

LAS ESTRELLAS

2h.4) Evolución Estelar Parte III

Fin del Equilibrio

La estrella puede mantenerse fusionando el hidrógeno del núcleo, como vimos, durante su estancia en la secuencia principal.

Cuando la estrella acaba su hidrógeno en el núcleo queda un casi total porcentaje de Helio.

Esto quiere decir que si la estrella va a continuar en equilibrio deberá contrarrestar la gravedad con este nuevo elemento.

Pues bien, el helio es un combustible de “segunda mano”, y la estrella necesita mayor presión para fusionarlo. De la fusión del hidrógeno se obtiene carbono, y en el proceso existe una cantidad de materia que se transforma en energía.

Pero este nuevo combustible no es tan eficiente, y la estrella empieza a variar su estructura.

Las capas exteriores comienzan a hincharse, “expansión”, y a alejarse del núcleo.

Al alejarse del núcleo desciende su temperatura y como vimos esto se refleja en su color.

La estrella ahora quizás unas cien veces más grande en su diámetro es enorme y rojiza. **Una Gigante Roja.**



Pero como vimos las estrellas son distintas en su tamaño inicial.

La **gigante roja** es un fin esperado para el Sol sobre el final de su vida, dentro de unos cuatro o cinco mil millones de años. Es apenas posible imaginarlo, una estrella que tiene el tamaño del sistema solar interior.

Sin duda esto representa el fin de la Tierra, y aunque falta mucho tiempo, unas cuatro mil veces más que el tiempo que les llevó a los monos convertirse en seres capaces de intentar desentrañar los misterios del universo, si la humanidad no se ha extinguido deberá emigrar pues la tierra misma se convertirá en vapor cuando sea tragada por la fotosfera de la gigante roja que será el sol. También debemos razonar que mucho antes de eso quedará inhabitable obviamente por el calor creciente de la estrella.

Pero... ¿Qué sucede cuando la estrella es mucho mayor?

En este caso la estrella es una **supergigante roja**.

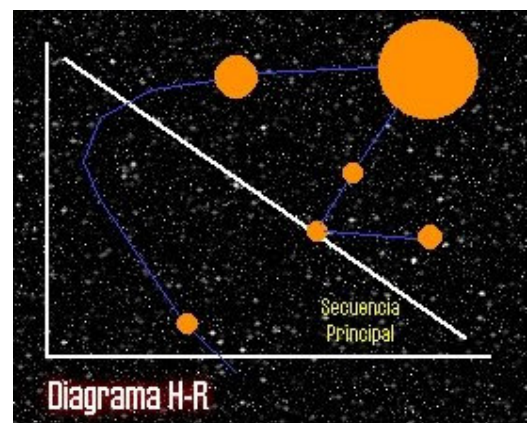
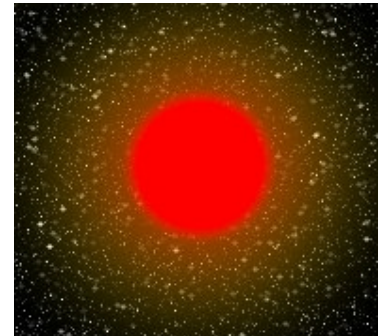
El núcleo tiene una composición que además de helio abarca carbono y oxígeno en gran parte.

Las estrellas sintetizan sus elementos a lo largo de la tabla periódica.

Todo los elementos que existen a partir del hidrógeno estuvieron alguna vez en el núcleo de una estrella.

Aquí las fuerzas involucradas son enormemente mayores.

Las capas exteriores se expanden a mucha mayor distancia. Estamos hablando de estrellas que miden tanto como la mitad del sistema planetario Solar. Epsilon Auriga, llegaría hasta la órbita de Urano si estuviera en el lugar del Sol. Pero aún con ese monstruoso tamaño la estrella es invisible desde la Tierra y la conocemos porque tiene una compañera que la eclipsa. Emite casi toda su energía en el infrarrojo. Sin embargo la temperatura que provoca esa expansión al ser mayor mantiene el color en la superficie de la estrella, así que pese a su tamaño la temperatura superficial es similar. La consecuencia es que comparada con otra estrella cualquiera de su temperatura tendremos una enorme



diferencia de brillo, situando a esta estrella en el margen superior derecho del diagrama HR.

Vemos entonces como la misma estrella a lo largo de miles de millones de años, (según su masa pueden ser sólo millones de años o cientos de miles de años), se mueven a través del diagrama cambiando su temperatura, luminosidad y color en tanto su núcleo y estructura interna sufren cambios más dramáticos aún.

Sin embargo esto es sólo el principio de las maravillas. Los objetos a los que puede evolucionar una estrella pueden ser muy extraños, tanto que resultan difíciles de entender, y hasta de creer.

Aproximadamente siete masas solares.

Nos detendremos un segundo aquí para comprender un tipo de estrellas que son de gran importancia para la astronomía.

Se inició el estudio de estas estrellas porque se investigaba una característica única, la variabilidad.

Pero esta variabilidad tenía una precisión y un uso.

En 1784, un adolescente sordomudo, llamado John Goodricke, descubrió los cambios de Delta Cefeida. Pasado algo más de un siglo, Henrietta Leavitt, de Harvard, estudió los ciclos de unas veinticinco Cefeidas, en la Pequeña Nube de Magallanes (una de las galaxias más cercanas a nuestro sistema) y llegó a la conclusión de que cuanto más brillantes eran sus magnitudes medias más prolongados eran sus períodos de variación. Posteriormente, Harlow Shapley dio un gran salto en la interpretación de los datos referentes a las Cefeidas, y enunció que, tomadas dos con un mismo período de variación, la de magnitud media más elevada será la más cercana a nosotros. La relación período-luminosidad, como la llamó él, se convirtió en una fórmula eficaz para medir distancias en el espacio.

El hecho contrastable por observación no tuvo explicación coherente hasta cerca de 1960, fecha en la que Zhevakin recalculó la capacidad de emisión de las capas externas de la estrella. Esto es importante porque el gas de la atmósfera de la estrella podía emitir o hacerse opaco según las variaciones de temperatura asociadas a su cambio de tamaño y a su masa.

Esto explicaba el inicio de los pulsos, y el tiempo que la estrella lograba permanecer en su etapa variable.

En su fase “horizontal” del diagrama todas las estrellas pasan por su etapa cefeida.

En las etapas que las llevan a su estadio de gigante roja comienzan a variar su tamaño y temperatura, cambiando por consecuencia su brillo en una secuencia única que lleva a oscilaciones con un período de días a semanas.

Las estrellas cefeidas tienen una relación única entre su frecuencia de cambio y su magnitud absoluta.

Esto quiere decir que podemos saber la magnitud absoluta de una estrella cefeida si conocemos el período de variación máximo-mínimo.

¿Por qué es esto tan importante?

Hemos visto y hablado de cómo medir las distancias estelares, pero aún para los mejores elementos de observación astronómica el paralaje es una medida que implica una precisión que puede estar más allá de los límites de la tecnología.

Cuando observamos un cúmulo que posee estrellas cefeidas y medimos su magnitud absoluta a partir de su variación de brillo aparente podemos saber su distancia con una simple ecuación.

Esto permite saber la distancia del cúmulo.

Una pregunta habitual es que si un cúmulo tiene cien años luz de diámetro, las medidas en el mejor de los casos pueden tener un defecto de cien años luz.

Pero eso no es relevante

Si le preguntamos a alguien que vive en Australia el nombre de la ciudad, no será relevante si queda en el centro o en las afueras de la ciudad para que tengamos una idea clara de la distancia a la que se encuentra.

Del mismo modo no es relevante en distancias de millones de años luz o de cientos de miles, un error de tal vez diez o cien años luz.

Ahora es posible entender el interés que despiertan estas estrellas en los astrónomos.

Son verdaderos mojones en el universo, indicando la distancia a la que miramos.

Entre once y cincuenta masas solares.

Estrellas enormes, calientes, azules.

Estrellas que viven tan poco en comparación con sus similares que son al Sol lo que éste a un hombre.

Estas estrellas formarán estrellas **supergigantes rojas**, estrellas cuyo núcleo está tan caliente y tan presionado por la gravedad que comenzará a fusionar el carbono en hierro.

El hierro es el último paso para el núcleo de una estrella. Cualquier proceso que fusione el hierro no aportará energía a la estrella, la consumirá.



Entonces: ¿Cómo se formaron estos elementos? ¿Qué sucede en el núcleo de la estrella? Y lo más importante, ¿cómo termina esta historia?

Si recordamos bien, veremos que ya no hay hidrógeno en el núcleo, el único hidrógeno que queda en la estrella está en las capas exteriores que no pueden producir fusión.

En el centro de la estrella tenemos plasma de hierro, tan caliente que es incapaz de gasificarse, envolviéndolo como las capas de una cebolla encontramos elementos como carbono, oxígeno, boro, helio y al final hidrógeno fuera del núcleo, en enormes cantidades.

Cuando el equilibrio se rompe.

Hemos considerado, sin error, a las estrellas como sistemas de fuerzas en la que la pugna está originada por dos fuerzas. La fuerza de gravedad y la presión de radiación de la estrella al producir energía por fusión.

Como es lógico con un simple análisis la estrella está condenada al fracaso.

La presión de radiación responde a la capacidad de transformar materia en energía y acabamos de ver que el proceso no puede seguir indefinidamente ya que la fusión de hierro sin aporte de energía es imposible.

Una de las fuerzas depende de la masa y su capacidad para deformar el espacio según la teoría general de la relatividad de Einstein, esta fuerza no tiene límite y se sustenta a si misma por la forma en que el universo es. La otra tiene un principio y un fin. Además anotaremos ahora que la estrella obtiene su mayor energía de la **fusión del hidrógeno**, en cuanto la estrella comienza a **fusionar helio** en otros elementos ha pasado el **80% de su vida**.

Aún así como veremos la parte más emocionante de esta historia apenas empieza, pues como en todo misterio la mejor parte está al final.

Como hemos repetido a lo largo de estos módulos y repetiremos hasta el fin, la masa es el patrón dominante de la estrella. Lo es en su vida y lo será en su fin. Y en cada tipo particular de final. Para cada estrella la muerte es algo personal.

Palabras que hemos visto en el Diagrama H-R como **enanas blancas**, otras que hemos escuchado afuera como **pulsares** y **estrellas de neutrones** y por supuesto **agujeros negros**. Objetos que colindan en el misterio de algo que es tan masivo como una galaxia y sin embargo no tiene más existencia que la demostración de una gravedad casi infinita que deforma el espacio casi infinitamente. Una de las contribuciones de Einstein fue además el concepto de espacio-tiempo. Algo que deforma el espacio, deformará el tiempo, como veremos en el próximo módulo.