

LAS ESTRELLAS

2e.1) La Masa de las Estrellas

La masa es todo. La masa determina prácticamente todas las propiedades de una estrella: su temperatura, su color, y cuan rápido evoluciona. La cantidad de energía que emerge de la superficie de una estrella determina su temperatura, y por supuesto, su color.

La energía de una estrella proviene básicamente de reacciones nucleares que tienen lugar en su núcleo. Este reactor nuclear emite más o menos energía dependiendo de la presión en el centro de la estrella. A mayor masa, mayor presión. La mayoría de las estrellas brillan porque en sus hornos nucleares se fusionan continuamente cuatro átomos de hidrógeno para formar uno de helio, convirtiendo en torno a un 0.7 % del hidrógeno en energía. Cuanto mayor masa se acumule el centro de la estrella, el proceso incrementará su ritmo, generando más energía. Como consecuencia y con excepciones que veremos en el próximo módulo, las estrellas más masivas son azules y tienen una corta vida. Las enanas rojas son rojas, frías y tienen una muy larga vida, quizás hasta un billón de años o más, lo que comparado con los 10.000 millones aproximados de años que perdura una estrella como nuestro Sol es casi unas cien veces más. Un ser humano que hubiera nacido en el año 8.000 A.C. y continuara vivo es un buen ejemplo. Hubiera visto el comienzo de las civilizaciones desde los fines de la edad de bronce, los imperios antiguos, Sumerios, Hititas, Egipcios, Atenas, Esparta, Persia, Roma, La Gran Muralla, La Edad Media, el Renacimiento, La Revolución Francesa, La Industrial, la Tecnología y Los viajes espaciales e Internet. Con la diferencia que estas estrellas están aquí desde el comienzo del universo.

Midiendo la Masa de las Estrellas

Entonces, si la masa es tan importante, igualmente importante es poder medirla.

¿Cuál es la forma de hacerlo?

Para no hablar de palancas y principios físicos complejos, cosa que ya haremos, imaginaremos algo muy conocido por todos nosotros. Un sube y baja. Es posible estimar los pesos relativos de los niños que se sientan en un sube y baja a partir de la observación de sus distancias relativas al punto de apoyo. Un niño grande se sienta más cerca del punto de apoyo, y un más pequeño, se sienta más lejos si quieren lograr un juego común y parejo para divertirse. Las estrellas binarias (es decir dos estrellas que orbitan alrededor de un centro de masas común) muestran un comportamiento similar, con el centro de masas actuando como punto de apoyo.

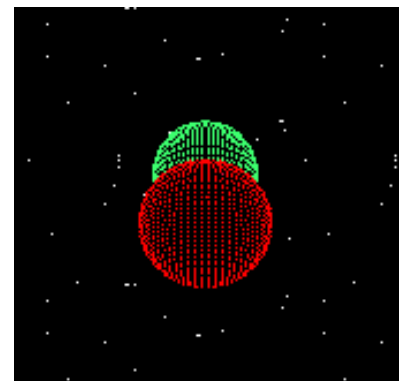
Imaginemos que acabas de pesar a tu hermana y ella va al sube y baja con otro niño de peso desconocido. Se sientan y ajustan sus distancias al punto de apoyo para equilibrar el sube y baja. Si midiéramos sus distancias al punto de apoyo, podríamos determinar el peso del amigo de tu hermana. En el espacio existen similitudes y diferencias con nuestro ejemplo, debido a la **ley de gravitación universal**.

Básicamente nos dice que la atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Esto quiere decir que si debemos equilibrar dos objetos en el espacio, la única forma es que uno de ellos esté en movimiento alrededor de un centro de masa, o ambos alrededor de un centro común de masa. Esto sucede hasta en el caso de la Tierra y la Luna. El centro del sistema Tierra-Luna no solo no está en el centro de la Tierra, sino que a veces está fuera de la Tierra.

Ahora, imaginemos que encontramos una estrella con masa desconocida en un sistema binario, y que tiene a una estrella como el Sol de compañera. Análogamente al caso del sube y baja, midiendo la separación de las estrellas al centro de masas es posible determinar la masa de la estrella desconocida. La determinación de la separación de las estrellas requiere que midamos sus posiciones.

Muchas estrellas como Aldebarán, Antares, Rigel, que a simple vista aparecen como un solo punto luminoso, observadas con telescopio resultan



formadas por dos o más astros próximos entre sí. A estas estrellas se les denomina binarias o dobles si la forman dos, triples si son tres y si son más se llaman, en general, múltiples.

Las estrellas dobles se dividen en:

1) dobles ópticas cuando están formadas por dos estrellas independientemente situadas a gran distancia una de la otra y que se ven próximas proyectadas en la esfera celeste por el efecto de la perspectiva.

2) dobles físicas o binarias cuando entre los dos astros existe relación física, o sea, cuando giran el uno alrededor del otro según las leyes de Kepler y Newton, constituyendo un sistema binario.

En algunas **estrellas dobles**, las componentes están tan próximas que aún con los más potentes telescopios aparecen como estrellas simples y se saben que son dobles por el análisis espectral, o bien, por los eclipses que la más oscura de las componentes produce total o parcialmente a la más brillante, apareciendo la estrella como una variable, como por ejemplo la estrella **Algol**. (Significa Demonio en árabe, (una literal traducción sería la de Genio Inquieto), y dada la imposibilidad de explicar su cambio de brillo se asoció a un ente maligno, para los griegos era el ojo en la cabeza de Medusa sostenida por Perseo). Entre las estrellas triples tenemos a **Régulus**, entre las múltiples a **Lyra**.

Relación Masa-Luminosidad

Echaremos un rápido vistazo antes de tiempo al tema de la **Evolución Estelar** para que se comprendan algunas cosas acerca de la estimación de la masa de las estrellas.

Un asunto que ha despertado mucho interés recientemente es la determinación de la masa mínima que se requiere para que una estrella pueda realizar reacciones de fusión nuclear en su centro. Si una estrella no llega a alcanzar tal masa, la presión central nunca será suficiente para que se produzca la fusión nuclear. Si, por el contrario, llega a esa masa mínima, una estrella habrá nacido.

Ya incluso antes del reciente descubrimiento de las enanas se conocían algunos objetos que estaban claramente por debajo del límite de masa entre estrellas y no-estrellas. Su formación por contracción proporciona suficiente calor para que los objetos de este tipo más jóvenes emitan luz visible, como ocurre con una barra de hierro recién salida de la

fragua. Nosotros podemos observarlos a medida que se enfrían. Dado que el rojo mate es similar al marrón, surgió el nombre enana marrón. La espectroscopia proporciona los datos necesarios como ya vimos. Las atmósferas de estos objetos son lo suficientemente frías para que podamos observar metano, una molécula que está también presente en la atmósfera terrestre.

Las enanas rojas fueron consideradas durante mucho tiempo las estrellas más frías, pero ya no es así. No obstante dejar de ser un límite, mostraron un nuevo valor, ya que las estrellas binarias que contienen enanas M son un buen sitio para la caza de enanas marrones. Cuando veamos los procesos por los que se forman las estrellas, parece que favorecen la formación de estrellas de baja masa, puesto que hay más enanas M que estrellas de cualquier otro tipo.

2e.2) Densidad de las Estrellas

Masas, Diámetros y Densidades

Por definición la densidad es la masa que contiene un volumen determinado, por eso debemos considerar cantidad de materia y tamaño, como lo dice el subtítulo.

Las masas estelares se hallan casi todas comprendidas en la escala de 0,1 a 100, tomando el Sol como unidad, aunque los datos relativos a las estrellas de poca masa son incompletos. De hecho la inmensa mayoría de las estrellas quedan comprendidas en la escala de 0,1 a 10. A excepción de algunos cuerpos de gran masa y radios extraordinariamente pequeños (enanas blancas) y de otros de masa gigantesca en las cuales el corrimiento einsteniano de los rayos hacia el rojo puede utilizarse para estimar las masas, toda información relativa a estas proviene del estudio de **las estrellas binarias**. El método consiste fundamentalmente en igualar la atracción gravitatoria entre las dos estrellas a la fuerza centrífuga que tiende a separarlas. Así, por ejemplo, la curva de velocidad radial de una binaria eclipsante, **esto es dos estrellas que se ocultan mutuamente por estar en el mismo plano su órbita que la visual del observador**, con ambos espectros visibles, **como vimos en el modulo anterior cuando hablamos de efecto Doppler**, proporciona inmediatamente los valores de las órbitas de las dos componentes, su periodo de revolución y la razón de sus masas, con lo que estas podrán calcularse fácilmente. Aunque la escala de masas estelares sea bastante limitada, no ocurre lo mismo con la de sus diámetros. Se conocen algunas (**enanas blancas**) que

apenas superan a la Tierra en tamaño, a pesar de que sus masas son casi tan grandes como la del Sol. En el extremo opuesto aparecen algunas de las supergigantes frías, cuyos radios llegan a duplicar el valor del radio de la órbita terrestre. Existen métodos directos para medir los diámetros estelares, aunque el número de determinaciones sea muy pequeño por no poderse aplicar mas que a una cantidad limitada de estrellas.

Conociendo la velocidad relativa con que una estrella pasa frente a su compañera en el eclipse y la duración de este, no es difícil determinar los diámetros.

De todos los métodos directos, éste es el que ha proporcionado mejores resultados.

En cuanto a las enanas blancas (como la compañera de Sirio) pertenecen a los primeros tipos espectrales, aun cuando su brillo intrínseco sea muy débil. Ahora bien, como la temperatura superficial es muy elevada y la radiación por unidad de superficie correlativamente grande, se deduce de ello que la radiación total solo puede ser tan pequeña porque también lo es el diámetro. De todo lo indicado se infiere la enorme gama de densidades estelares (**masa dividida por volumen**, como aclarábamos al principio). Mientras la densidad media del **Sol**, por ejemplo, es de 1,4 con respecto al agua, la de las **enanas blancas** se aproxima a 100.000 veces la del Sol, y la de las **supergigantes** de mayor tamaño tan solo alcanza 0,00000001 de la solar.

La **masa** del Sol así como su **densidad** y **diámetro** se utilizan como unidad en el estudio, referencia y comparación de las demás estrellas.

En Resumen: Mediante la aplicación de la ley de gravitación universal de Newton se obtienen los datos más fidedignos acerca de la masa de las estrellas.

De su espectro y su posición en el Diagrama H-R podemos proponer su tamaño, con lo que es posible calcular su densidad.

Como veremos en los siguientes módulos de este tema estos datos son importantísimos porque escriben la historia pasada, presente y futura de las estrellas; marcando sus pautas y permitiendo hacer predicciones sobre su comportamiento.

Cómo hemos visto y veremos más aún toda esta información se presenta comprensible por primera vez en la historia humana, nos ayudará a comprender el por qué de la existencia de la tierra, de la vida, del hombre y hasta del mismo Universo. Cuando hayamos terminado el curso habremos completado un viaje antes impensable, que nos lleva de la magia y la superstición a la sabiduría y el conocimiento con la sola ayuda de la razón y el método científico.