

¿POR QUÉ EXISTIMOS? ¿POR QUÉ EL UNIVERSO ESTÁ CONFORMADO DE MATERIA Y NO DE ANTI-MATERIA?

Cruces González David Francisco (1), Delepine David Y. G. (2), Sosa Vergara Elvia Tomasa (3)

1 Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: df.crucesgonzalez@ugto.mx

2 Departamento de Física, División de ciencias e ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: delepine@ugto.mx

3 Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: esosa@ugto.mx

Resumen

Toda la materia que podemos observar se compone de las partículas descritas en la teoría más avanzada hasta ahora: el Modelo Estándar. Sin embargo, a pesar de ser un modelo tan funcional, tiene sus interrogantes. En este trabajo se expone una de estas interrogantes: ¿Por qué hay más materia que antimateria? Según lo contemplado en la teoría, tras el Big Bang debería de haber la misma cantidad de materia que antimateria, dicha igualdad significaría que nuestro universo sería hostil e inestable pues materia y antimateria se aniquilan generando energía. No podría haber planetas, estrellas y mucho menos galaxias. Por ello en algún momento debió de aparecer un mecanismo de Bariogénesis, es decir, una sobre producción de bariones respecto de antibariones que diera como resultado el universo como lo conocemos.

Abstract

All the matter that we see consists of the particles described in the most advanced theory so far: the Standard Model. However, despite being such a functional model it has its questions. This work will explore one of these questions: Why is there more matter than antimatter? As contemplated in theory, after the Big Bang there should have been the same amount of matter than antimatter, such equality would mean that our universe would be hostile and unstable because matter and antimatter annihilate generating energy. There could be far less planets, stars and galaxies. Therefore at some point a Baryogenesis mechanism must appear, it is an over production of baryons with respect to antibaryons that would result in the universe as we know it.

Palabras Clave

Antipartículas, Bariogénesis, Asimetría, Inflación, Decaimiento

INTRODUCCIÓN

Modelo Estándar [1]

Toda la materia visible está hecha de las partículas descritas en el Modelo Estándar de la física de partículas. El cuál es la teoría más acertada hasta ahora sobre la naturaleza de la materia. Identifica las partículas elementales y cómo interactúan. De esta forma tenemos los fermiones: quarks y leptones, que son partículas realmente elementales puesto que no poseen una estructura interna, tienen un espín de $\frac{1}{2}$. Los primeros nunca aparecen solos, sino que se combinan creando hadrones. A su vez los hadrones pueden ser bariones o mesones. Son bariones cuando son grupos de tres quarks o antiquarks y mesones cuando son pares de quark-antiquark. Los quarks pueden ser de seis sabores distintos y cada sabor puede tener tres colores. Los quarks tienen una carga eléctrica fraccionaria, debido a que nunca están libres, la suma de las cargas en los hadrones es siempre un número entero de carga. Los leptones son seis, tres de carga -1: electrones, muones y tauones; y tres neutros: neutrino del electrón, neutrino del muón y neutrino del tau.

Existen cuatro tipos de interacciones: electromagnética, fuerte, débil y gravitatoria. A nivel de las partículas la interacción gravitatoria es irrelevante, pues depende de la masa de las partículas, la cual es minúscula. La electromagnética es la que mantiene a los electrones en sus orbitas y permite los enlaces químicos. La débil se involucra en la transmutación de quarks y el decaimiento de las partículas nucleares. La fuerte mantiene al núcleo atómico unido, contra las grandes fuerzas de repulsión entre los protones.

La manera en que estas partículas interactúan es a través de partículas de fuerza, también llamadas bosones: sin masa: fotones, gravitones (aun no detectados) y gluones; con masa: W^+ , W^- y Z . Todos los bosones tienen energía, incluso si carecen de masa, su espín es 1.

Antimateria [2]

La antimateria está constituida por las antipartículas respectivas a cada partícula del Modelo Estándar siendo estas de la misma masa y espín, pero carga eléctrica y número bariónico o leptónico contrarios. En nomenclatura se usa una barra sobre el símbolo de la partícula para señalar que es su antipartícula. En la actualidad se han logrado crear antiátomos de antihidrógeno con pares de antiprotones y positrones. Con esto se ha descubierto que la antimateria tiene las mismas propiedades de la materia, es decir, genera las mismas interacciones débiles, fuertes y electromagnéticas. La antimateria existe naturalmente pero es muy escasa, lo cual es muy beneficioso para nosotros, pues materia y antimateria se atraen y se aniquilan mutuamente transformando su masa en energía. Si en el universo hubiera la misma cantidad de materia que antimateria, éste sería muy inestable y no podrían existir planetas o galaxias, solo un gran cúmulo de energía.

Es evidente que en nuestro universo hay una gran cantidad de materia y una diminuta cantidad de antimateria. Por lo tanto en algún momento de su historia, en el universo debió de existir una preferencia por una sobre la otra. Por ello es necesario un mecanismo que produzca mayor cantidad de bariones que antibariones. Dicho mecanismo de bariogénesis debió de cumplir tres condiciones establecidas por el físico Andrei Sakharov que son: violación del número bariónico, violación de la simetría de CP y desequilibrio térmico.

Condiciones de Sakharov [3]

Para que exista materia en el universo en algún momento de su historia, posterior al Big Bang, se debieron de cumplir tres condiciones:

- 1) *Violación del número bariónico.*

El número bariónico se define como un tercio de la diferencia de quarks y antiquarks. En un sistema este número debe de ser igual antes y después de la reacción. Si el número bariónico del universo se conservase siempre entonces este sería igual a 0, por lo tanto, habría la misma cantidad de bariones y antibariones. Puesto que no es así en la realidad,

entonces debió de haber sido violado para generar la asimetría materia-antimateria.

2) *Violación de la simetría de CP.*

La simetría de CP se refiere a conjugación de carga y Paridad. La conjugación de carga es invertir la carga eléctrica de la partícula resultando la de su antipartícula. De ese modo la carga del antiprotón será la contraria a la del protón y la del positrón a la del electrón. Paridad es el cambio simultáneo de todas las coordenadas espaciales de una partícula. Es la inversión del espacio con respecto a un punto. Si la naturaleza es invariante con respecto a la paridad quiere decir que ocurre el mismo proceso observado en una partícula como en su inverso espacial o reflejo. Si, en cambio, las leyes que rigen a los procesos físicos varían, entonces puede que se viole la simetría de CP. Esto ocurre en ciertas interacciones débiles.

3) *Desequilibrio térmico.*

Esta condición es necesaria para que al producirse una asimetría por el decaimiento de una partícula no pueda llevarse a cabo el proceso inverso por falta de energía. Esta condición pudo cumplirse durante la fase de inflación donde en un momento hubo una gran cantidad de energía disponible y unos momentos después el universo comenzó a enfriarse, trazando una flecha temporal en las reacciones de decaimiento.

Inflación [4]

La teoría habla de que instantáneamente después del Big Bang el universo se expandió debido a la acción de unas supuestas partículas llamadas inflatones, que después decayeron y fueron sustituidas por curvaturas. Durante este periodo inflacionario que duró unas fracciones de segundo, había suficiente energía como para crear grandes partículas que después decayeron en otras. Cuando el universo se enfrió ya no hubo suficiente energía para formar esas enormes partículas pero estas siguieron decayendo en otras de menor masa. (Imagen 1)

Esta teoría resuelve algunos cuestionamientos a la teoría del Big Bang. El primero es que áreas del universo que nunca han estado en contacto tienen la misma temperatura y pareciera que la materia está uniformemente distribuida en el espacio. El

segundo es que al universo se le puede aplicar la geometría euclidiana o plana.

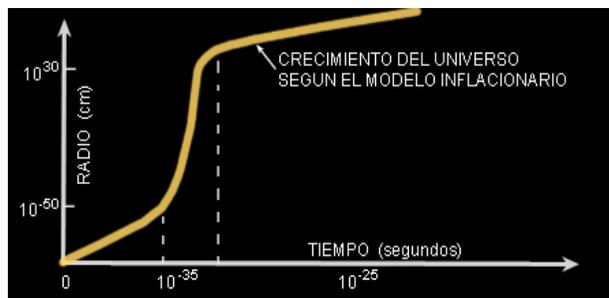


Imagen 1. Crecimiento del universo según la inflación.

Tomada de: http://astroverada.com/_Main/T_inflacion.html

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han propuesto distintos mecanismos para producir más materia que antimateria, partiendo desde el hecho de que la inflación habría borrado cualquier asimetría inicial.

Teoría de la Gran Unificación (GUT) [5]

Esta teoría señala que las interacciones débil, fuerte y electromagnética se superponen cuando las partículas se encuentran a muy altos niveles de energía. En este caso las partículas portadoras de fuerza serían distintas y causarían el decaimiento del protón.

En esta teoría los bosones X decaen violando el número bariónico y la simetría de CP. La velocidad en que se realiza el decaimiento no es lo suficientemente rápida como para mantener el equilibrio térmico. De esta manera se cumplen las tres condiciones de Sakharov.

El problema con esta teoría es que la temperatura final tras la inflación está muy por debajo de la necesaria para la producción del decaimiento. Además el modelo necesita de la Supersimetría para explicar sus partículas superpesadas.

Bariogénesis electrodébil

Otro ejemplo de un sistema fuera del equilibrio térmico es cuando existe una transición de fase. Por ejemplo cuando a un líquido se le agrega calor

aparecen burbujas en el fondo, estas son de vapor, su contenido si está en equilibrio pero su capa entre uno y otro no lo está. Si ocurriera una reacción que viole número bariónico y simetría de CP en esta condición de transición de fase se podría generar bariones.

El problema con esta teoría es que la producción de bariones respecto a sus antipartículas es demasiado pequeña como para producir la actual asimetría observable.

Bariogénesis a través de leptogénesis

La posibilidad de que la interacción electrodébil pueda transformar una parte del número leptónico en bariónico significaría que a través de una sobreproducción de leptones se podría haber creado la asimetría suficiente. La observación de la masa de los neutrinos hace que esta idea sea muy factible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para que ocurra la asimetría materia-antimateria a través del decaimiento beta, la partícula debe de decaer de diferente manera respecto a su antipartícula pero solo en ciertas ocasiones (1 cada 10^9 veces). Una reacción así provocaría violación de la simetría de CP y del número bariónico. Suponiendo que esta partícula decae distinto de su antipartícula, es de gran masa y se ha podido crear gracias a la gran energía del universo primitivo en su fase de recalentamiento puede ser que los productos en que decayó ya no puedan volver a formarla porque ya no tienen semejante energía y así se genere más materia.

CONCLUSIONES

Sin duda aún queda un largo camino que recorrer para resolver el gran enigma que es nuestro universo, parece que con cada nuevo dato, descubrimiento y teoría las posibilidades se amplían dejando aún más campo libre para seguir indagando. Parecería un cuento de nunca acabar pero a mí me parece que es lo emocionante de hacer ciencia, que nunca vas a parar de conocer algo nuevo.

Con las nuevas resoluciones a las que llegan los científicos del mundo cada día podemos seguir construyendo un panorama más grande y maravilloso en el cual podemos aventurarnos y seguir intentando entender los fenómenos que nos acontecen. El conocimiento, con una aplicación práctica o no, merece ser llevado hasta sus últimas consecuencias sobre todo si se trata de saciar nuestra curiosidad.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que me han ayudado en este Verano de Investigación Científica UG y que tienen bien merecido aparecer en este apartado. Sin un orden de importancia: al Dr. David Yves Delepine que me permitió participar en el proyecto y que me brindó un verano muy emocionante lleno de mucho conocimiento; a Selim, a Benjamin y al Dr. Juan Barranco que también estuvieron siempre dispuestos a auxiliarme en mis dudas; a la profesora Elvia Sosa que colaboró en la revisión de este artículo e hizo un gran papel como asesora, de verdad muchas gracias.

También a la Dra. Claudia Erika Morales quien me invitó a participar, a la directora Silvina Galván que siempre tuvo tiempo para ayudar y a Don Alejandro que tanto colaboró con el transporte.

REFERENCIAS

- [1] Moreira M. A. (2009) El Modelo Estándar de la Física de partículas. Revista Brasileña de enseñanza de la física. Vol. 31 pp. 1-3
- [2] Terrence (2010) Knowing anti-me, knowing anti-you. pp.1-70. Disponible desde: https://www.dropbox.com/verano%202016/knowning_anti_me_knowin_g_anti_you.ppt?_subject_uid=576276574 Revisado el: 20 de junio de 2016.
- [3] Quirós M. (2011) El origen de la materia: bariogenesis. Revista española de física. Vol. 25-4. pp. 9-18.
- [4] Ellis J. (2006) Introduction to cosmology. CERN pp. 1-23; july 2006
- [5] Primack J (2008) Baryogenesis. Physics 224. Disponible desde: www.physics.ucsc.edu/~joel/224.html Revisado el 29 de junio de 2016.