

¿POR QUÉ EXISTIMOS? ¿POR QUÉ EL UNIVERSO ESTÁ CONSTITUIDO DE MATERIA Y DE ANTIMATERIA?

López Ramos Víctor Manuel (1), Delepine David Y.G(2)

1 [Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [vm.lopezramos@ugto.mx]

2 [Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato] | [delepine@ugto.mx]

3 [Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato] | [ce.moraleshernandez@ugto.mx]

Resumen

Desde que las antipartículas fueran predichas por el Físico Paul Dirac han desatado un sin fin de misterios de los cuales, quizás el más intrigante es el por qué no existe la antimateria de manera natural. Según el modelo estándar, con el Big Bang se creó tanta materia como antimateria, pero si este 50-50 fuera exacto no estaríamos aquí: las partículas se habrían aniquilado con sus antipartículas imposibilitando la existencia de planetas, estrellas, galaxias, etc. Por tanto, cabe pensar en que hubo una asimetría bariónica (bariogénesis) en los primeros instantes de la gran explosión, dicha asimetría propiciaría la existencia del universo como lo conocemos.

Abstract

Since the antiparticles were predicted by the Physicist Paul Dirac have unleashed an endless number of mysteries of which, perhaps the most intriguing is why natural antimatter does not exist. According to the standard model, with the Big Bang was created as much matter as antimatter, but if this 50-50 were accurate we would not be here: particles would have been annihilated with their antiparticles making it impossible to exist planets, stars, galaxies, etc. Therefore, it is possible to think that there was a baryonic asymmetry (baryogenesis) in the first moments of the great explosion, this asymmetry would favor the existence of the universe as we know it.

Palabras Clave:

Bariogénesis; antipartículas; asimetría; bariónica.

INTRODUCCIÓN

Las Antipartículas y El Modelo Estándar.

Todas las partículas elementales son bosones o fermiones, dependiendo de si su espín es entero o semi-entero. En física de altas energías y de partículas se dice que los bosones son los mediadores de fuerza o partículas portadoras de las interacciones fundamentales, puesto que los campos electromagnéticos, electrodébil, fuerte y presumiblemente el gravitatorio está asociados a partículas de espín entero [1].

En 1928 el Físico británico Paul Dirac formula su famosa ecuación con la cual pretendía describir el movimiento de las partículas entonces conocidas (electrón y protón). Pero dicha ecuación tenía 4 soluciones, 2 eran las esperadas del electrón y protón, pero había otra solución que planteaba otras partículas desconocidas con las mismas características de éstas 2 pero con energía y carga contrarias, prediciendo así, las antipartículas.

Pocos años después las antipartículas fueron corroboradas experimentalmente, y se supo que toda partícula tiene su antipartícula (Figura 1), con lo cual surgieron varias dudas. Se cree que en el origen del universo partículas y antipartículas estaban distribuidas 50-50, pero dado el hecho que al mínimo roce se aniquilan mutuamente nace la pregunta: ¿Cómo existimos? ¿Cómo se crearon las galaxias y todo lo que la conforman?

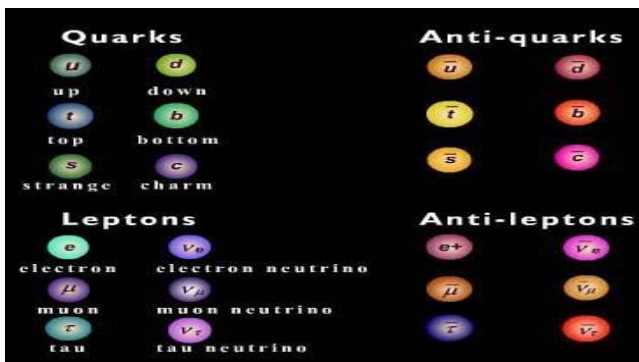


Figura 1. Imagen tomada de quantum.blogspot.mx

Antigalaxias y Bariogénesis.

Una posible solución a la incógnita de dónde se encuentra la antimateria es plantear que el universo esté dividido en dos partes, una con estrellas y planetas y la otra con antiestrellas y antiplanetas. Pero esta hipótesis tiene un grave problema: la frontera entre ambos cosmos debería ser visible por las continuas explosiones que allí se producirían. Queda por tanto un único camino viable y es que en los inicios del universo hubo uno o varios fenómenos que alterarían la simetría bariónica del universo, dejando más materia que antimateria [2].

Número bariónico.

Cada aniquilación de partícula-antipartícula produce un fotón. A la cantidad de bariones en el universo se le llama *Número Bariónico* y se obtiene al restar el número de bariones menos el número de antibariones dividido por el número de fotones, y este valor es del orden de 10^{-10} , lo que nos dice que por barión hay 10 mil millones de fotones, o en otras palabras: *por cada 10 mil millones de parejas barión-antibarión existió un barión más que no tuvo pareja para aniquilarse*. [3]

Bariogénesis en las GUT.

La manera en que la bariogénesis tiene lugar en las teorías de gran unificación o GUT (por sus siglas en inglés) es que, además de los bosones ya conocidos, deberían de existir otros ocho bosones capaces de relacionarlos con los leptones [4].

Supongamos que el bosón X se desintegra el 51% de las veces en dos quarks up y el 49% en un antiquark down y un positrón (leptón) [4].

En promedio, cada desintegración de un X producirá $(2/3 \times 0,51) - (1/3 \times 0,49) = 0,177$ bariones (al calcular el número bariónico las antipartículas se restan) [4].

Su antipartícula X⁻ se desintegra el 49 % de las veces en dos antiquarks arriba y el 51% en un quark down y un electrón. Esto da $(-2/3 \times 0,49) + (1/3 \times 0,51) = -0,157$ bariones [4].

Por cada desintegración de cada partícula se obtendrían 0,02 bariones. Al repetir el proceso unas 100 veces para cada partícula ya se tendría una ganancia de 2 bariones. Ver figura 2.

Posibles desintegraciones:

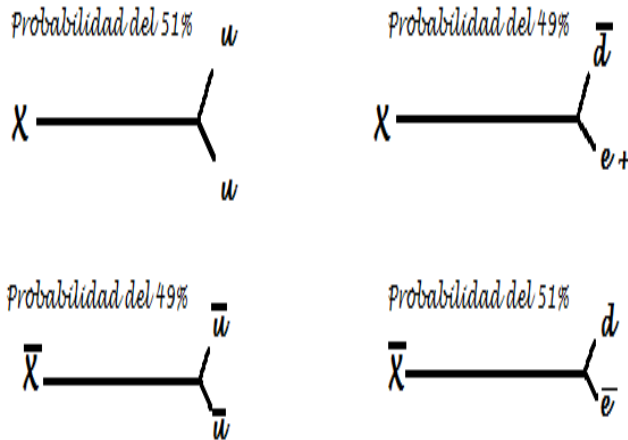


Figura 2.

MÉTODOS

Condiciones de Sájarov.

En 1967, Andréi Sájarov propuso un conjunto de tres condiciones necesarias que una interacción generadora de bariones debe satisfacer para producir materia y antimateria a diferentes velocidades. Estas condiciones se inspiraron en los recientes descubrimientos de la radiación cósmica de fondo y la violación CP en el sistema kaon neutro [5]. Las tres "condiciones de Sájarov" necesarias son:

- En primer lugar, el número bariónico no se debía conservar. Es decir, habrá interacciones que cambien el número del bariones del universo.
- En segundo, deben violarse dos simetrías que relacionan partículas con antipartículas.
- En tercero, debe haber una pérdida de equilibrio termodinámico.

1. Violación del número bariónico

La violación del número bariónico se puede dar de varias formas. Lo más sencillo es que existan partículas hipotéticas cuya probabilidad de desintegración en cierta forma es distinta entre la partícula y su antipartícula. La evidencia experimental actual afirma que no existen en el modelo estándar tales partículas (aunque los mesones B neutros y los mesones T neutros podrían serlo) [6].

2. Violación de simetría CP.

En la física de partículas, hay dos tipos de simetrías. Una es la simetría C (de carga), que dice que las leyes físicas para una partícula son las mismas sin importar la carga (positiva o negativa) de ella. La otra es la simetría P (de paridad), que dice que las leyes físicas son invariantes ante inversiones especulares (o simétricas frente a un espejo); o sea que, son las mismas para el Universo y para su imagen simétrica. Ambas simetrías dan origen a la simetría CP o de paridad y carga. El no cumplimiento de alguna de ellas da origen a lo que se dio a llamar la violación CP [7].

3. Pérdida de equilibrio termodinámico.

Un ejemplo de equilibrio térmico es el agua hirviendo dentro de una olla a presión cerrada. Las moléculas de agua pasan de la fase líquida a la gaseosa sin cesar. Hay equilibrio porque, una vez se ha alcanzado una temperatura constante, el ritmo a que las moléculas hacen esta transición es exactamente igual al ritmo del proceso inverso, de manera que la cantidad total de líquido y vapor permanece constante. Rompemos este equilibrio térmico si se levanta la tapa. El vapor escapa y el ritmo de transformación de líquido a gas se vuelve mayor que el ritmo inverso. Si se sigue suministrando calor, se evaporará todo el líquido [8].

Hay una situación en el universo primitivo análoga a levantar la tapa de la olla. En el equilibrio, los

bariones se están desintegrando, pero acontece también el proceso inverso, en el cual los quarks se unen para formar bariones; ambos procesos suceden al mismo ritmo. Las desintegraciones no pueden producir una asimetría bariónica, ya que las desintegraciones inversas la van deshaciendo. Sin embargo, a medida que el universo se expande, la temperatura decrece, como si se destapara la olla a presión. A determinada temperatura un par de quarks ya no tendrá la suficiente energía como para producir una partícula pesada. Se generará así una asimetría bariónica [8].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento LHCb ha observado una preferencia de la materia sobre la antimateria (violación CP) en la desintegración de partículas neutras B^0 s. Aunque la violación de CP no es suficiente para producir una violación tan enorme como la que vemos en el universo, es un buen camino para buscar más pistas acerca del por qué existen más partículas que antipartículas [9].

CONCLUSIONES

Aún no se tiene una respuesta clara a la asimetría materia-antimateria del universo, en parte a que no se saben muchas cosas respecto a las misteriosas antipartículas, pero gracias a los grandes laboratorios con los que cuenta hoy en día la ciencia estamos más cerca de entender y descubrir uno de los grandes misterios del universo que es la asimetría bariónica.

AGRADECIMIENTOS

Dr David Yves Delepine.

Dra Claudia Erika Morales Hernández.

Universidad de Guanajuato.

División de Ciencias e Ingenierías.

Escuela de Nivel Media Superior de Guanajuato.

REFERENCIAS

- [1] <https://es.wikipedia.org/wiki/Antimateria> revisado el 19/07/2017
- [2] Miguel Ángel Sabadell (2017), Los misterios de la antimateria. Revista "Muy interesante", 2017 No. 6.
- [3] Francisco R. Villatoro (2010). Recuperado de: <http://francis.naukas.com/2010/07/04/la-asimetria-entre-materia-y-antimateria/> revisado el 17/07/2017.
- [4] James M. Cline (2005) "El origen de la materia". Recuperado de: <http://amscimag.sigmaxi.org/4Lane/ForeignPDF/2004-03ClineSpanish.xml.pdf> revisado el 19/07/2017
- [5] James M. Cline (2005) "El origen de la materia". Recuperado de: <http://amscimag.sigmaxi.org/4Lane/ForeignPDF/2004-03ClineSpanish.xml.pdf> revisado el 19/07/2017
- [6] Francisco R. Villatoro. (2010) Recuperado de: <http://francis.naukas.com/2010/07/04/la-asimetria-entre-materia-y-antimateria/> revisado el 19/07/2017.
- [7] Pablo Della Paolera (2017). Recuperado de <https://paolera.wordpress.com/2017/03/09/la-violacion-cp-explica-la-abundancia-de-materia-sobre-la-antimateria/> revisado el 19/07/2017
- [8] James M. Cline (2005). "El origen de la materia" Recuperado de: <http://amscimag.sigmaxi.org/4Lane/ForeignPDF/2004-03ClineSpanish.xml.pdf> revisado el 19/07/2017
- [9] Fernando Ballesteros (2013). Recuperado de <https://observatori.uv.es/un-experimento-del-lhcb-observa-nuevas-diferencias-entre-la-materia-y-la-antimateria/> revisado el 19/07/2017