

LAS ESTRELLAS

2f.1) Aspecto físico de una estrella típica

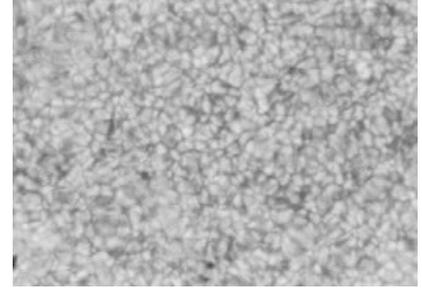
Veremos datos de nuestra estrella más importante. **EL SOL**.

El Sol es la única estrella que podemos ver con un diámetro aparente, desde que se registran observaciones humanas y geológicas sabemos que lleva brillando de la misma forma. Ninguna forma de producción de energía conocida hasta hace cien años podía explicar ese misterio.

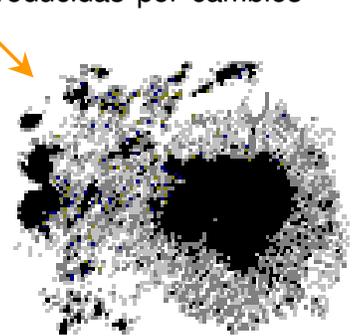
Veamos a continuación algunos datos físicos y luego exploremos los misterios de la estrella que nos proporciona absolutamente todo lo que existe sobre la Tierra.

El tamaño aparente del Sol es de aproximadamente medio grado, esto permite una buena observación a simple vista. Si bien **NUNCA** debe hacerse esto sin la protección adecuada, por lo que si no se hace con **asesoramiento profesional NUNCA se debe intentar**, Galileo **murió ciego**, (*en sus últimos años estuvo en prisión domiciliaria por la Inquisición a causa de sus declaraciones acerca de que la Tierra no era el centro del universo*), debido a que pese a su gran genio ignoraba la **peligrosidad de la observación solar**. Sin contar las pequeñas variaciones aparentes de tamaño que produce el hecho que las órbitas sean elipses, el tamaño aparente del sol y la luna es por coincidencia el mismo casi siempre.

La fotosfera es la superficie visible del sol. Como el sol es una esfera de gas, esta superficie no es sólida, sino más bien una fina capa de 100 Km. (bastante fina si es comparada con las demás capas solares). Con un simple telescopio, se pueden observar algunas características de la fotosfera, como por ejemplo, las manchas solares, las brillantes fáculas, y **gránulos**. Estos gránulos son la vista superior de la corriente convectiva, similar al burbujeo de un líquido hirviente. También es posible observar el flujo de materia en la fotosfera utilizando el efecto Doppler. Estas medidas, nos pueden revelar características adicionales como supergránulos, y patrones de ondas y oscilaciones.



Las **manchas solares** son áreas más frías en la fotosfera producidas por cambios en el campo magnético. Las manchas solares tienden a aparecer en grupos y están asociadas con otros fenómenos de la actividad solar. A pesar que las manchas tienen una temperatura promedio de 3700°K no son oscuras, lo parecen comparadas con las regiones más brillantes que la rodean de aproximadamente 5400°K. Las manchas varían de tamaño siendo estas de 2,000Km hasta 100,000 Km. En algunos casos la tierra entraría decenas de veces.



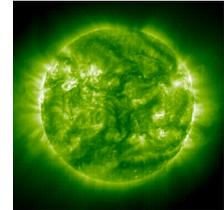
Corona: Capa de gran extensión temperaturas altas y de bajísima densidad. Está formada por gases enrarecidos y gigantescos campos magnéticos que varían su forma de hora en hora. Se ve sólo en la totalidad de los eclipses de Sol o con un instrumento conocido como coronógrafo. La corona es el origen del **viento solar** cuya importancia veremos más adelante.



La cromosfera es una capa irregular, por encima de la fotosfera, en donde la temperatura se eleva hasta 20 000 °C. A éstas temperaturas, el hidrógeno emite luz, lo que le proporciona un color rojizo. Esta emisión puede ser observada durante un eclipse solar.

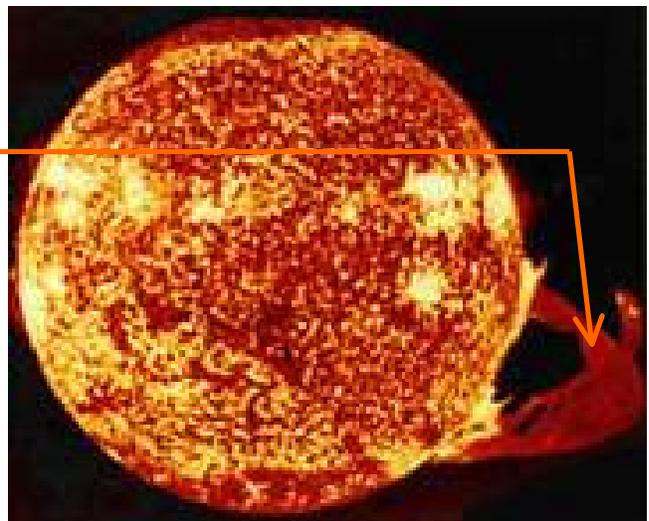
Cuando observamos el sol, con un filtro que aísla la radiación de la cromosfera, una gran variedad de nuevas características pueden ser vistas. Algunas de las más interesantes, son las áreas más brillantes alrededor de las manchas, los oscuros filamentos a través del disco, y las redes de campos magnéticos. La cromosfera es muy activa, llamaradas solares, erupciones, y arcos de gas, pueden ser observados desde la tierra, durante los eclipses solares.

Según la longitud de onda que utilicemos el Sol puede verse muy distinto a lo que conocemos habitualmente, en la página anterior tenemos una imagen capturada por SOHO en una amplitud de 195 Å, con película especial el 12 de febrero de 2002.



En la **cromosfera** se producen las **fulguraciones** (estallidos de intensa energía debido a los campos magnéticos solares y las **protuberancias** (estructuras arqueadas en las que la materia de la cromosfera se aglutina siguiendo las líneas de campo magnético

Hoy sabemos que, en efecto, el Sol rota sobre un eje que tiene una inclinación máxima de unos 7 grados respecto del plano en el que orbita la Tierra, y también sabemos que el Sol, que no es un sólido rígido, rota de forma diferencial, es decir, rota más rápido en el ecuador que en los polos, de forma que, mientras en el ecuador tarda unos 26 días en dar una vuelta completa, cerca de los polos tarda más de 30 días. Esta rotación diferencial del Sol juega un papel muy importante en la vida de nuestra estrella ya que, junto con la convección, es la responsable de la generación y mantenimiento del campo magnético por lo que sabemos en la actualidad. Hoy en día se acepta que el campo magnético solar se regenera continuamente a partir de la combinación de la rotación diferencial y de los movimientos convectivos en la parte externa del Sol. A este mecanismo se le denomina "efecto dinamo", por ser similar a las dinamos de los motores de los coches.



Corona Solar

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Grosor | 3.000.000 km |
| Densidad | 10-13 kg/m ³ |
| Temperatura media | 106 °K |

Cromosfera

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Grosor | 2.000 km |
| Densidad | 10-9 kg/ m ³ |
| Temperatura media | 4.300 °K |
| Temperatura cima | 20.000 °K |

Fotosfera

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Grosor | 100 km |
| Densidad | 10-6 kg/ m ³ |
| Temperatura media | 6.050 °K km |

Zona Convectiva

| | |
|--------|--------------|
| Grosor | 3.000.000 km |
|--------|--------------|

Zona Radiativa

| | |
|--------|------------|
| Grosor | 500.000 km |
|--------|------------|

Núcleo

| | |
|-------------------|----------------------------|
| Grosor | 175.000 km |
| Densidad | 160.000 kg/ m ³ |
| Temperatura media | 15.000.000 °K |

El Sol

| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| Edad | 4.500.000.000 años |
| Radio | 696.265 km |
| Masa | 1,9891 x 10 ³⁰ kg. |
| Densidad media | 1.410 kg/ m ³ |
| Luminosidad | 3,83 x 10 ²³ kW |
| Clasificación Espectral | G2 |
| Hidrógeno | 73,46% |
| Helio | 24,85% |
| Oxígeno | 0,77% |
| Carbono | 0,29% |
| Hierro | 0,16% |

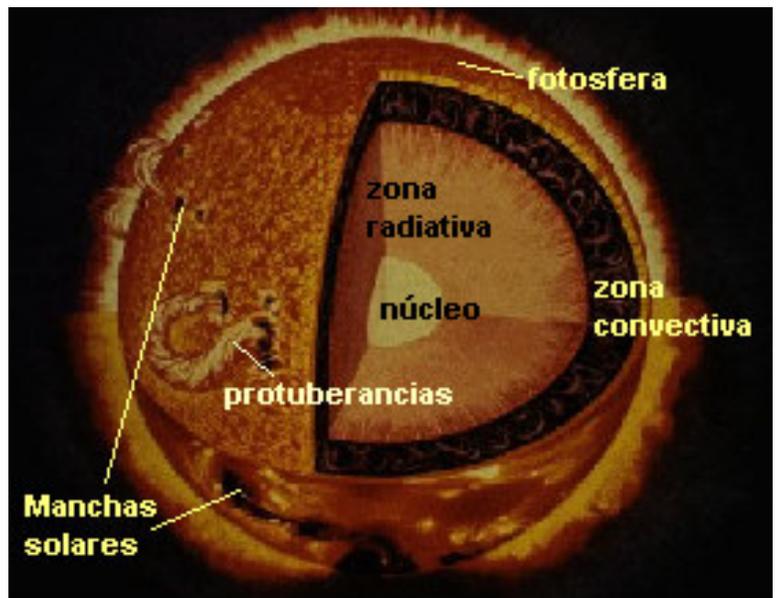
2g.1) Estructura Interna de las Estrellas

De las tablas anteriores tenemos una completa base de datos acerca del Sol, pero esos datos no son del Sol solamente, sino que nos sirven para comprender a las otras estrellas. El ejemplo es válido excepto por los valores numéricos, pero lo remarcaremos.

A unos seiscientos mil km. desde la superficie; en el **núcleo** del Sol, las reacciones nucleares consumen el hidrógeno para formar helio. Estas reacciones, generan la energía que más tarde abandona la superficie, en forma de luz visible. Las reacciones se producen gracias a las elevadas temperaturas y presiones que reinan en el núcleo solar, pues los núcleos de hidrógeno necesitan tales condiciones, para vencer la fuerza electromagnética repulsiva (entre dos partículas positivamente cargadas), y unirse para formar núcleos de helio. La temperatura central es de aproximadamente 15 millones de grados centígrados y la densidad es de 150 gramos por centímetro cúbico (aprox. 10 veces la densidad del plomo). La temperatura y la densidad, disminuyen a medida que uno se aleja del centro. Durante el proceso de fusión, las reacciones nucleares, producen también unas partículas llamadas neutrinos. Estas escurridizas partículas, atraviesan todas las capas solares, y al cabo de 8 min. alcanzan la Tierra. El número de neutrinos que los detectores consiguen captar, es tan solo una fracción del número esperado por los cálculos. El problema de los neutrinos, es uno de los grandes misterios, que enfrentan los astrofísicos.

El transporte de la energía es una de las fases más interesantes que explica como llega la energía desde el núcleo del sol en donde se genera hasta el espacio y luego a la Tierra.

La zona radiativa es una vasta capa, que rodea al núcleo solar, y ocupa un 70% del radio del sol. La zona radiativa es caracterizada por la intensa radiación que emite. La energía generada en el núcleo, es transportada por partículas de



luz (fotones) hacia la zona radiativa. Aunque los fotones viajen a la velocidad de la luz, rebotan tantas veces en el denso material del núcleo, que cada fotón demora casi 1 millón de años en alcanzar los límites superiores de la zona radiativa. La densidad de la zona radiativa varía de 20 g/cm^3 (aproximadamente la densidad del oro) en su frontera con el núcleo, hasta $0,2 \text{ g/cm}^3$ (poco menos que la densidad del agua) en el borde superior de la zona radiativa. La temperatura cae de 7 a 2 millones de $^\circ\text{C}$ en la misma distancia.

La zona convectiva es la capa que circunda a la zona radiativa. Se extiende desde una profundidad de 200 mil Km. hasta la superficie visible. En la base de la **zona convectiva**, la temperatura es de aproximadamente 2 millones de $^\circ\text{C}$. A estas temperaturas relativamente bajas, los iones más pesados (oxígeno, carbono, nitrógeno, hierro) consiguen atrapar algunos electrones y debido a esto la zona radiativa se hace un poco más opaca a la radiación. Al ser más opaca, retiene más calor y hace que el fluido se vuelva inestable, comience a "burbujear" y se generen poderosas corrientes de convección. Las corrientes se elevan rápidamente hacia la superficie y una vez allí, debido a que la presión es más baja, el fluido se expande, y se enfría. En la superficie visible, la temperatura desciende hasta $5\,700 \text{ }^\circ\text{C}$ y la densidad es de $0,0000002 \text{ gm/cm}^3$ (10 mil veces menos que la densidad del aire). Los movimientos convectivos pueden ser apreciados en la superficie como gránulos y supergránulos.

2g.2) Origen de la energía Estelar Parte I

Como veremos en este diagrama, comenzaremos con una explicación simplificada antes de ingresar en el siguiente módulo con una serie más profunda y detallada de los modelos que existen para explicar el funcionamiento de la generación de origen en las estrellas.

En este punto sólo diremos que como sabemos gracias a la famosa ecuación de

Einstein, $E=mc^2$, la materia puede ser transformada en energía en condiciones determinadas. Mucho antes que el hombre supiera como duplicar ese poder, el Sol lo utilizaba para transformar nuestro mundo en un sitio habitable. Si bien el Sol no tiene conciencia alguna, no está de más que nosotros tengamos la idea exacta de cuán importante es este proceso en la historia de la vida que conocemos.



Así que, para terminar este módulo y antes de profundizar en el tema como es debido, a modo de simplificación, diremos que cuatro núcleos de hidrógeno, se unen formando un núcleo de helio.

En medio del proceso dos de esos Protones pierden su carga y se transforman en Neutrones. El total de esa suma de $1+1+1+1$ no es 4, sino algo menos.

Esa materia faltante se transforma en energía, generando el calor del Sol.