

Espectro Solar y Manchas Solares

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno

International Astronomical Union

Escola Secundária de Loulé, Portugal

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Colegio Retamar de Madrid, España



Objetivos

- Comprender qué es el espectro del Sol.
- Comprender el por qué del espectro de Sol.
- Comprender qué son las manchas solares.
- Comprender la importancia histórica del trabajo de Galileo sobre manchas solares.



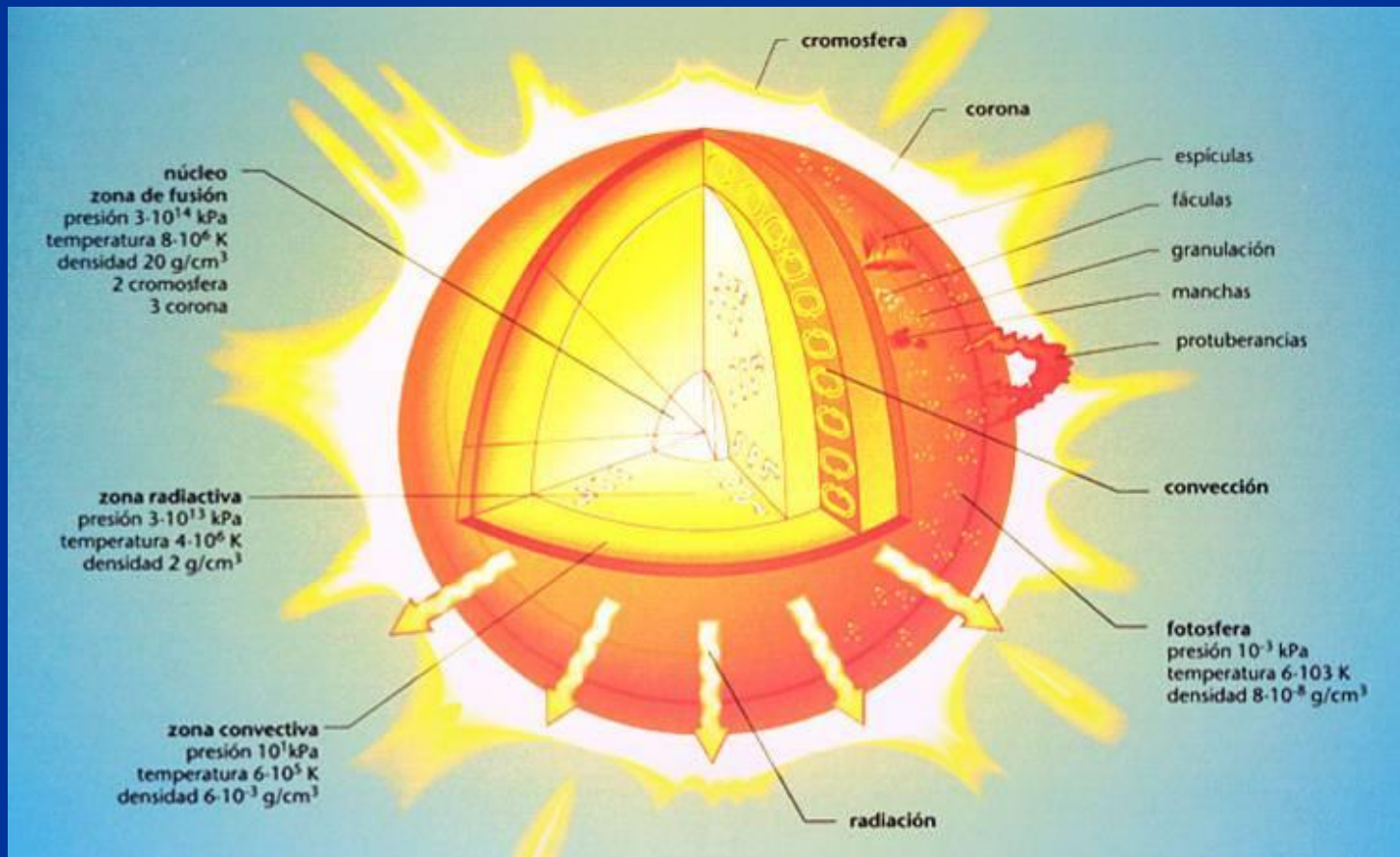
La Radiación Solar

Toda la energía (luz, calor) que
usamos nos llega del Sol.



La Radiación Solar

Esa radiación es creada en el núcleo, a 15 millones de grados C y presión altísima. Se produce a partir de reacciones nucleares de fusión.



La Radiación Solar

- 4 protones (núcleos de H) se unen y dan un átomo de Helio (fusión).



- La masa resultante es menor que la de los 4 protones iniciales, el resto se transforma en energía:

$$E=mc^2$$

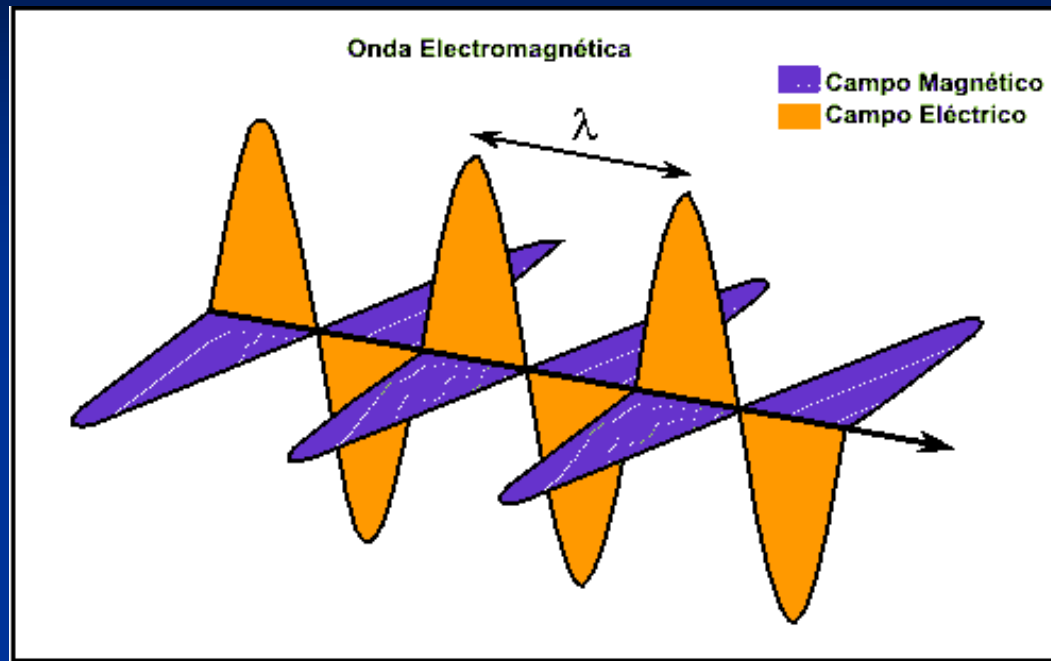
- Cada segundo, 600 millones de toneladas de H se transforman en 595,5 millones de toneladas de He, el resto se convierte en energía.
- El Sol tiene tanta masa que, perdiéndola a ese ritmo, durará miles de millones de años.

La Radiación Solar

Esa energía se transporta a una velocidad de 299.793 km/s. Tarda 8 minutos en llegar a la Tierra.



Espectro Solar: Radiación

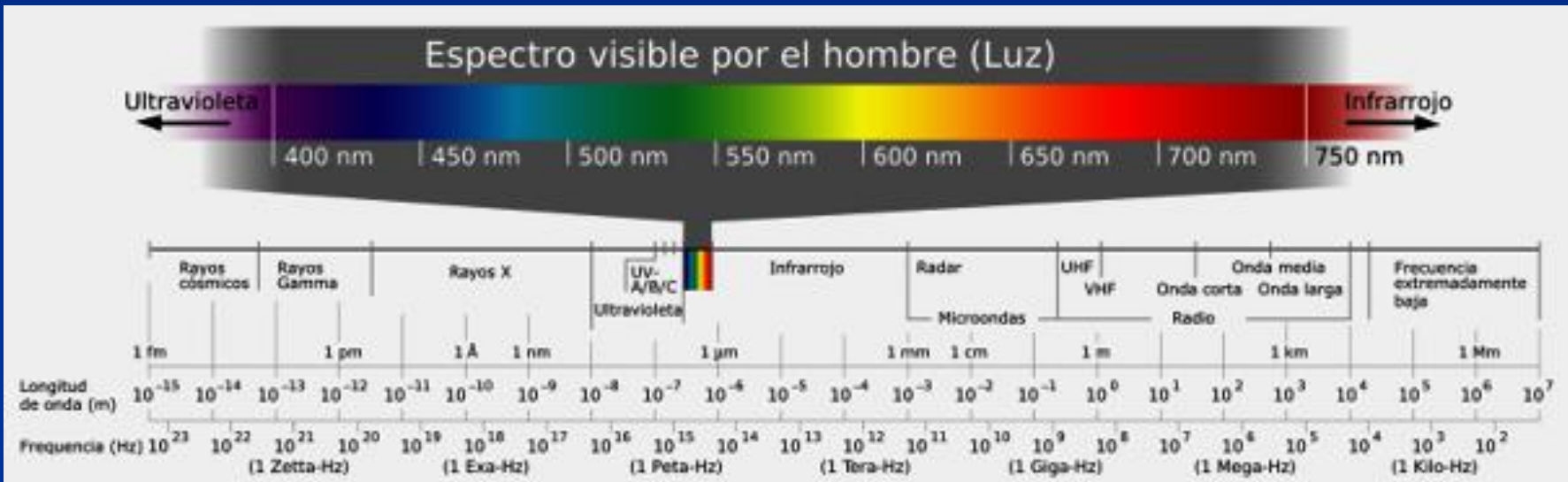


La longitud de onda λ , la frecuencia ν y la velocidad de propagación c de las ondas electromagnéticas, están relacionadas a través de la ecuación:

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

Espectro Solar: Radiación

Espectro Electromagnético



Gamma



Rayos X



Visible



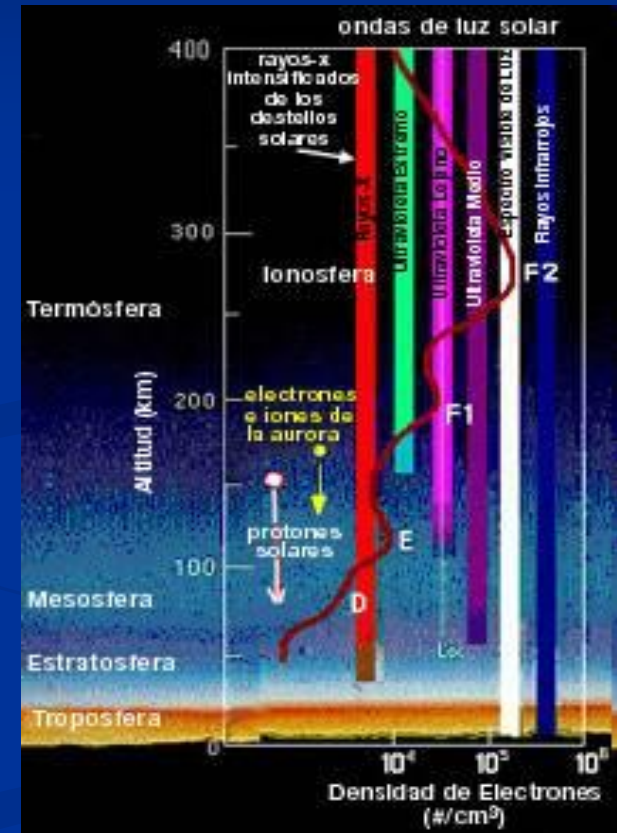
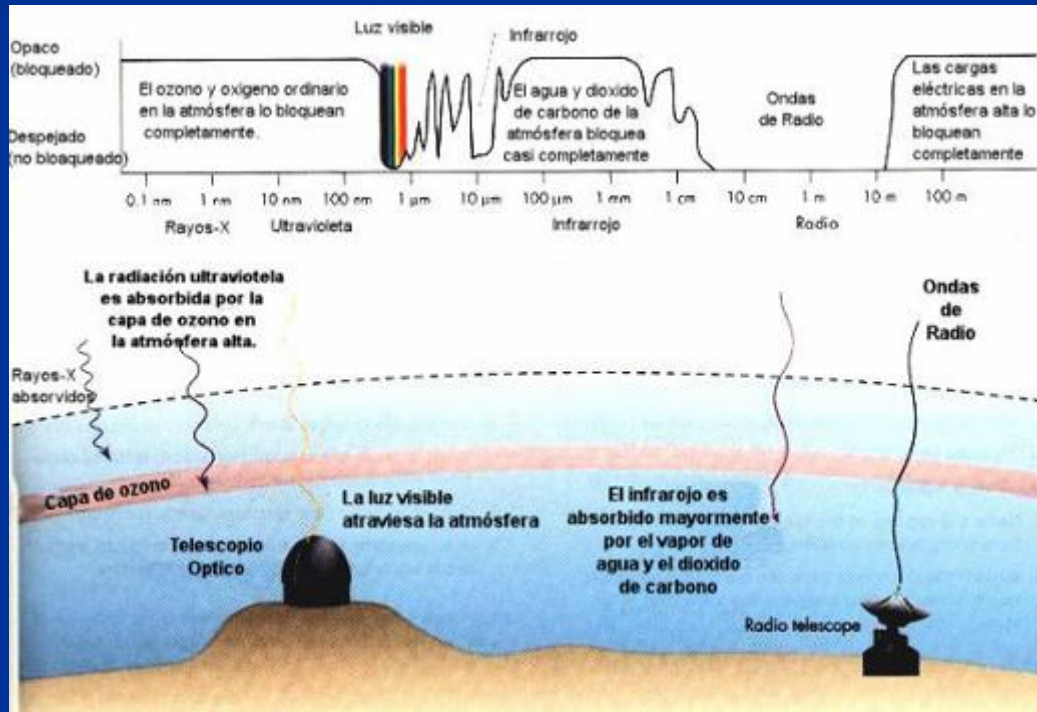
Infrarrojo



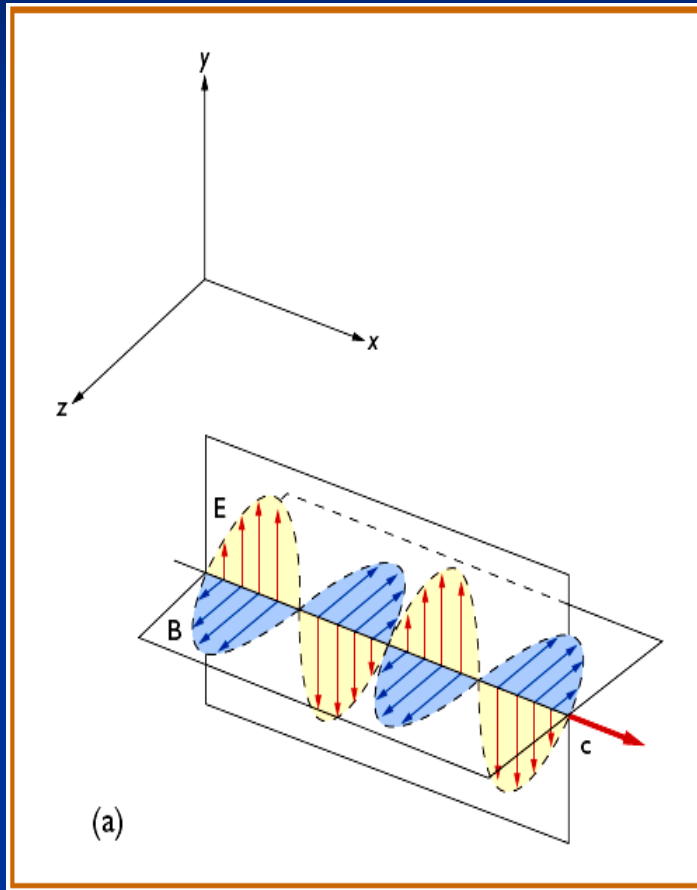
Radio

Espectro Solar: Radiación Solar

La atmósfera terrestre es opaca para la mayoría de las radiaciones



Radiación Solar: Polarización

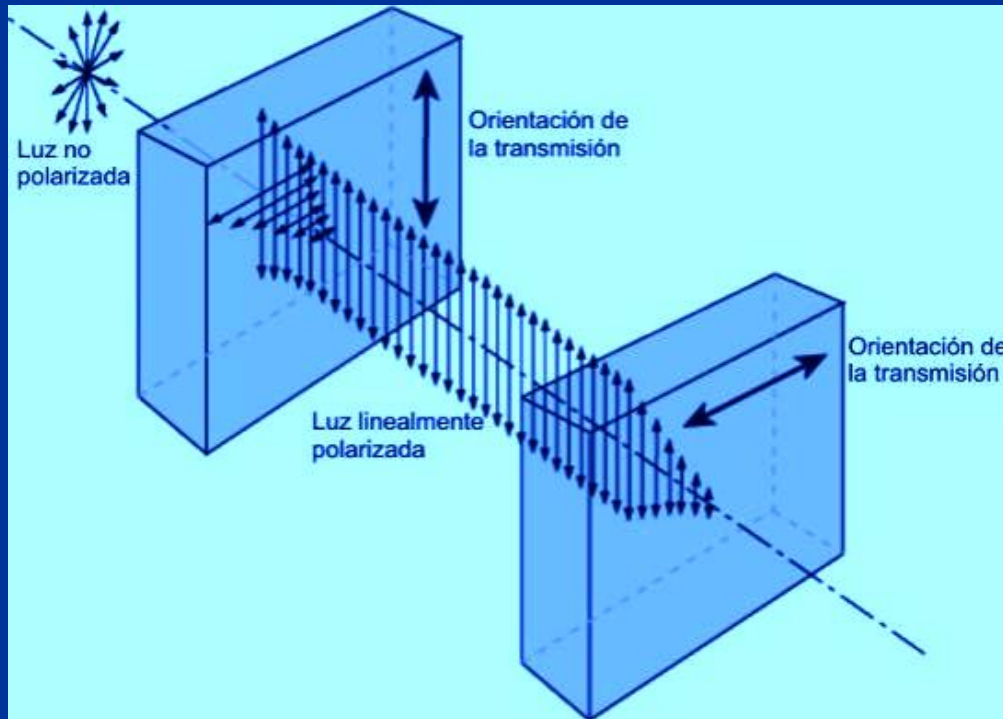


- La radiación electromagnética perfecta tiene un perfil como el de la figura.
- Hay una dirección de vibración para cada uno de los campos eléctricos y magnéticos.
- Se dice que está linealmente polarizada.
- La luz del Sol no tiene ninguna dirección de vibración privilegiada.

Espectro Solar: Polarización

La luz solar se puede polarizar:

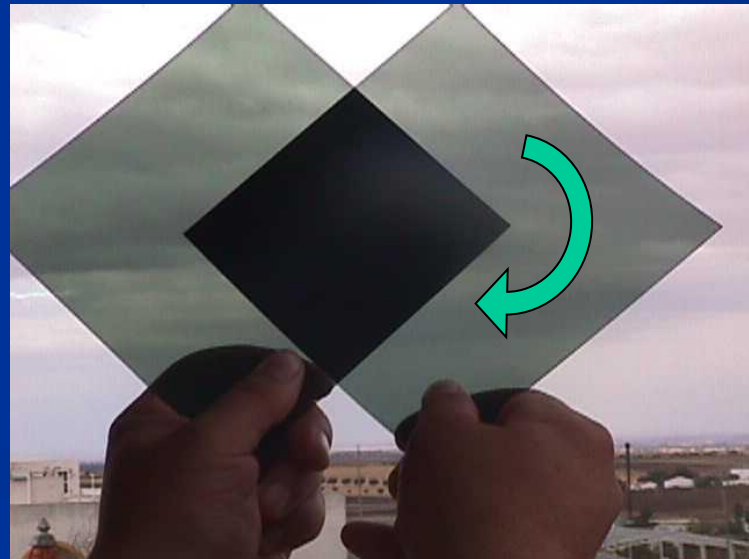
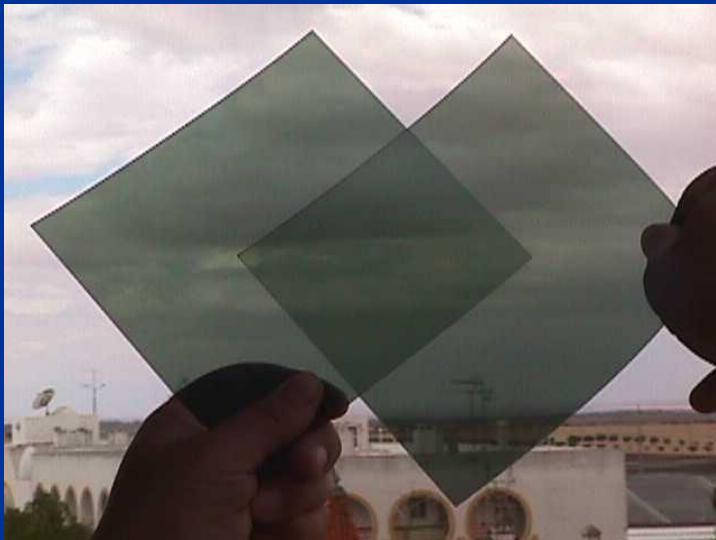
- Por reflexión.
- Haciéndola pasar por un filtro Polaroid .



Cuando los dos filtros Polaroid tienen las orientaciones de polarización paralelas, la luz pasa a través de ellos. Si las tienen perpendiculares, la luz que pasa por el primer filtro queda bloqueada por el segundo y no pasa la luz.

Espectro Solar: Polarización

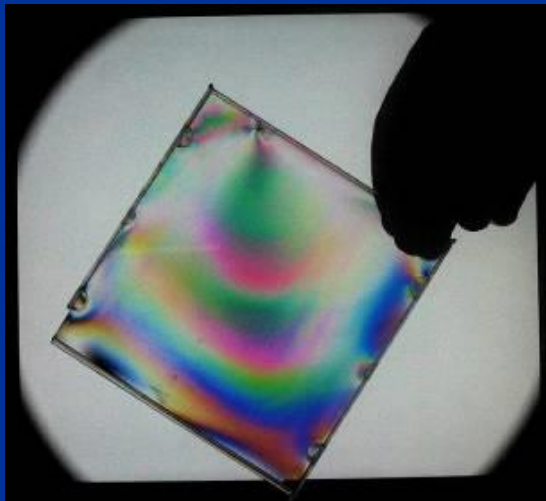
DEMOSTRACIÓN



Espectro Solar: Polarización



- También se puede polarizar la luz por reflexión.
- Las gafas de sol polarizadas, evitan reflejos.
- Se usa en fotografía,
- y en ingeniería, para ver tensiones internas en materiales.

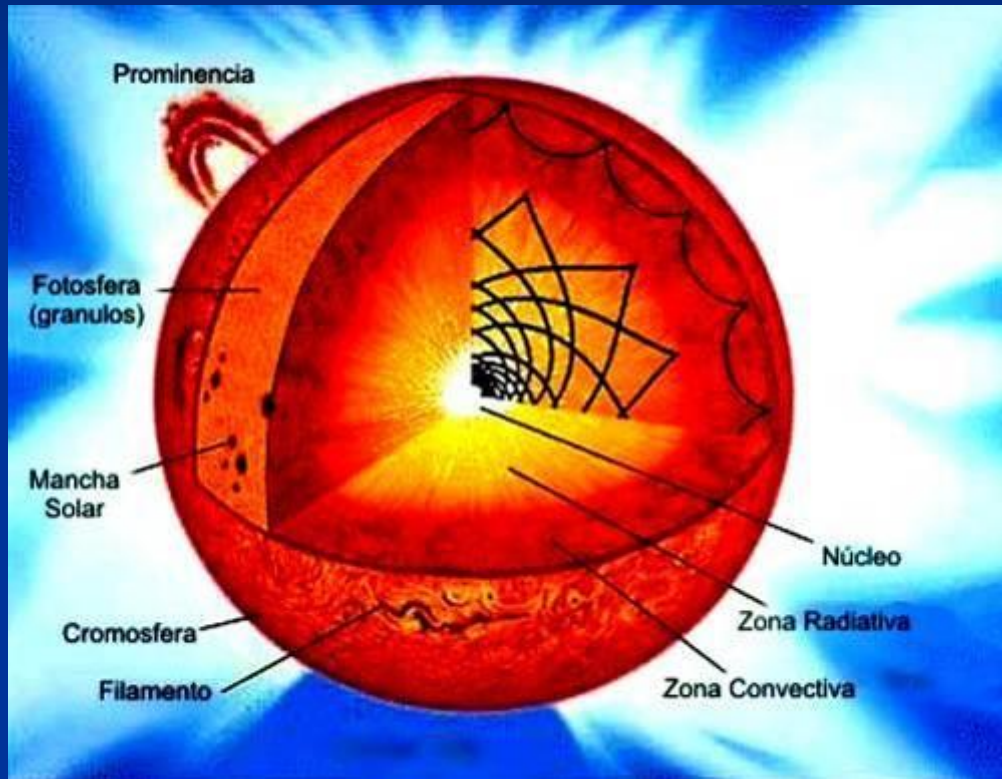


Actividad 1: Polarización de la luz

- La pantalla de cristal líquido de un ordenador portátil emite luz polarizada.
- Observar el plano de polarización con gafas de sol polarizadas.
- Algunos objetos giran el plano de polarización: cinta adhesiva sobre cristal.
- Observar las tensiones internas en una pieza de plástico transparente (caja de CD).

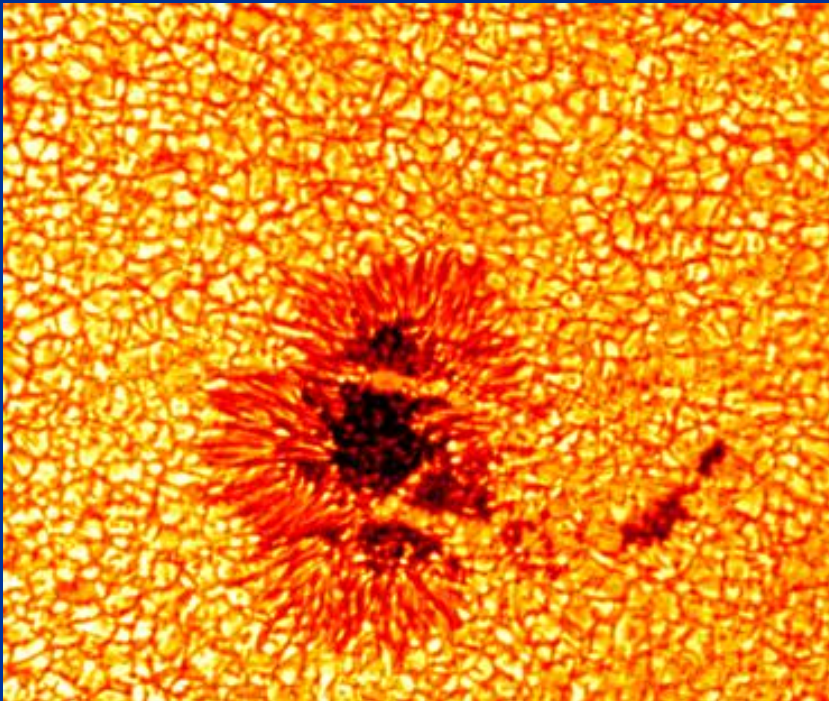


La Estructura del Sol



- Núcleo:
15 millones de grados K
- Zona radiativa:
8 millones grados K
- Zona convectiva:
500.000 grados K.
- Hay convección
(movimiento de
materia)

La Estructura del Sol



- Fotosfera:

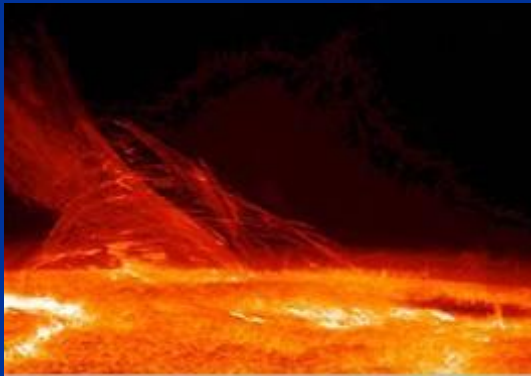
6.400 - 4.200 K,
es la “superficie” del Sol.

Tiene granulación de
~1000 km

La Estructura del Sol

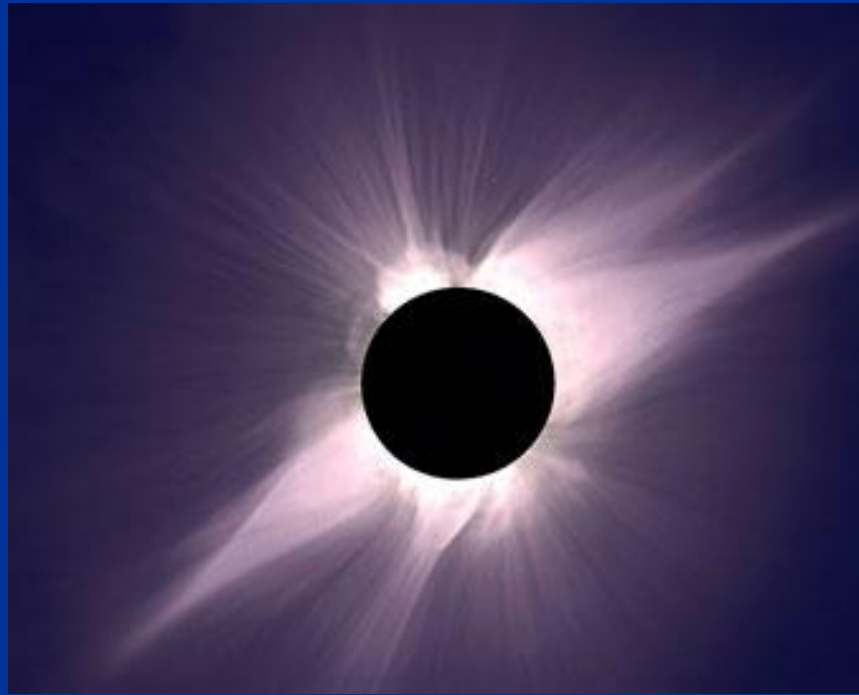


- Cromosfera: “pradera ardiente”, de $4.200-1 \cdot 10^6$ K.
Hay prominencias, (protuberancias) y fulguraciones.

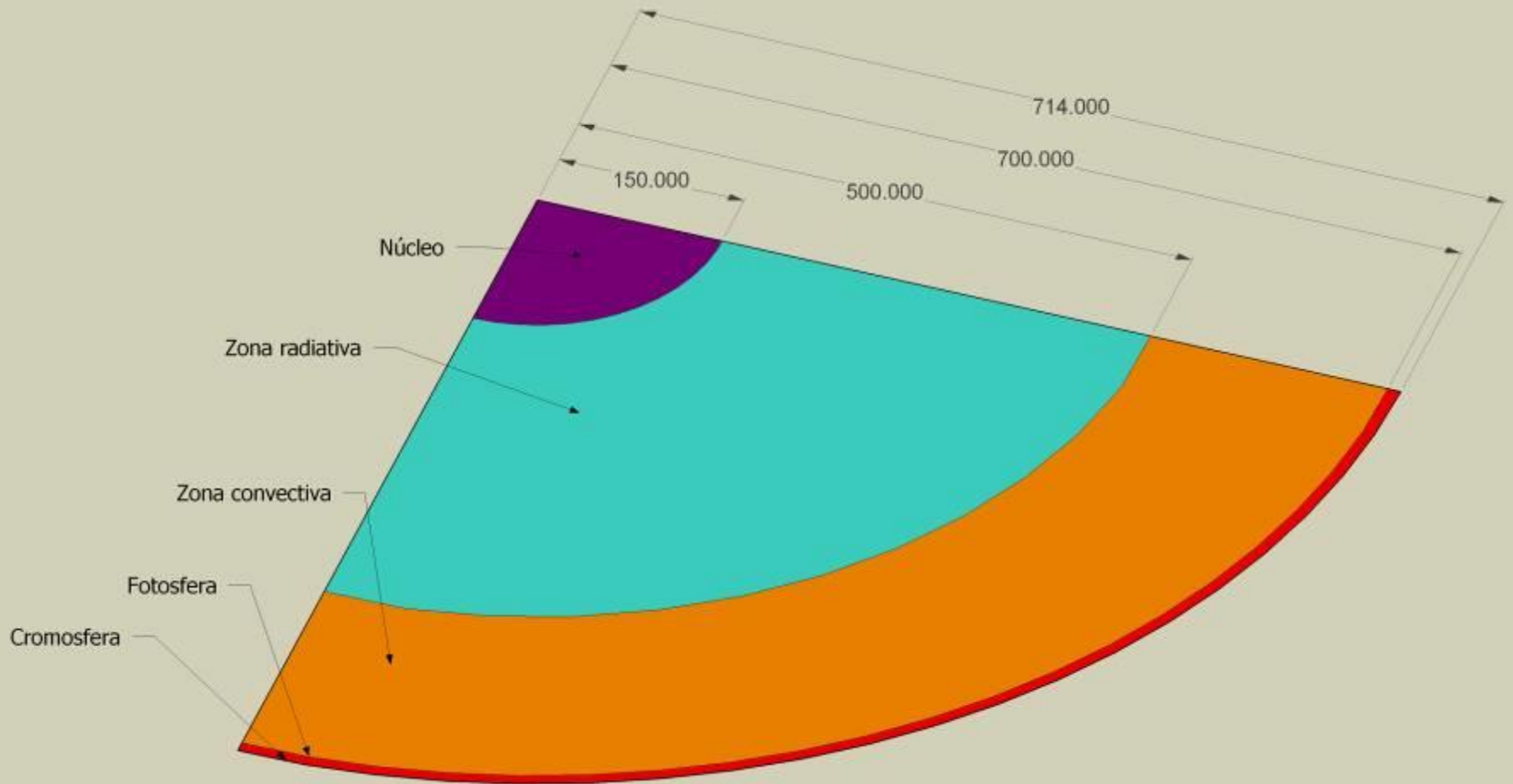


La Estructura del Sol

- Corona: viento solar, $1-2 \cdot 10^6$ K.
- Sólo se ve en eclipses.



La Estructura del Sol

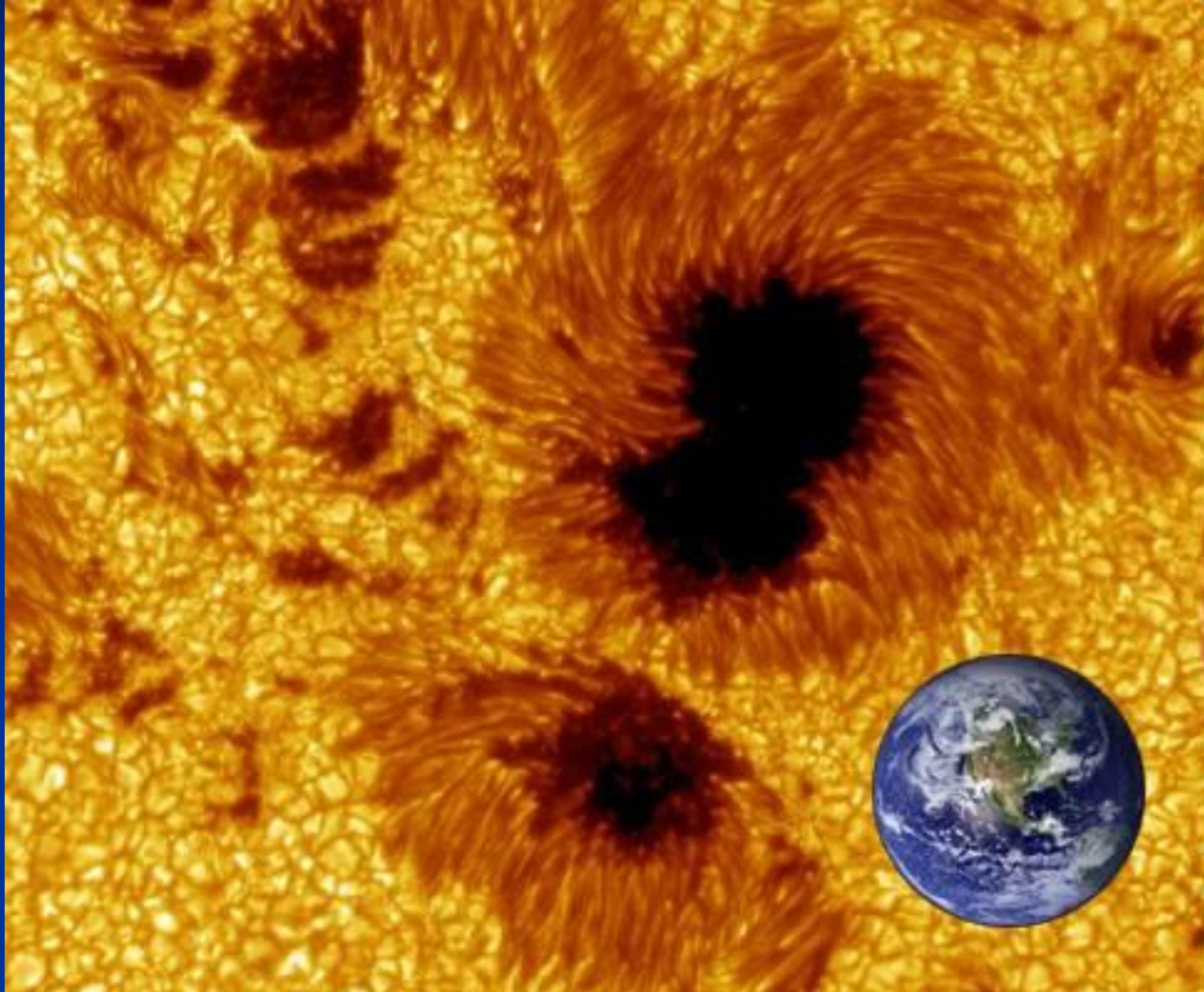


Manchas Solares

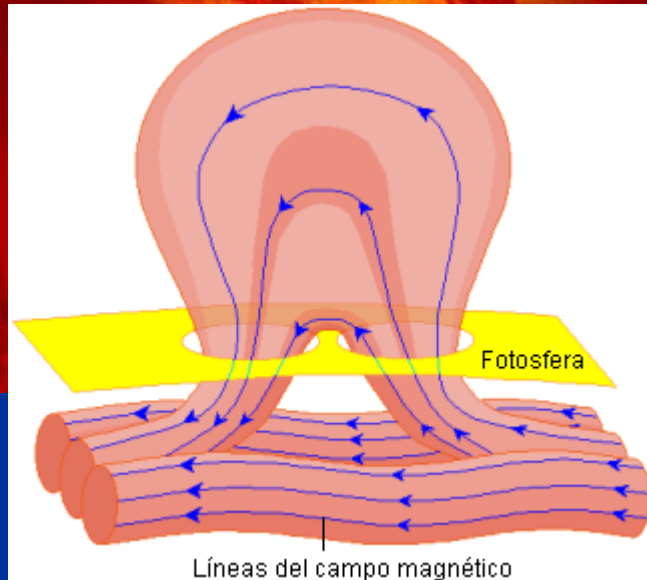
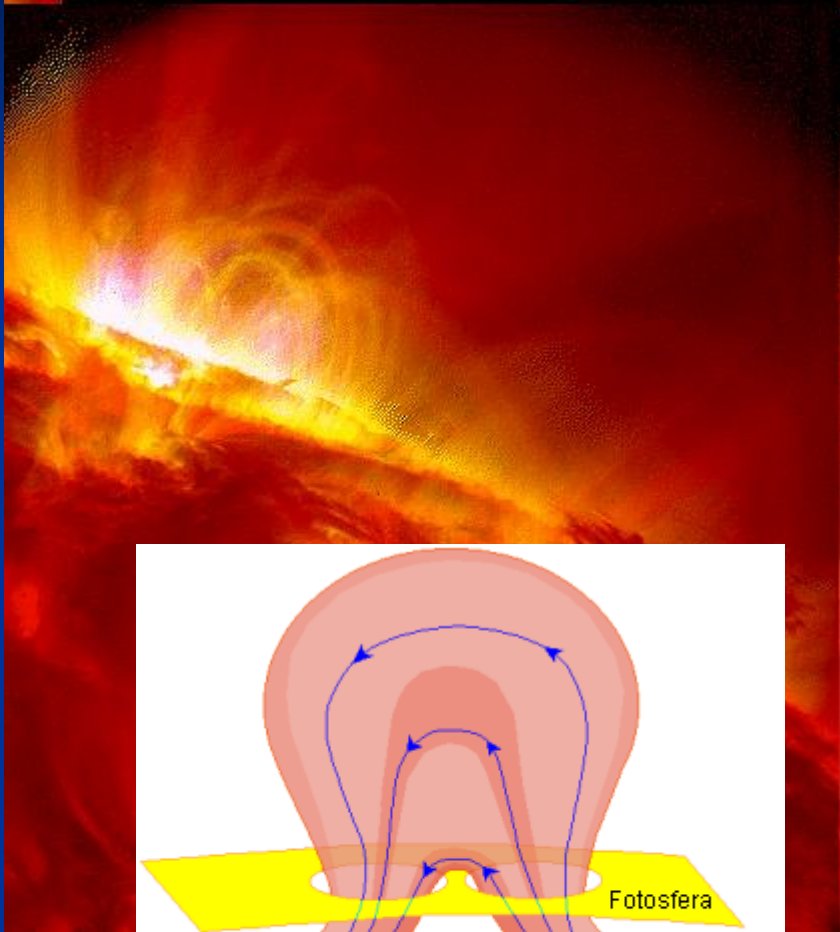
- Manchas oscuras en la fotosfera, a 4.200 K en lugar de los 6.000 K.
- Umbra (central) y Penumbra.



Manchas Solares

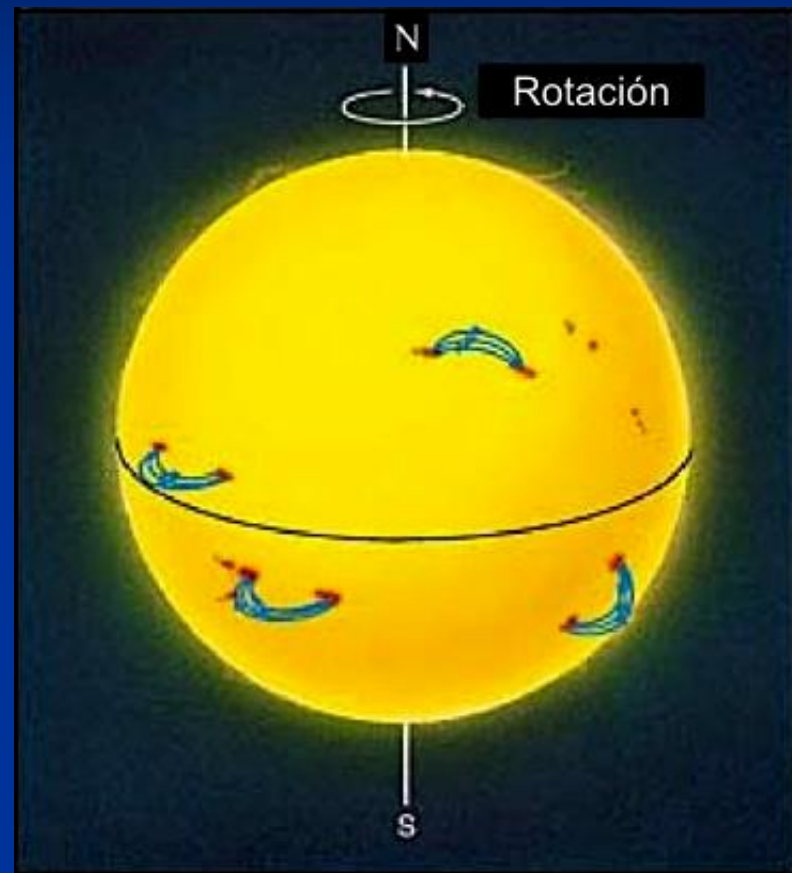
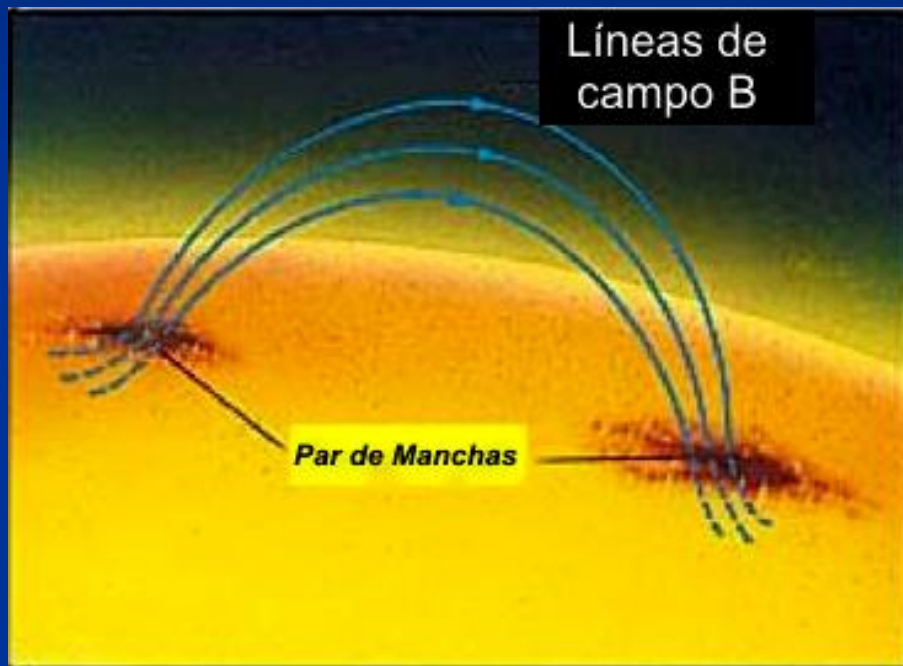


Manchas Solares



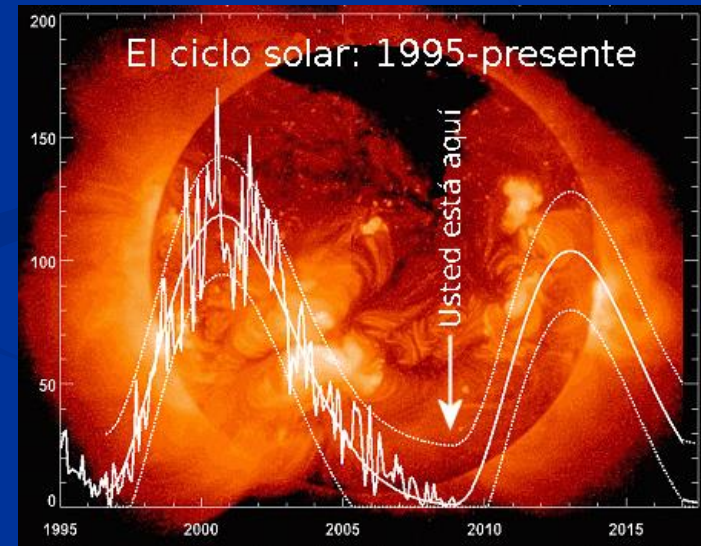
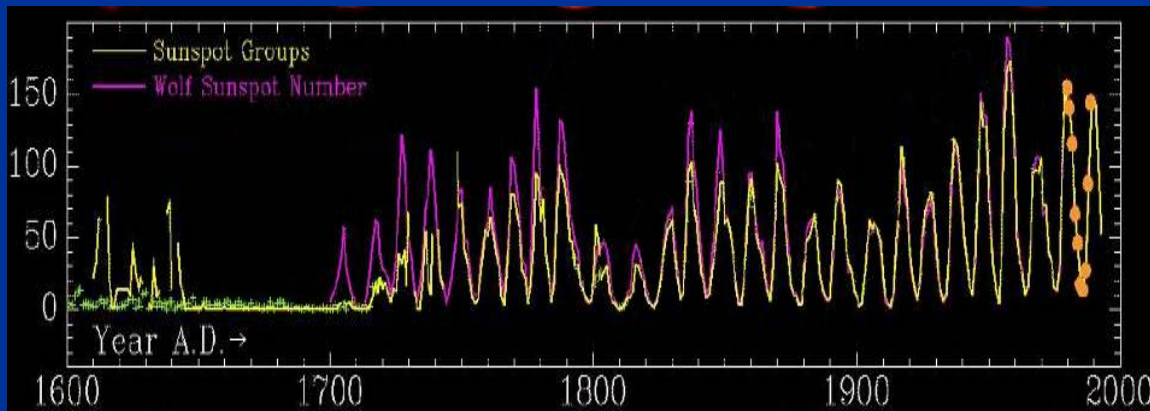
- Hay fuertes campos magnéticos en ellas.
- Están producidas por afloramiento de líneas magnéticas en forma de lazo que suben desde el interior.

Manchas Solares



Manchas Solares

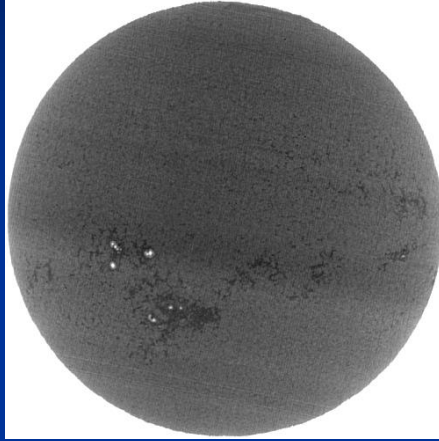
- El número de manchas indica la “actividad solar”.
- N° de Wolf = $10 \cdot G + F$
(G =grupos; F = n° total de manchas)
- Tiene un ciclo de 11 años.



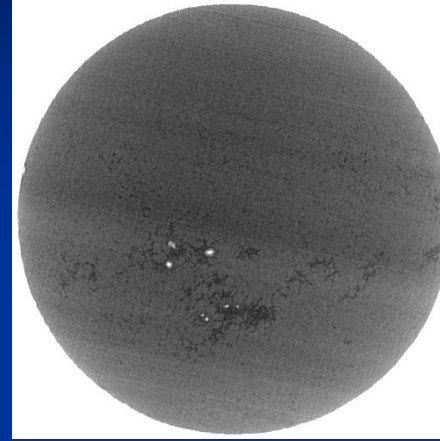
En el 2008 hubo un mínimo, que se prolongó más de lo normal.

Manchas Solares: Rotación Solar

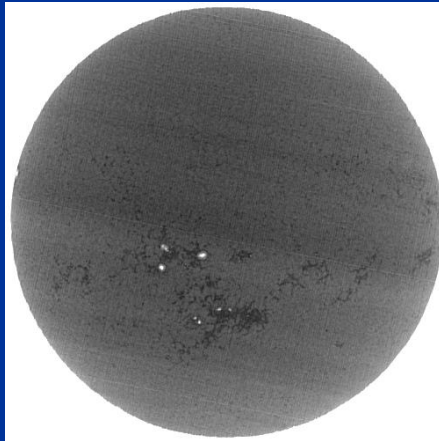
21 de Noviembre 1992



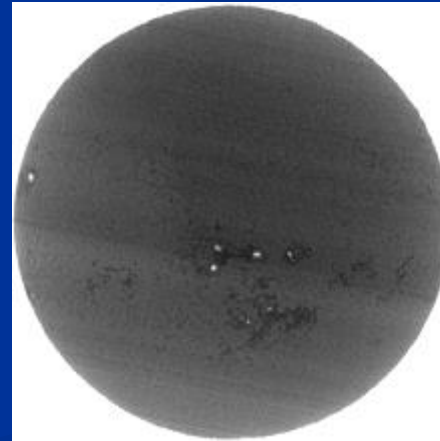
22 de Noviembre 1992



23 de Noviembre 1992



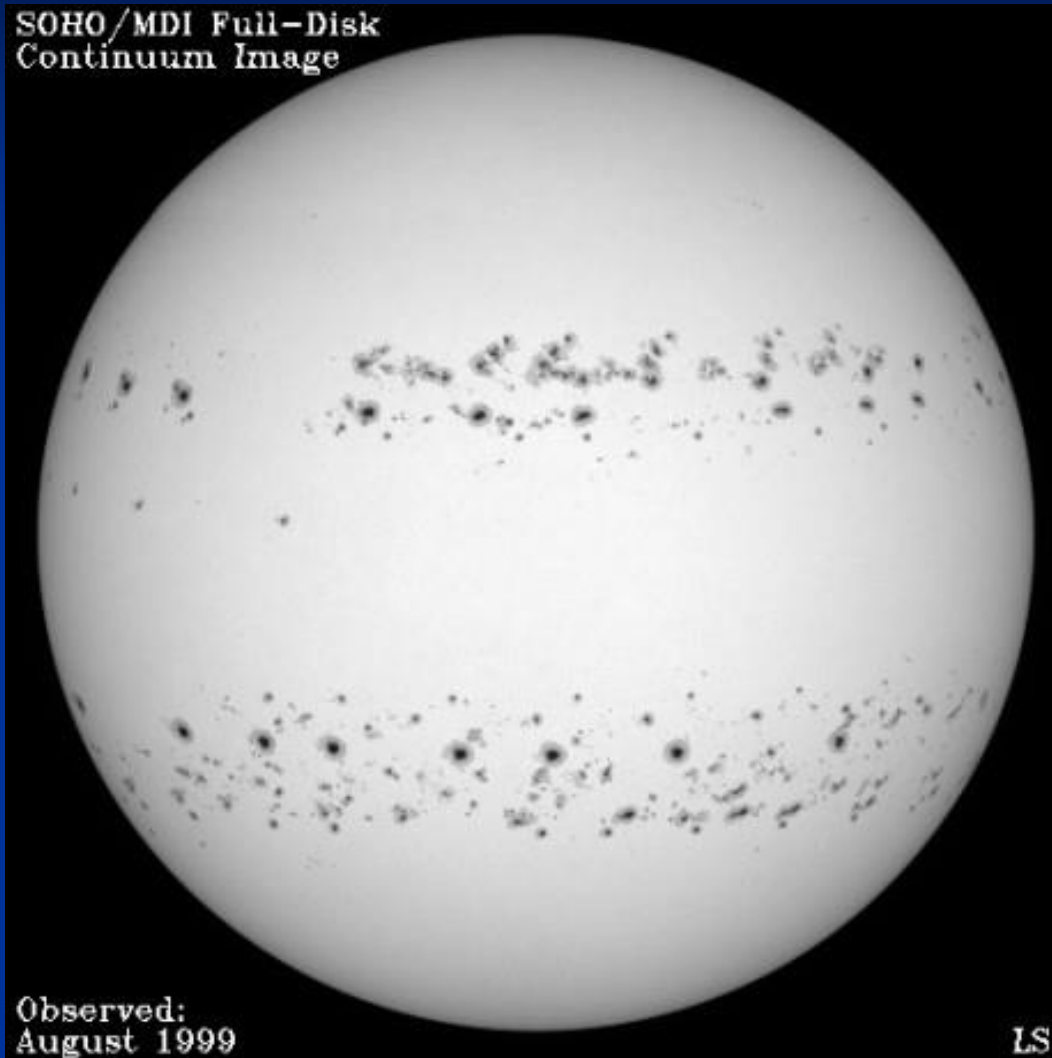
24 de Noviembre 1992



Fuente: Observatorio Astronómico de la Universidad de Coimbra



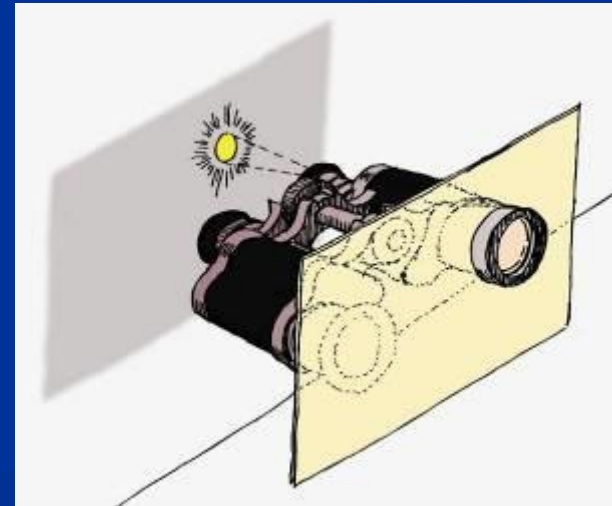
Manchas Solares y Rotación Solar



- Sirven para medir la rotación solar.
- Galileo con el telescopio fue el primero que las vio, y calculó ese período.
- Rotación diferencial: 25 días en el ecuador y 34 días en los polos.

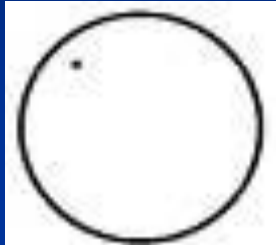
Actividad 2: Determinación del periodo de rotación del Sol

- Las observaciones se deben hacer siempre por proyección, con un telescopio o unos prismáticos. Nunca directamente.

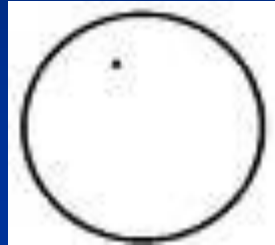


Actividad 2: Determinación del periodo de rotación del Sol

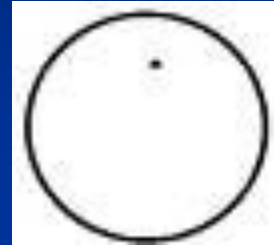
- Se dibujan las manchas durante varios días.



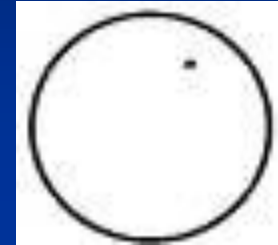
Día 1



Día 4

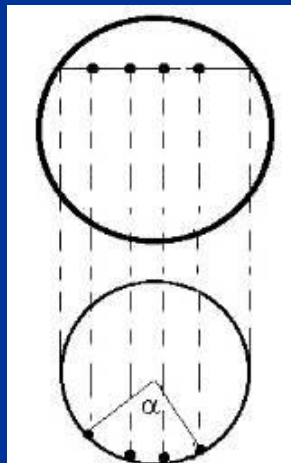


Día 6

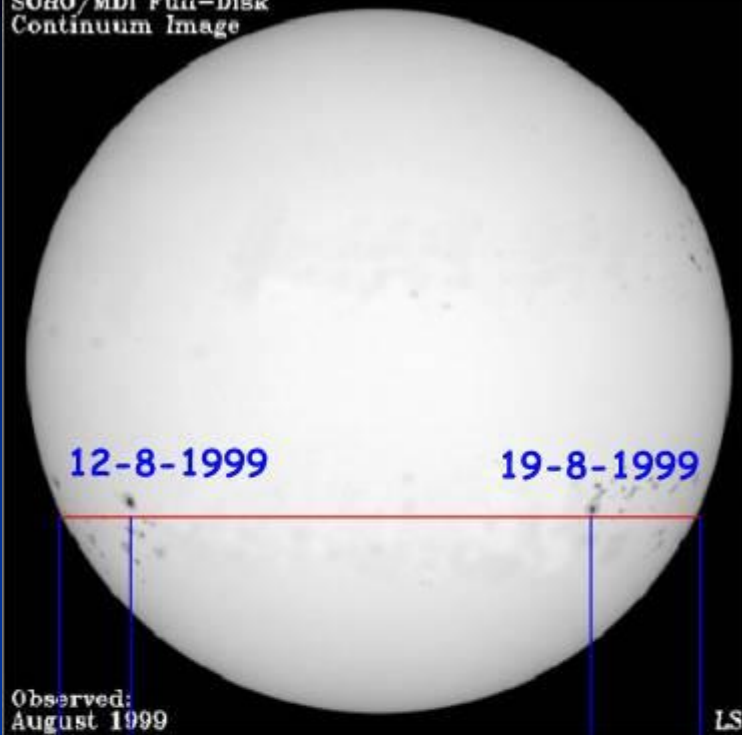


Día 8

- Se dibuja el recorrido, la circunferencia y el ángulo α . Así se calcula el período P en días.

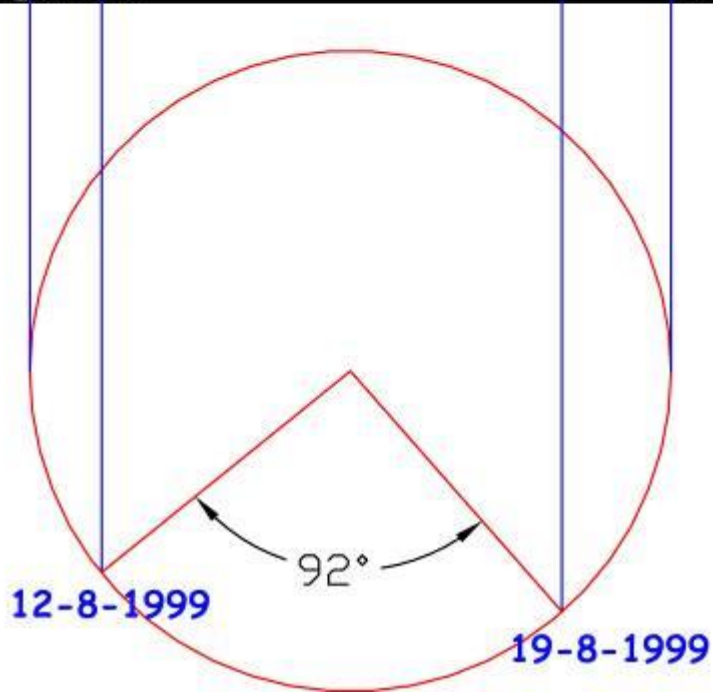


$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{T}{t}$$



Actividad 2: Determinación del periodo de rotación del Sol

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



La Radiación del Sol

- El Sol es un gran reactor nuclear. Produce fotones, cada uno con una frecuencia (color) y una energía de $E=h\cdot\nu$
- La luminosidad (potencia, en watios) del Sol es enorme: cada segundo emite lo mismo que trillones de bombas atómicas.
- Esa energía se transmite por el espacio como una burbuja cada vez más grande. El área de esa burbuja es $4\cdot\pi\cdot R^2$.
- A una distancia del Sol de R , la energía que llega cada segundo a 1 m^2 es:

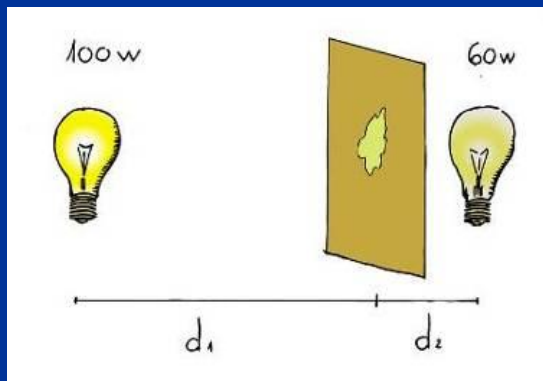
$$\frac{P}{4\pi R^2}$$



Actividad 3: Cálculo de la Luminosidad del Sol

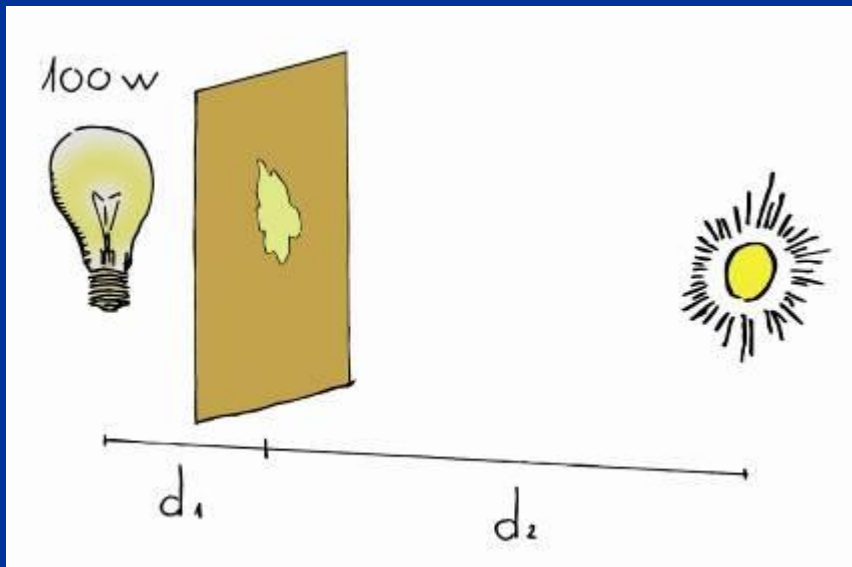
- La energía se transmite de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Si sabemos la distancia al Sol, podemos calcular su potencia.
- Hacemos un fotómetro de mancha de aceite. Cuando no se ve la mancha, se ha igualado la iluminación en los lados del papel, llega la misma energía a cada lado, luego:

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



Actividad 3: Cálculo de la Luminosidad del Sol

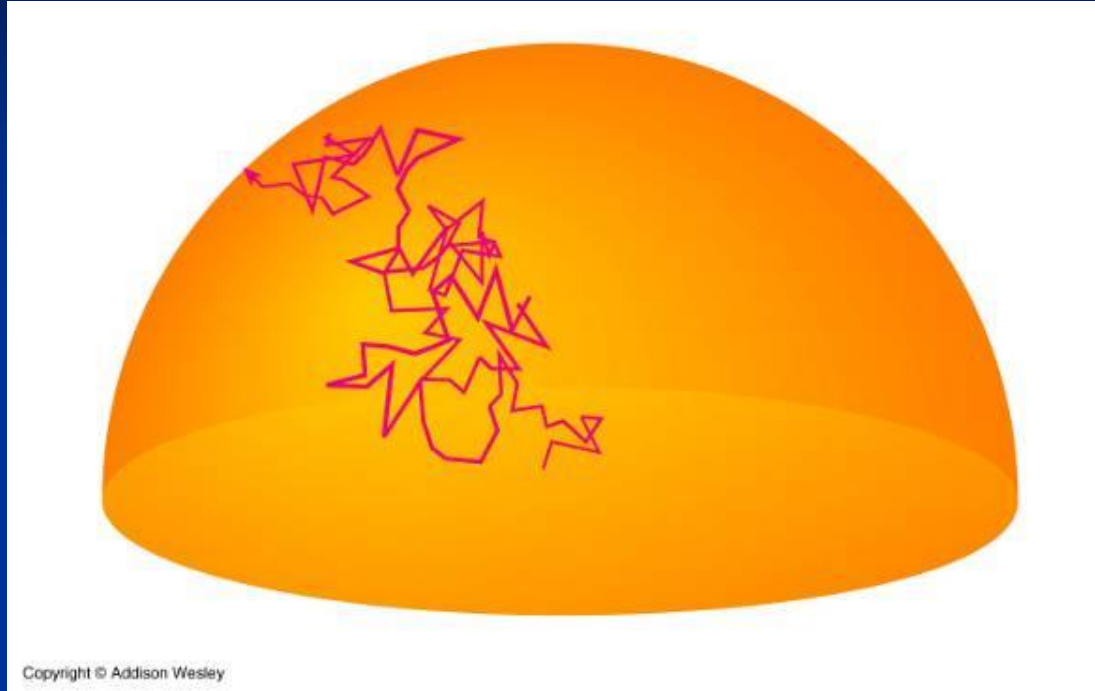
Comparamos una bombilla de 100 W con el Sol, que está a 150 millones de km ($1,5 \cdot 10^{11}$ m), y calculamos P.



$$\frac{100 \text{ W}}{d_1^2} = \frac{P}{d_2^2}$$

El resultado debería aproximarse a $3,8 \cdot 10^{26}$ W

Espectro Solar: OPACIDAD



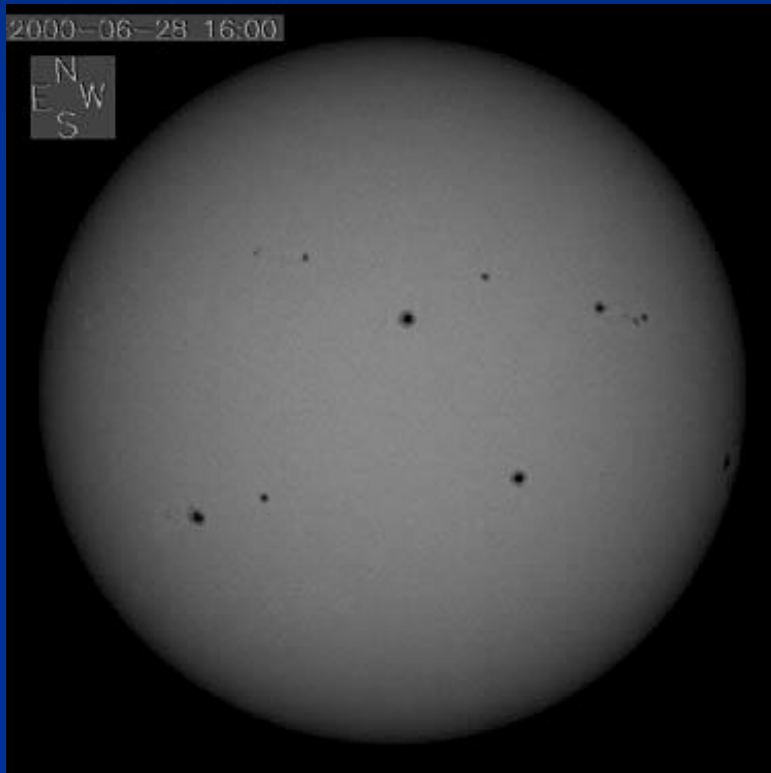
Los fotones son producidos en las partes más interiores del Sol, e interactúan con la materia muy densa en esa zona. Un fotón producido en el núcleo del Sol tarda hasta 1 millón de años en llegar a la fotosfera.

Espectro Solar: OPACIDAD

Las partes más interiores del Sol son opacas (muchas interacciones, como en un sólido).

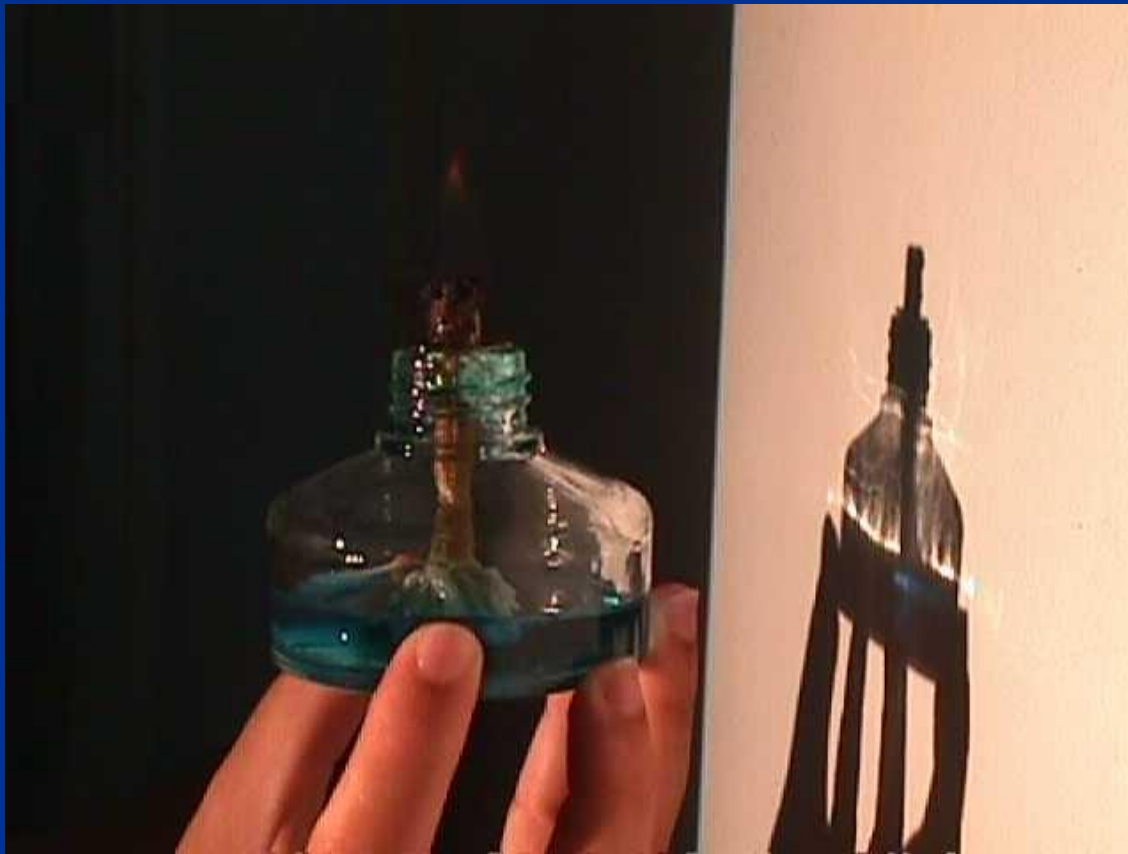
Las partes más exteriores son transparentes.

Evidencia: oscurecimiento del limbo, en el borde el Sol es menos brillante porque es más transparente.



Actividad 4: Transparencia y Opacidad

Transparente no es lo mismo que invisible



Espectros



Fuente: Deutsche Bundespost 1993



En 1701, Newton usó un prisma y descompuso la luz solar en colores.

Cualquier luz se puede descomponer con un prisma o una red de difracción. Lo que se obtiene es su espectro.

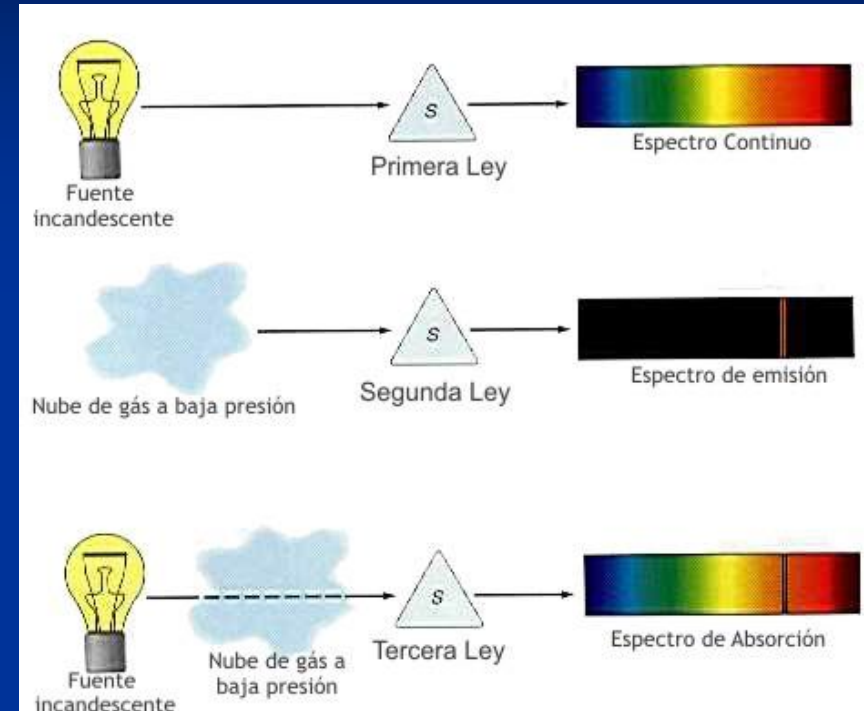


Leyes de Kirchhoff y Bunsen

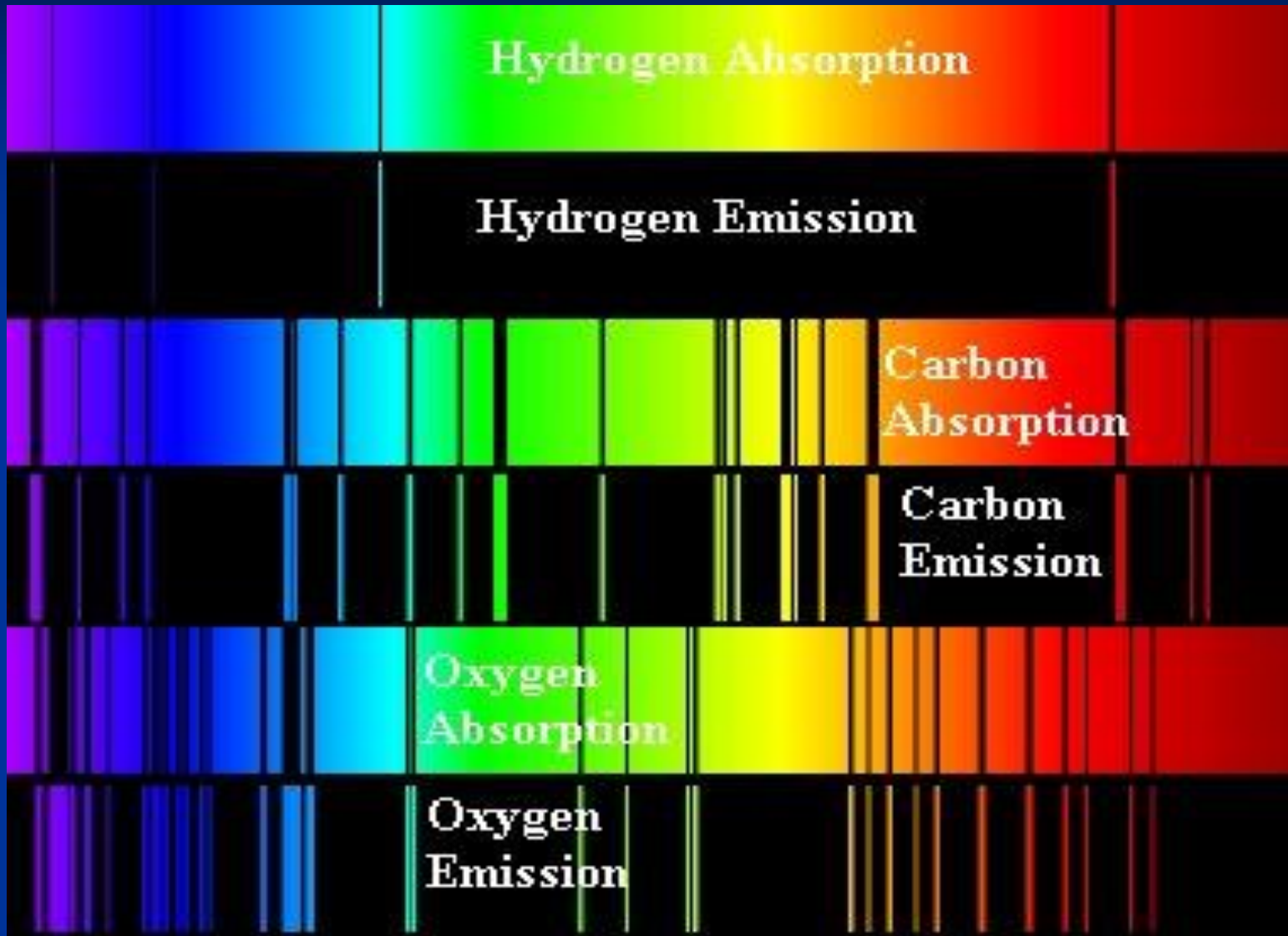
1ª Ley - Un objeto sólido incandescente produce luz con espectro continuo.

2ª Ley - Un gas tenue caliente produce luz sólo en algunas longitudes de onda que dependen de la composición química del gas.

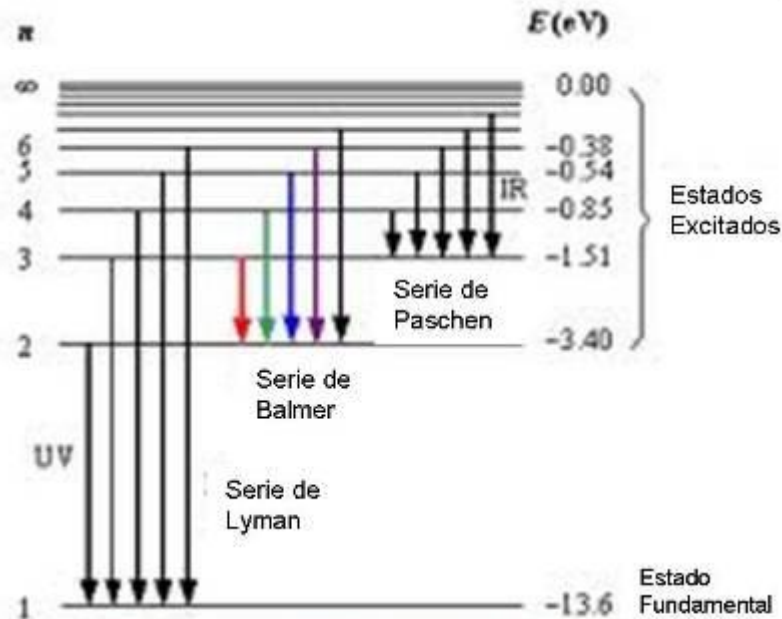
3ª Ley - Un objeto sólido incandescente rodeado de un gas a baja presión produce un espectro continuo con huecos en longitudes de onda cuyas posiciones coinciden con las de la 2ª Ley.



Espectros



Espectros



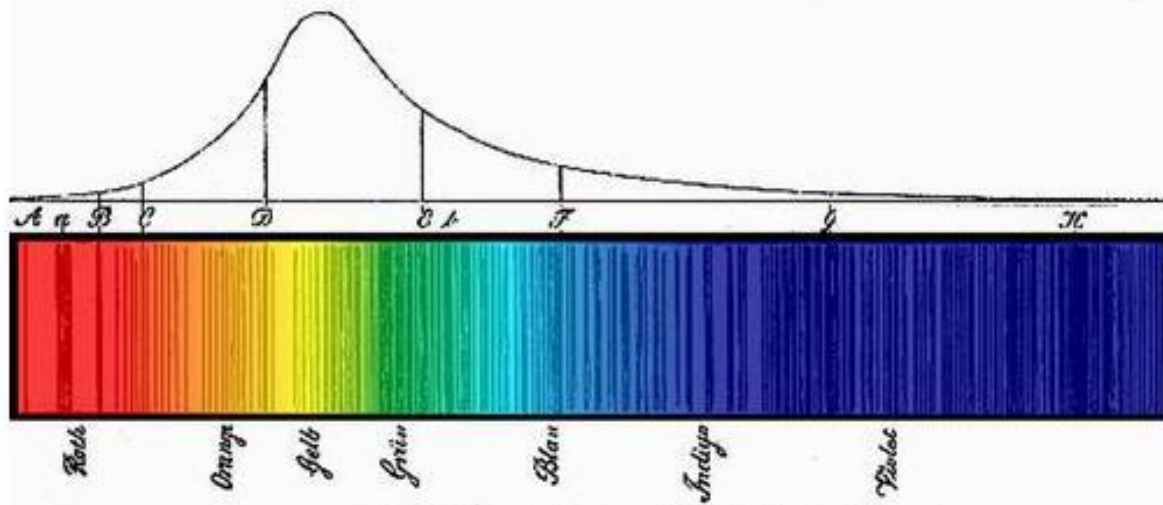
Niveles de Energía del átomo de hidrógeno, con algunas de las transiciones que producen las líneas espectrales indicadas

Las líneas de emisión y de absorción son debidas a saltos de electrones entre dos niveles de energía, que están cuantizados (a escalones).

Espectro Solar: ESPECTRO DE ABSORCIÓN

En 1802, William Wollaston observó líneas negras sobre el espectro solar.

En 1814, Joseph Fraunhofer estudió sistemáticamente el espectro del Sol y detectó cerca de 700 líneas oscuras.

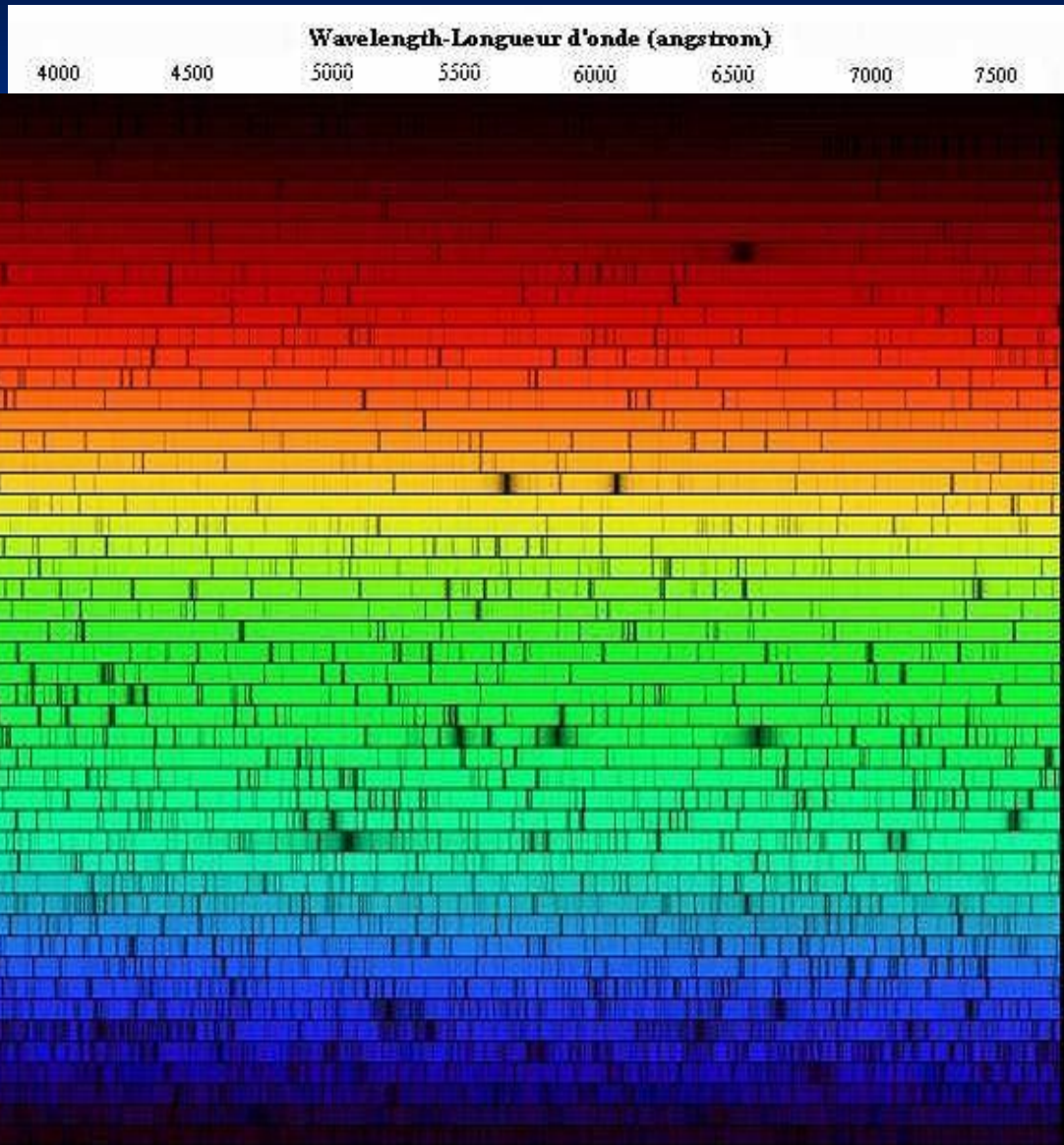


Zu Fraunhofer's Abh. Denkschr. 1814-15.

Joseph Fraunhofer
1787-1826



Espectro Solar: ESPECTRO DE ABSORCIÓN



- Las líneas oscuras son debidas a los gases en la atmósfera solar.
- Podemos saber de qué está hecho el Sol sin ir allí.
- Hoy hay espectros de alta definición, con muchas más líneas.

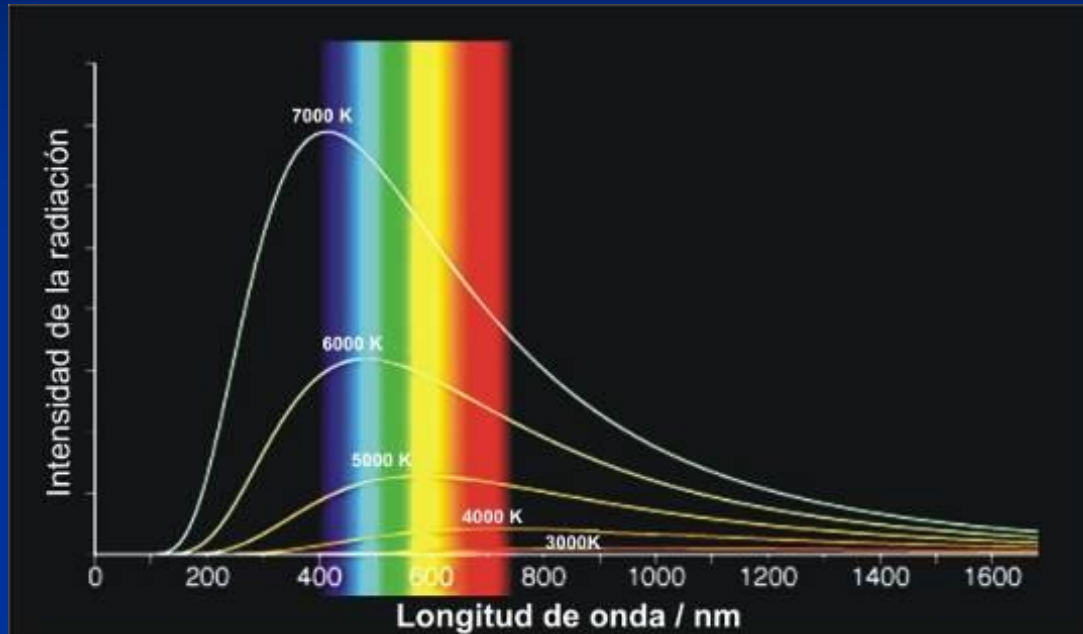
Radiación de un cuerpo negro



Cuando un hierro se va calentando, emite luz:

- Roja,
- amarilla,
- blanca,
- azulada.

Radiación de un cuerpo negro



Estudiando la radiación de un objeto lejano, podemos saber a qué temperatura está sin necesidad de ir hasta allí.

Cualquier “cuerpo negro” al ser calentado emite luz en muchas longitudes de onda. Hay una $\lambda_{\text{máx}}$ en la que la energía es máxima.

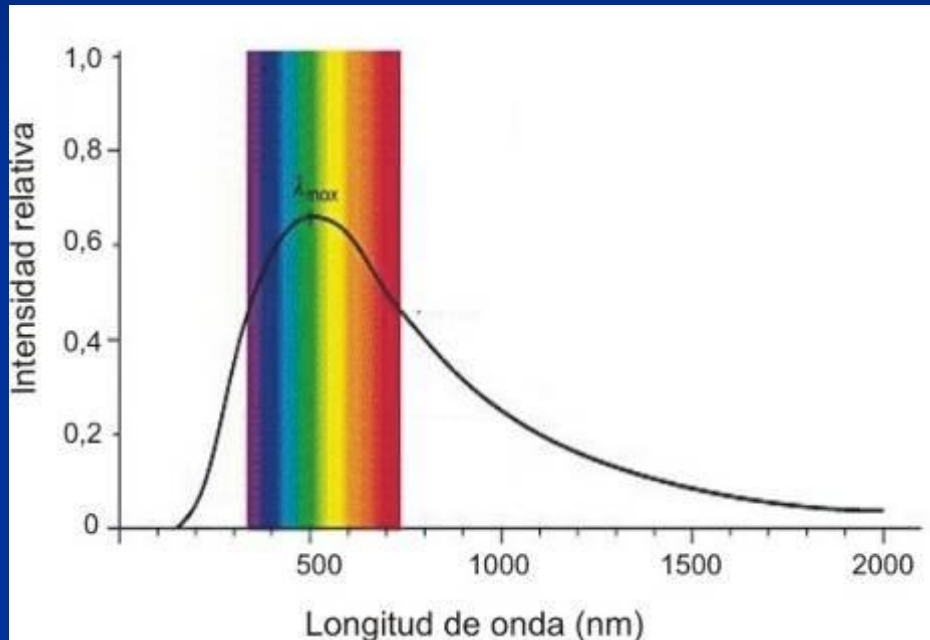
$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T} \quad (\text{m})$$

Esa $\lambda_{\text{máx}}$ depende de la temperatura T:

Ley de Wien



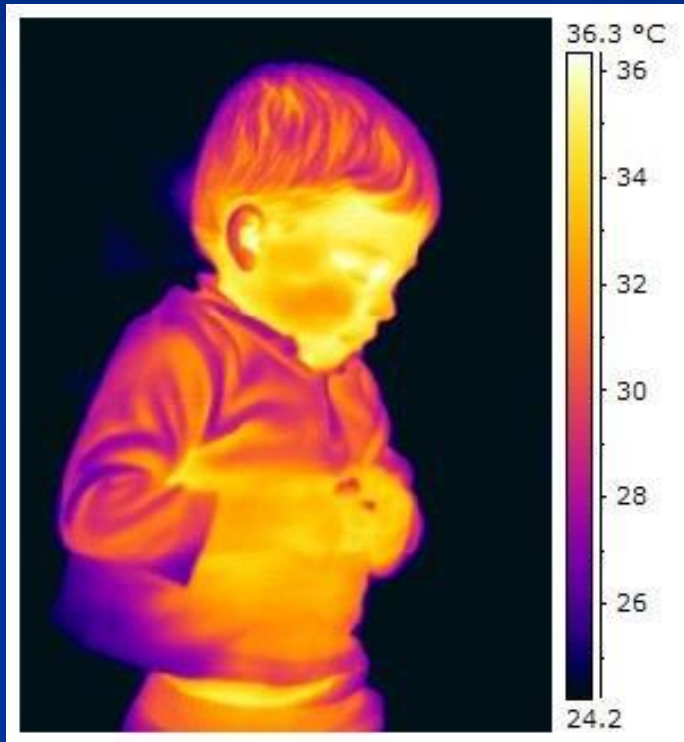
Radiación de un cuerpo negro



El Sol tiene una $\lambda_{m\acute{a}x}$ de 500 nm.

Eso indica que su temperatura superficial es 5800 K.

Radiación de un cuerpo negro



El cuerpo humano tiene una temperatura de

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

Emite más energía en una $\lambda_{\text{máx}} = 9300 \text{ nm.}$

Los dispositivos de visión nocturna usan esas λ .

Dispersión de la luz



- Si la luz blanca atraviesa un gas con partículas grandes, todos los colores son dispersados igual (nube blanca).
- Si las partículas son del tamaño similar a la λ de algunos fotones, estos son dispersados y los otros no (dispersión de Rayleigh).
- En la atmósfera, los fotones azules se dispersan más que los rojos, y nos vienen desde todas direcciones: vemos el cielo azul.

Al atardecer, la luz atraviesa más atmósfera, y es más amarilla-roja.

Actividad 5: Dispersión de la luz

- Necesitas agua con unas gotas de leche, un proyector, un vaso y un cartón negro con un agujero del tamaño del vaso.
- Primero ves la luz sin agua.
- Luego con un poco de agua lechosa.
- Por último con el vaso lleno.
- La luz va enrojeciéndose. Y por los lados del vaso se ve la dispersión azulada.



¡Muchas gracias
por su atención!

