

# LAS ESTRELLAS

## 2g.3 ) Origen de la energía Estelar Parte II

Hemos razonado como la masa de las estrellas se produce mediante la liberación de fuerzas que subyacen en la estructura misma de la materia. Estamos acostumbrados a tratar con la energía que se produce de la ruptura de enlaces químicos, los ácidos o hasta los explosivos. Pero existen enlaces que son billones de veces más fuertes que esos enlaces químicos y al desintegrarse o para alterarse requieren o liberan energías billones de veces más intensas que las que estamos acostumbrados a tratar, como por ejemplo el motor de explosión de un auto o el petardo que utilizamos en las fiestas o al festejar un partido.

Estamos hablando naturalmente de energía atómica.

En el estado actual de la física moderna reconocemos cuatro fuerzas fundamentales.

Por su orden de magnitud, estas son:

1. **F.A.N. Fuerza de Atracción Nuclear.** Esta fuerza es de una intensidad enorme, miles de millones de veces más fuerte que la gravedad, pero decrece enormemente con la distancia. Tanto que en el corto espacio del diámetro del núcleo atómico puede dejar de actuar. De hecho lo hace cuando los átomos son mayores de cierto límite.
2. **F.I.D. Fuerza de Interacción Débil,** también conocida como fuerza débil. Para nuestros propósitos aquí debemos mencionarla para explicar que participa en eventos que suceden en el átomo y entre partículas subatómicas.

3. **F.E.M. Fuerza Electromagnética**, también conocida como fuerza de atracción y repulsión electromagnética. Si bien esta fuerza se manifiesta a distancias considerables y no actúa solamente en el entorno atómico. Si consideramos además que esta fuerza es enormemente más intensa que la gravedad. Se impone la pregunta de por qué no es la fuerza que más notamos. La respuesta a esto es que sí la notamos. Dado el enorme espacio que separa los átomos entre sí, si no fuera porque las cargas negativas de los electrones que bordean el átomo se repelen, nuestras manos atravesarían el teclado o el mouse de la computadora. Como es la única fuerza que posee características positivas y negativas, genera en cargas iguales repulsión y en opuestas atracción, con lo que su efecto tiende a equilibrarse. Sin embargo, como veremos a continuación es junto con la gravedad, la artífice de la energía de las estrellas. Aunque esto sería injusto con las otras fuerzas nombradas anteriormente, mucho más “fuertes”, pero de poca o ninguna connotación en nuestra vida diaria.

4. **F.A.G. Fuerza de Atracción Gravitatoria**. Esta es la más débil de todas y sin embargo parece regir el universo. Siempre es atractiva, nunca repulsiva. Opera a través de enormes distancias, en una relación directa con la masa e inversa al cuadrado de la distancia. Y siempre que exista materia en adición, aumenta su intensidad. Antes de **Einstein** la veíamos como una misteriosa “emanación” de la materia, tal como la concibió **Newton**, luego la explicamos como un efecto capaz de deformar el espacio, como los objetos deforman un colchón al ser apoyados sobre él. Las teorías evolucionan y hoy los físicos cuánticos buscan una explicación cuántica de la gravedad, una partícula “discreta” como el **gravitón**, que por ahora existe sólo en teoría, Y tal vez siempre sea así.

Habiendo establecido las reglas con las cuales juega la materia a la hora de interactuar para producir energía, podemos continuar con el tema que nos ocupa.

- Explicaremos cómo las estrellas generan energía.
- Cómo transmutan elementos, cambiando el hidrógeno en helio y en cierta forma formando todos los elementos como el calcio de nuestros huesos y el hierro de nuestra sangre, que provienen del centro de las estrellas.

- Entenderemos como nace, vive, muere y a veces que sucede luego de su muerte, en un escenario que convierte a nuestra noción de la realidad y el tiempo en una ilusión.

## **LA FUSION NUCLEAR EN LAS ESTRELLAS**

Para iniciar nuestro estudio del Sol debemos partir del hecho más importante: el Sol, igual que las demás estrellas, es un enorme generador de energía, Debemos entonces intentar descubrir cómo la genera. La primera vez que se teorizó acerca de la energía que irradia el Sol, seguramente se llegó a la conclusión de que allí tenía lugar una combustión, algo similar a una hoguera gigantesca donde “algo” se quemaría. Estamos hablando de los primeros estadios de la ciencia, cuando el elemento de mayor poder energético que conocía la humanidad era el fuego. En química sería: oxidación con liberación de energía.

### **Energía, (Calor) + material combustible + Oxígeno la “fórmula” del FUEGO.**

Pero los avances en ciencia dieron a luz lentamente a la termodinámica, la rama de la física que estudia la energía. Fue sólo cuestión de tiempo descubrir la relación entre calor liberado y el material combustible en cada combustión química, y cuando en el siglo pasado se hicieron los cálculos sobre la cantidad de materia necesaria para mantener el Sol en combustión al ritmo actual de generación de energía, se llegó al incompatible resultado de que suponiendo al Sol formado por el mejor combustible imaginable, hidrógeno puro, por ejemplo y oxígeno en proporción adecuada, el proceso se agotaría en tal vez un siglo.

Como sucede casi siempre en la historia de la ciencia, y más en la astronomía, esta respuesta sólo generó mayores dudas. Si la combustión no genera la energía, ¿qué la produce?

Empezó una búsqueda de teorías, con un premio impensable.

La respuesta que estaban buscando estos astrofísicos no solo podía cambiar el conocimiento, sino que si ponía al hombre en posesión de los secretos de la energía de las estrellas, podría cambiar la historia.

La observación de que la entrada en nuestra atmósfera de meteoritos liberaba una considerable energía, al transformarse la energía cinética que poseía el cuerpo en el

espacio, en calor y luz, por la fricción producida con el aire atmosférico dio lugar a una teoría distinta sobre el origen de la energía solar: se razonó que tal vez en el Sol caían constantemente grandes cantidades de meteoritos, liberando con ello luz y calor.

Claro que eso contenía una fuerte incoherencia; para mantener el ritmo actual de generación de energía, haría falta que cayeran cuerpos sobre el Sol a tal ritmo que su masa se duplicaría en pocos millones de años. Como vimos en la explicación de la F.A.G., si la masa del Sol se incrementara, lo haría su fuerza gravitatoria, y esto alteraría las órbitas planetarias, pero; hay buenas razones para sostener que nuestra órbita es perfectamente estable, y que la duración del año, (el período orbital de la tierra), es la misma desde hace muchísimos millones de años.

A mediados del siglo pasado dos físicos: Helmholtz y Kelvin, propusieron una nueva teoría sobre el origen de la energía solar.

Sin el conocimiento moderno acerca del átomo, la única explicación posible seguía siendo la caída de materia hacia el Sol. La única forma era que el Sol cayera en sí mismo.

Consideraron al Sol como una gigantesca esfera gaseosa que iba lentamente contrayéndose bajo la acción de su propia atracción gravitatoria. De esta manera, la energía gravitatoria comprimiría el gas, aumentando su temperatura; por supuesto que como esa energía era irradiada al exterior, el proceso de contracción debía continuar a los efectos de mantener constante la radiación.

Éste fue el mejor intento, pero al efectuarse cálculos acerca de cuánto tiempo llevaría ya el Sol contrayéndose para haber llegado a su tamaño actual, se encontró que aún partiendo de una masa gaseosa de varios Años-Luz de diámetro, en solo 30 millones de años habría llegado al estado actual.

La cifra no era en ese momento del todo mala pero cuando la geología empezó a calcular valores de miles de millones de años para la edad terrestre, se vio lo insostenible de esta teoría.

Habría que esperar y buscar en otro sitio.

Para el año 1896 el físico francés Antoine Henry Becquerel descubrió una extraña propiedad de los minerales que contenían un cierto elemento químico, el uranio. Estos minerales emitían una misteriosa radiación capaz de velar placas fotográficas, aún envueltas en papel negro. Era la radiactividad.

Podía ser la explicación que estaba esperando el mundo de la astronomía.

Algo similar podía estar ocurriendo en el interior del Sol y las demás estrellas. Tal vez en el Sol hubiera cantidades importantes de minerales radioactivos, y fueran éstos los

responsables de su energía radiante. Pero, y éste era un gran pero, en el espectro solar no aparecerían las líneas de ningún elemento radiactivo.

Peor aún, los elementos radiactivos tienen una vida media, es decir, decaen, pierden la radioactividad, unos más rápido, otros más lentamente, pero sin excepción todos lo hacen. Esto implicaba que la energía radiada por el Sol debería ir disminuyendo, por lo menos en períodos prolongados. Aquí también la evidencia paleontológica, el estudio de los fósiles, principalmente, demostraba que en millones de años la radiación solar se había mantenido más o menos constante. Sin embargo el comienzo del siglo XX traería la solución de la mano de uno de los más grandes científicos de la historia.

Cuando en 1905 se publica la entonces nueva Teoría de la Relatividad, que igualaba la materia y la energía, pero en cantidades que no podían siquiera ser soñadas hasta ese entonces, se hizo evidente para muchos que existía una nueva puerta a la que tocar en la búsqueda de la energía estelar. No obstante, ¿cuál era el mecanismo?, no lo sabían; Sin embargo era la posibilidad más racional, en el interior del Sol, y de seguro en todas las estrellas la materia se transformaba en energía.

En 1926 Sir **Arthur Eddington**, publica "**La constitución interna de las estrellas**", donde demostraba cómo funcionaba, en principio una estrella, claro que, (TODAVÍA) faltaba por resolver el problema de la liberación de la energía.

Eddington, atendiendo a la enorme abundancia y propiedades atómicas del hidrógeno, sugiere entonces que este elemento de alguna manera se está transformando en helio. La suma de cuatro núcleos de hidrógeno podría dar lugar a un núcleo de helio y en el proceso algo de la masa inicial se transformaría en energía.

Pero, ¿cómo podría la "débil fuerza gravitatoria" vencer la "enorme" repulsión electromagnética, que impide que dos núcleos de hidrógeno, (que es lo mismo que decir dos protones), de cargas positivas se unan, se "**fusionen**"?

No era posible que la gravedad y la temperatura por si solas proveyeran suficiente energía para la fusión.

La solución estuvo dada por un notable descubrimiento hecho en 1928 por **George Gamow**, el **efecto túnel**.

Ocurre que el protón que no podía atravesar la barrera que representa la repulsión electromagnética del otro protón súbitamente aparece "al otro lado de la barrera", como si hubiera atravesado "por un túnel". Este es un efecto probabilística, es decir: su probabilidad de que ocurra se maneja con leyes estadísticas, como todo lo que ocurre en la física cuántica. Por eso, si bien la probabilidad de que un protón supere la repulsión

electromagnética y penetre en el otro protón es muy pequeña, esto no significa que sea imposible: será solamente un resultado que dada la enorme cantidad de protones que están moviéndose a altísimas velocidades en el interior del Sol. Muchos de ellos en cada instante están chocando, venciendo sus barreras de potencial por medio del efecto túnel, y liberando energía, la energía que luego saldrá a través de la superficie solar hacia el espacio exterior.

Entonces sólo queda ahora por saber cuál es el proceso por el cual el hidrógeno se fusiona para formar helio. Hay dos posibles modelos para ello: **el ciclo del carbono** y la **reacción protón-protón**. Que veremos a continuación en el siguiente módulo.