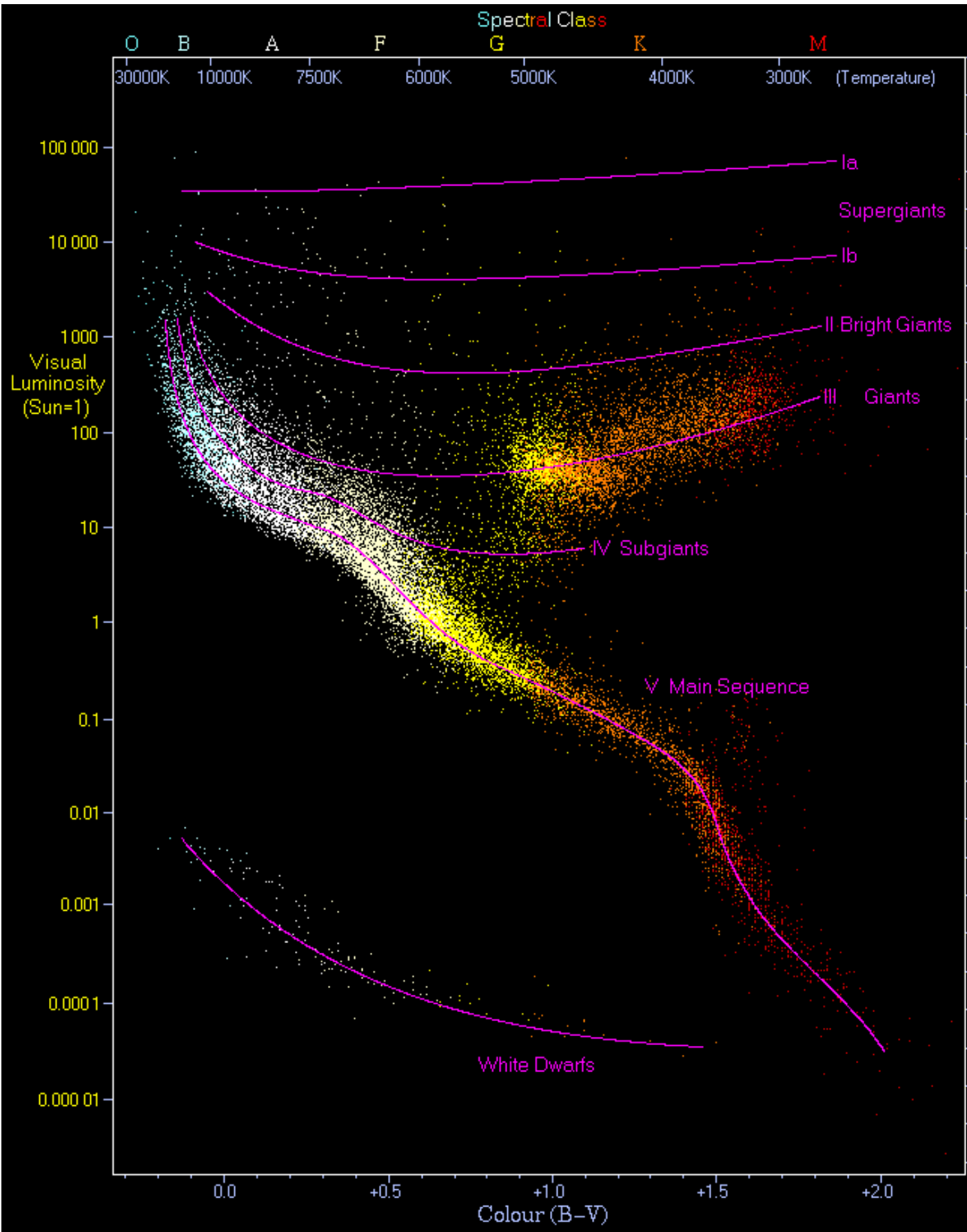


El Diagrama de Hertzsprung Russell

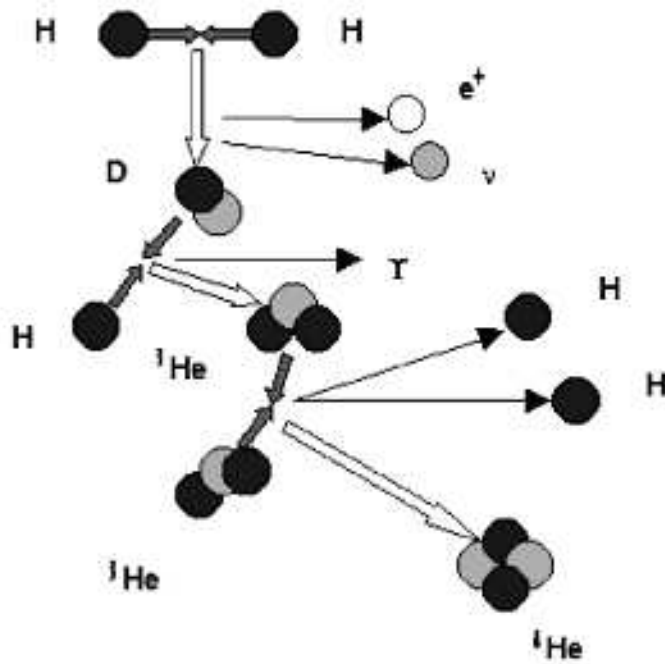
Este es un dibujo de luminosidad (magnitud absoluta) y color de las estrellas que cubre desde las altas temperaturas de las estrellas blanca-azules en el lado izquierdo a la baja temperatura de las estrellas rojas del lado derecho.

El diagrama de abajo es un dibujo de 22000 estrellas del Catalogo Hipparcos junto con 1000 estrellas de poca luminosidad (enanas rojas y blancas) del Catalogo Gliese de Estrellas Cercanas. Las estrellas mas comunes, las enanas que queman hidrogeno, como el Sol, se encuentran en la banda que va desde arriba a la izquierda hacia abajo a la derecha llamada Main Sequence (Secuencia Principal). Las estrellas gigantes estan ubicadas en la parte superior. Un poco mas abajo estrellas poco comunes como las gigantes brillantes y las supergigantes. Abajo a la izquierda esta la banda donde se encuentran enanas blancas - estas son los centros muertos de estrellas viejas que no posee energia interna y que a medida que pasan millones de años se enfrían de a poco ubicandose abajo a la derecha.

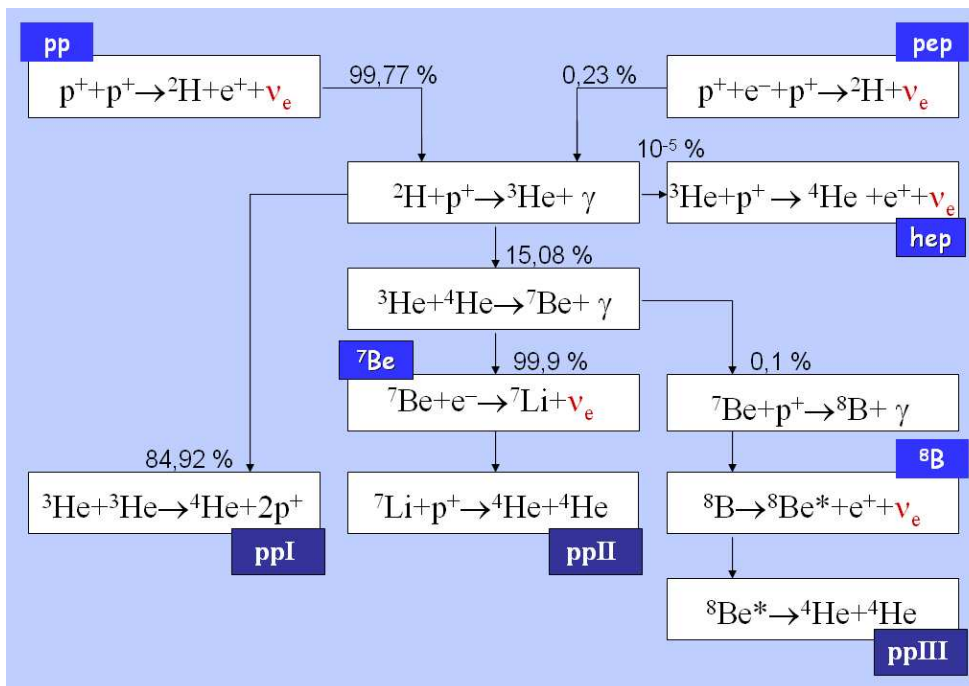


Origen de los elementos necesarios para la vida

Las estrellas emiten radiación porque hay suficiente calor y densidad en su interior como para permitir la fusión nuclear. La fusión consiste en fundir elementos ligeros para producir otros más pesados, con la consiguiente emisión de energía. Esta liberación de energía en el núcleo produce, a su vez, la presión necesaria para contrarrestar la gravedad de las capas externas de la estrella que "aplastan" este núcleo, alcanzándose un equilibrio. El primer elemento que fusionan las estrellas es el hidrógeno, el más abundante del Universo, dando como resultado helio. Esta situación se puede mantener durante miles de millones de años. Nuestro Sol, por ejemplo, realiza en estos momentos esta reacción.



Ciclo protón-protón



Una vez fusionado todo el hidrógeno la estrella entra en crisis al no poder mantener el equilibrio de presiones en su núcleo. Lo que ocurre después del agotamiento del hidrógeno depende de la masa de cada estrella, pero en general ocurre lo siguiente: la gravedad contrae el núcleo estelar, con lo cual, aumenta su temperatura. Esto provoca el encendido de la fusión del hidrógeno en una capa delgada en torno al núcleo. Como consecuencia la estrella expande sus capas externas. A esta nueva situación se le denomina fase de Gigante Roja.

Sólo cuando el núcleo alcanza la temperatura suficiente (cuanto más pesados son los átomos más temperatura se necesita para fusionarlos), el helio comienza a fusionarse para dar elementos más pesados como el carbono o el oxígeno. Esta fuente de energía estabiliza la estrella de nuevo aunque por poco tiempo. En las estrellas masivas este ciclo se repite muchas veces: las cenizas de un proceso son el combustible del proceso siguiente. Por ejemplo, el helio, las cenizas del primer proceso de fusión, es luego el combustible para producir carbono y oxígeno. De esta manera se van produciendo elementos cada vez más pesados. El proceso se detiene cuando se llega al hierro. El hierro es un átomo muy estable cuya fusión no puede realizarse debido a que se trata de un proceso endotérmico en vez de exotérmico, como eran hasta ahora todas las reacciones de fusión que hemos descrito. Conclusión: los átomos de hierro se acumulan en el centro de la estrella dando lugar a un núcleo inerte. En el caso de estrellas de masa pequeña o intermedia la secuencia se detiene en el carbono y el oxígeno antes de alcanzar el hierro.

Al mismo tiempo que ocurren estas sucesivas fusiones las capas más externas de la estrella continúan expandiéndose. Finalmente estas capas terminan por desligarse para formar una enorme burbuja en torno a la estrella a la que llamamos Nebulosa Planetaria. En el centro se encuentra un núcleo compacto muy caliente donde la materia está degenerada. La estrella comienza entonces a enfriarse y a contraerse muy lentamente. A este estado lo llamamos Enana Blanca. Se piensa que nuestro Sol terminará así dentro de 5000 millones de años.

Este final se ve drásticamente alterado si la Enana Blanca es miembro de un sistema binario de estrellas. En estos sistemas binarios, a medida que transcurre el tiempo, las órbitas de las estrellas se reajustan con la consiguiente pérdida de momento angular. Esto provoca la transferencia de materia entre ellas. En los progenitores de supernovas del tipo Ia la estrella que recibe esta transferencia es siempre una Enana Blanca. Qué tipo de estrella es su compañera es todavía una cuestión a resolver, aunque en la actualidad se barajan dos hipótesis: o una Super/Sub Gigante Roja o una Enana Blanca de menor masa que la Enana Blanca que recibe materia. Las Enanas Blancas tienen algunas propiedades particulares, por ejemplo, cuanto más masa tienen más pequeñas son. Esto quiere decir que la Enana Blanca que está incorporando materia se hace cada vez más y más densa. Cuando se alcanza la temperatura necesaria para producir la fusión del hidrógeno, la estrella sufre una explosión termonuclear. A esta explosión se le llama cataclismo Supernova del Tipo Ia. En la explosión la estrella desaparece y se producen elementos más pesados que el hierro, que salen disparados a más de 10000 km/s. Esta es la razón por la que existen elementos como el hierro o el níquel en el Universo. La explosión de una supernova dura sólo unas horas aunque puede mantenerse brillante durante varios días.

Las supernovas del tipo Ia son las más brillantes, y uno de los eventos más energéticos del Universo. La última supernova que explotó en nuestra galaxia, la Vía Láctea, fue en 1604. La más brillante desde entonces ha sido la supernova 1987A en la Gran Nube de Magallanes, una pequeña galaxia satélite de la Vía Láctea.

CREACIÓN DE ELEMENTOS PESADOS DURANTE LA EXPLOSIÓN DE UNA SUPERNOVA

Ya vimos que durante la vida de una estrella pueden formarse elementos pesados, pero sólo hasta el hierro. Lo que ahora vamos a ver es que durante una explosión de supernova es posible crear elementos más pesados que el hierro. Esto se basa en un proceso llamado proceso-r (la r viene de rápido). Durante las reacciones nucleares se forman isótopos inestables, es decir, elementos que tienen un tiempo de vida muy corto. La única manera en que podrían llegar a con-

vertirse en elementos estables sería capturando un neutrón. El problema es que generalmente no hay gran abundancia de neutrones libres, ya que la vida media de un neutrón aislado es muy corta también. Es decir, un neutrón decae en unos cuantos minutos en un electrón y un protón.

No es difícil adivinar cuándo una estrella tiene suficientes neutrones como para que un proceso así pueda llevarse a cabo: justamente cuando se da la fotodesintegración del hierro y los electrones se unen a los protones, formándose una cantidad enorme de neutrones libres. Como justo en este momento también se lleva a cabo la explosión de las capas externas de la estrella, éstas adquieren temperaturas lo suficientemente altas como para iniciar reacciones que conviertan el hidrógeno y helio presentes en elementos más pesados (hasta el hierro). Pero como en ese momento hay tantos neutrones, los isótopos creados pueden capturarlos y de esta forma se forman elementos más allá del hierro (elementos transférricos). Un ejemplo de elementos creados mediante este proceso son el oro y el plutonio. Lo impresionante es que el tiempo en el que este proceso se lleva a cabo es de tan solo unos segundos! Ahora es más fácil entender porqué son tan caros, pueden ser creados únicamente durante unos momentos en la explosión de una supernova.

Una explosión de supernova es importante no solamente porque ahí es en donde se crean muchos elementos pesados, sino que gracias a esta misma explosión estos elementos se esparcen por el medio interestelar. Las capas externas de la supernova, que contienen una mezcla de todos los elementos formados a lo largo de la vida de la estrella, salen expulsadas a miles de kilómetros por segundo. Esto contribuye al enriquecimiento químico de las galaxias. Todos los elementos químicos que vemos a nuestro alrededor (excepto el hidrogeno y parte del helio) fueron formados en el centro de las estrellas, y expulsados al medio circundante durante las etapas finales de su vida.