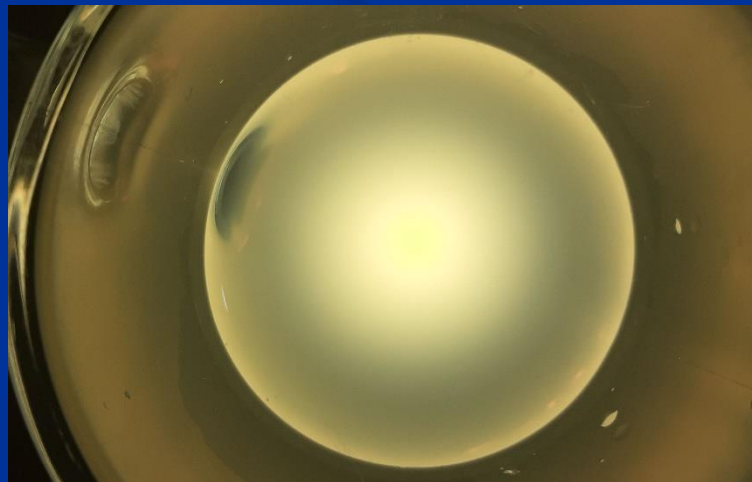
Activity 7: Dispersion of light

Hoạt động 7: Tán sắc ánh sáng

- Water in a tall glass with a few drops of milk and a flashlight. When the light passes through the milky water:
- Chiếu đèn pin vào một cốc nước thủy tinh có cho vài giọt sữa. Khi ánh sáng đi qua nước có sữa



- If the light passes through the glass laterally, it appears bluish.
- Nếu ánh sáng đi vào cốc nước theo chiều ngang, nó có màu xanh nhạt
- But if the light goes through the entire glass and we look from the top of the glass, the light becomes redish.
- Nếu ánh sáng đi qua toàn bộ cốc và nhìn từ trên xuống ta thấy ánh sáng có màu đỏ nhạt.



Activity 7: Dispersion of light

Hoạt động 7: Tán sắc ánh sáng

- Hot melt silicone stick to use for gluing - Thanh silicon của súng bắn keo
- The flashlight of a mobile - Đèn pin hoặc đèn điện thoại



- The bar near the mobile light is bluish in color.

- Phần ánh sáng gần đèn có màu xanh nhạt



- The bar in the areas further from the light of the mobile looks yellowish and reddish.

- Ánh sáng ở phía xa đèn có màu vàng nhạt và đỏ nhạt

Thank you very much
for your attention!

Cảm ơn các bạn đã
chú ý lắng nghe

