

ASTROBIOLOGIA
FIZ 1409
Ayudantia 05
15 de Septiembre, 2008

Profesor: Jorge Alfaro
Ayudante: Pablo González

Pregunta 1 Explique y mencione algunas posibles soluciones a la paradoja del Cielo Oscuro de Olbers.

Pregunta 2 Describa el proceso, que consta desde la aparición de las partículas elementales hasta la Formación del CMB, de la formación de los elementos neutros.

Pregunta 3

a) Explique como es que las estrellas producen elementos más pesados que los formados en la nucleosíntesis. Por qué no pueden pasar del Hierro?

b) Si usted viviera en la época de los alquimistas y le preguntaran como convertir el Hierro en Oro, qué respondería?

SOLUCION:

Pregunta 1 La paradoja dice:

"Si el universo se supone infinito, y que contiene un número infinito de estrellas luminosas uniformemente distribuidas, entonces cada línea visual debería acabar terminando en la superficie de una estrella. Además el brillo observado es independiente de la distancia a la que se esté, por lo tanto cada punto en el cielo debería ser tan brillante como la superficie de una estrella."

Las mejores explicaciones a la paradoja, en orden de importancia, son:

a) Edad finita del Universo: Como el Universo surgió en algún momento, o sea el universo tiene una edad finita ($T = 13,7$ mil millones de años), entonces solo veremos los objetos que están a una distancia $L = cT$ con c la velocidad de la luz.

b) Expansión del Universo: La velocidad relativa entre un cuerpo celeste alejándose de nosotros a cierta velocidad produce un efecto Doppler que se expresa en un corrimiento al rojo. Este corrimiento hace que la Luminosidad, energía por unidad de tiempo, sea menor por la dilatación del tiempo (Relatividad general) y por concentrar los fotones en longitudes de onda mayores, o sea de menor energía. En conclusión, el que los fotones llegan a la tierra con una energía menor y durante un tiempo mayor nos lleva a una luminosidad reducida considerablemente. Esto es más significativo a medida que el cuerpo celeste esté más lejos.

Algunos científicos creen que esta paradoja, junto con las respuestas mencionadas, justificarían la Teoría del Big Bang ya que ésta implica un Universo finito (en tiempo y espacio) y en expansión. Existen otras soluciones al problema que no dependen de la existencia del Big Bang, pero o son insuficientes para explicarla por completo o aún no tienen los suficientes argumentos.

Pregunta 2 Inicialmente estaban las partículas elementales (quarks y antiquarks) que fueron generadas por el Big Bang. A medida que la temperatura disminuía con la expansión del universo (época dominada por la radiación) los quarks empezaron a combinarse dando lugar a la bariogénesis (Aquí se produce la predominancia de la materia sobre la antimateria, la cuál aún no es explicada) produciéndose los protones y neutrones.

Luego, cuando el universo estaba más frío, las colisiones entre protones y neutrones pueden generar estructuras más complejas como núcleos de ${}^4_2\text{He}$ (25%), ${}^2_1\text{H}$ y ${}^7_3\text{Li}$ ($\lesssim 1\%$) estables. Estas colisiones serán menos frecuentes a medida que disminuye la temperatura, hasta saturarse. Hay que considerar que, cuando se llega a una temperatura donde estas reacciones se saturan, el Universo solo a cumplido 3 minutos de vida. Aún así, esta distribución de los elementos será la base principal para la formación de las estrellas.

Cuando el Universo tenía 300 mil años aproximadamente, cuando ya paso a ser dominado por la materia bariónica, los núcleos formados en la nucleosíntesis y los electrones libres empiezan a formar átomos neutros. Cuando esto sucede y el número de electrones libres disminuye lo suficiente, el gas de partículas que compone el universo se vuelve transparente y los fotones se "liberan" de éste, o sea dejan de estar en equilibrio termodinámico. Este fenómeno produce el Fondo de Radiación Cósmica de fotones (**CMB**).

Pregunta 3

a) La forma en que las estrellas producen elementos más pesados es a través de la fusión de elementos ligeros en el núcleo de la estrella como, por ejemplo, el Hidrógeno o el Helio. Además de producir un elemento más pesado, libera energía (proceso exotérmico) la que es utilizada para contrarrestar la presión gravitacional y la estrella se mantenga estable. Cuando el Hidrógeno nuclear se acaba, la estrella empieza a colapsar y aumenta su temperatura.

Este incremento en la temperatura hace que el Hidrógeno de las capas que rodean al núcleo empiece a fusionarse, lo que expande estas capas formando una Gigante Roja. Esto ocurrirá hasta que el núcleo alcance la temperatura suficiente para fusionar algún otro elemento producido por la fusión del anterior.

Este ciclo se repite una y otra vez empezando por el Hidrógeno por ser el elemento más ligero y abundante en el Universo. Cada vez que se empieza a fusionar un nuevo elemento la estrella se estabiliza con la energía producida, pero cada vez es por menos tiempo ya que las abundancias cada vez son menores. El elemento tope de una estrella dependerá de su masa, pero necesariamente el último formado será el Hierro porque su proceso de fusión es endotérmico.

Finalmente la estrella solo podrá mantener a su núcleo, que se mantiene inerte por su incapacidad de fusionar sus elementos, liberando las capas externas formando una Nebulosa Planetaria. Desde este momento la Estrella empieza a enfriarse y a contraerse por no poder producir energía, volviéndose una Enana Blanca.

Si esta Enana Blanca pertenece a un Sistema Binario, puede quitarle masa a su vecina, volviéndose más densa (más masa, más pequeña). De ser así, va a llegar un momento donde se calienta lo suficiente para fusionar su Hidrógeno restante y explotar formando una Supernova Ia. Esta explosión produce tanta energía que la Supernova puede brillar por varios días.

b) La forma en que se producen elementos más pesados que el Hierro es a través de una Supernova. Como mencionamos antes, la Supernova produce mucha energía. Esto hace que parte del Hierro presente se desintegre formando un gas de neutrones y que los elementos más livianos se vuelvan más pesados, los que forman algunos Isótopos Inestables que se estabilizan captuando neutrones, produciendo elementos Transféricos. Esto se conoce como Proceso-r. Finalmente, la misma explosión arroja estos nuevos elementos al espacio a una gran velocidad.

Es por esto que, para que un Alquimista pueda transformar el Hierro en Oro necesita reproducir las condiciones de una Supernova!!!