

UN UNIVERSO MUY OSCURO

CLAVE DE REGISTRO: CIN2018A20105
CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO

AUTORES:

BENÍTEZ CADENA MARÍA FERNANDA
ESPINOSA MARTÍNEZ SILVINO
GARCÍA ORTIZ VENEZIA GABRIELA ENRIQUETA
RÍOS CRUZ SILVANA ABIGAIL

ASESOR: JESÚS FLORES TÉLLEZ

ÁREA: FÍSICO MATEMÁTICAS Y DE LAS INGENIERÍAS

DISCIPLINA: FÍSICA

TIPO DE INVESTIGACIÓN: DOCUMENTAL

LUGAR: CIUDAD DE MÉXICO

FECHA: 15 DE FEBRERO 2018

ÍNDICE

Páginas

- Resumen ejecutivo

- Planteamiento del problema 3
- Objetivos..... 3
- Resultados destacados..... 4
- Conclusiones..... 5
- Resumen..... 5
- Summary..... 6
- Introducción
 - Planteamiento del problema..... 6-7
 - Objetivos..... 7
- Fundamentación teórica
 - Origen del universo..... 7-8
 - Evidencia de la expansión del Universo..... 8-9
 - Hipótesis..... 9
- Metodología..... 9
- Resultados
 - Modelos de expansión del universo..... 9-12
 - Composición de la materia oscura.....12-13
 - Materia oscura en la Vía Láctea.....13-14
 - Constante de Hubble..... 14
 - La constante Cosmológica..... 14-15
 - Ice Cube..... 15-16
- Conclusiones..... 16
- Aparato Critico..... 16-17

RESUMEN EJECUTIVO

Planteamiento del problema:

La física, una de las ciencias más importantes, nos ayuda a conocer y comprender lo que nos rodea, ya que el hombre desde el inicio ha buscado responder a preguntas trascendentales como “¿qué es el hombre?, ¿de dónde venimos?, ¿cuál es el

desenlace de universo?”, las cuales han surgido mirando al cielo y por lo tanto el estudio del universo se ha convertido fundamental para su existencia.

En el estudio de las leyes que rigen el Universo, hasta el momento no se sabe con certeza qué es o cómo se compone la energía y materia oscura, sin embargo éstas podrían explicar muchos de los fenómenos en nuestro Universo que actualmente no pueden ser totalmente explicadas con las leyes y teorías de la Física Cuántica y Relativista, conocer estos componentes oscuros generaría una revolución en el campo científico. Por esta razón nuestro proyecto pretende realizar una investigación que nos permita entender los más recientes descubrimientos sobre la naturaleza de materia y la energía oscura como las responsables de la expansión observable del Universo, que permitiría determinar si el universo tendría un expansión indefinido o si en algún momento comenzaría a colapsarse en lo que es llamado el “Big Crunch”

Objetivos:

Realizar una investigación documental de las teorías de la expansión de Universo y su relación con la materia y energía oscura, explorando su posible composición.

Resultados Destacados:

De nuestra investigación obtuvimos que el origen del Universo se generó a partir de una gran explosión denominada “Big Bang”, que se fundamenta en la expansión del Universo que ha sido avalada por las observaciones de los espectros de emisión de galaxias muy lejanas que muestran un corrimiento al rojo, que es consecuencia de que dichas galaxias se alejan de nosotros. Actualmente se ha determinado que la aceleración tan elevada de las galaxias más alejadas, en la expansión del universo, no se puede explicar a partir de la cantidad de materia y energía observable, por lo que se ha generado la hipótesis de un tipo de materia y energía no detectable, por lo cual se denomina oscura debe ser la responsable de estas aceleraciones.

La constante de Hubble es fundamental para poder explicar la expansión del Universo, esta explica que el Universo está distante a ser estático, esta era la idea principal sobre

la expansión de Universo de Einstein, la cual era errónea. Hubble propone un parámetro principal para determinar una edad precisa del Universo y para esto se requiere saber el ritmo de expansión actual el cual es más veloz que en el pasado, por eso se habla de una aceleración en la expansión del universo causado por la energía oscura.

Que el universo se encuentre en expansión no quiere decir que las galaxias aumenten de tamaño, simplemente que el espacio entre una y otra es mayor, este aumento de tamaño es difícil de observar a corta distancia, pues a corta distancia la velocidad es menor, mientras que las galaxias lejanas las vemos alejarse a una velocidad mucho mayor, considerando como límite para esta velocidad de alejamiento la velocidad de la luz. Las galaxias que observamos, se encuentran dentro de nuestro radio observable, o lo que es llamado horizonte observable, esto significa que existen galaxias muy lejanas cuya velocidad de alejamiento sea mayor a la velocidad de la luz y por lo tanto ya no sean observables y no estén en nuestro horizonte observable, al radio de alejamiento para este caso es llamado radio de Hubble.

Conclusiones:

De nuestros resultados podemos afirmar, que aunque no se conozca totalmente la naturaleza de la materia y energía oscura son indispensable para la comprensión de la expansión del Universo, ya que la fuerza gravitacional producida por la materia observable no permite ajustar los valores de aceleración de las galaxias lejanas. Es importante destacar que las partículas hipotéticas que pueden ser los constituyentes de la materia son llamados WIMPS y tienen características especiales, que parecieran que su naturaleza es diferente a las partículas actualmente conocidas.

Resumen

A pesar de que no se sabe con certeza todavía que es la materia oscura en nuestro universo existen diversos fenómenos que no son posibles de explicar con las leyes que tenemos actualmente. A *grosso modo* la materia oscura es materia que no emite ni absorbe luz y electromagnéticamente se le considera neutra ya que no actúa nuclearmente de manera importante conformada principalmente por WIMP (partículas

masivas de interacción débil) o WISP (partículas ligeras de interacción débil). Y por otra parte la energía oscura es la energía de fuerzas de repulsión en el universo encargada de la aceleración en la expansión de este y para poder explicar esto se vuelve de suma importancia la constante de Hubble, constante que crea el físico Edwin Hubble estudiando el movimiento del corrimiento infrarrojo que emiten, para definir el ritmo de expansión, la masa, la densidad y la curvatura del universo y determinando que las galaxias se alejan más unas de otras a medida de que van dejando más espacio entre ellas. Para poder explicar esto es importante tener como fundamento teórico la constante cosmológica y la densidad de energía del vacío.

Palabras clave: energía, materia, partículas elementales, constantes, universo, Hubble, expansión, galaxias, modelos, cosmología.

Summary

Despite we are not completely sure of what dark matter is, there are plenty of cosmological phenomena that can't be explained with the laws we have nowadays.

Broadly, dark matter can be defined as the type of matter that does not absorb or emit any light, and due to its none an important nuclear interaction, it is electromagnetically considered as neutral. Dark matter is made of WIMP (Weakly Interactive Massive Particles) or WISP (Weakly Interactive Slim Particles).

On the other hand, dark energy can be defined as the energy of repulsion forces in the universe, it is in charge of the acceleration of the universe and its expansion. To explain this, the Hubble constant became of a huge importance; the constant was created by Edwin Hubble based on the infrared shift movement that galaxies emit in order to define density, mass, expansion rate and the curvature of the universe.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La física, una de las ciencias más importantes, nos ayuda a conocer y comprender lo que nos rodea, ya que el hombre desde el inicio ha buscado responder a preguntas trascendentales como “¿qué es el hombre?, ¿de dónde venimos?, ¿cuál es el

desenlace de universo?”, las cuales han surgido mirando al cielo y por lo tanto el estudio del universo se ha convertido fundamental para su existencia. Actualmente la astronomía ha especulado sobre el origen del universo a partir de una gran explosión que se infiere de la expansión observable del universo a partir de los espectros de luz que recibimos de las galaxias lejanas que muestran un corrimiento al infrarrojo. De esto se generan una diversidad de modelos de expansión pero actualmente nosotros podemos darnos cuenta que la cantidad de materia que podemos observar no puede explicar las aceleraciones observables de las galaxias y la expansión por lo que se requiere de un tipo de materia. Por lo que nuestro proyecto tomará uno de los puntos más importantes para la astronomía, materia y energía oscura, que permite comprender la forma en la que evoluciona y se expande el universo.

La expansión del universo hace que los cúmulos de galaxias se alejen unas de otras, esta se mide a través de una constante cosmológica llamada la constante de Hubble y en este trabajo investigaremos su valor y de donde proviene y su relación con la energía oscura. También indagaremos en el aumento de velocidad en la expansión del universo y la posible contracción del mismo, ya que la energía oscura tiene un papel fundamental en esta teoría de expansión del universo de Edwin Hubble nos plantea que el universo está distante a ser estático y por tanto la expansión del universo se está acelerando progresivamente.

Objetivos:

1. Investigar los modelos de expansión del universo más aceptados actualmente.
2. Identificar y entender los fundamentos que nos justifican la presencia de la materia y energía oscura en el universo.
3. Determinar la importancia de la materia y la energía oscura en estos modelos de expansión del universo y como varios modelos anteriormente propuestos se ven afectados.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Origen del universo:

En la cosmología moderna, el origen del universo es el instante en el que la materia y energía fueron creadas. Para explicarlo, los científicos han llegado a diferentes teorías. La más conocida, es la “Teoría del Big Bang” o de “La gran explosión”, esta consiste en que, aproximadamente, hace unos 14 o 15 mil millones de años la materia era un punto de densidad infinita y que en un determinado momento explotó y comenzó a expandirse. La materia que fue liberada a raíz de esta explosión contiene primordialmente partículas elementales (electrones, positrones, mesones, bariones, neutrinos, fotones, etc.).

En 1948, George Gamow, planteó que los elementos gigantes que podemos observar el día de hoy fueron creados los primeros minutos de la Gran Explosión gracias a la temperatura extremadamente alta.

Sin embargo, existen cálculos más recientes dicen que el helio y el hidrógeno habrían sido los productos primarios del Big Bang y los elementos más pesados se produjeron más tarde. A causa de la elevadísima temperatura el universo se expandió con rapidez. El helio y el hidrógeno, al expandirse, se enfriaron y se condensaron en estrellas y galaxias, esto explica la expansión del universo y las bases físicas de la Ley de Hubble.



Evidencia de la expansión del Universo

En la actualidad, un equipo de científicos liderado por el Centro Harvard-Smithsonian para la Astrofísica. A través del telescopio BICEP2, en el Polo Sur, ha obtenido las primeras imágenes de las ondas gravitacionales, consideradas como los "temblores del

Big Bang”, que corroborarían la expansión ultrarrápida del universo y validarían el último supuesto de la Teoría de la Relatividad General de Einstein.

El grupo de científicos artífice del hallazgo se sorprendió al detectar una señal en la polarización de la radiación de fondo mucho más fuerte que lo esperado. La radiación de fondo es una forma de radiación electromagnética surgida en el universo antes del nacimiento de las primeras estrellas. Las sutiles variaciones presentes en este tipo de onda de luz constituyen la huella de las fluctuaciones cuánticas producidas tras la explosión inicial que originó el universo. Estas ondas tienen una temperatura equivalente menor que 3 K, tres grados por encima del cero absoluto. Para realizar las mediciones, fue ideada una tecnología completamente nueva, una cámara en una placa de circuito impreso que incluye una antena para enfocar y filtrar la luz polarizada. El equipo ha analizado durante más de tres años los datos para descartar cualquier error, incluido el efecto del polvo de la Vía Láctea, que podría dejar una señal similar.

Existen fenómenos que la teoría del Big Bang no es capaz de explicar, por lo que se debieron generar otras teorías como la “teoría de la inflación”, que explica las relaciones entre el radio del universo en cualquier instante y el actual, la cual nos muestra que, durante un tiempo extremadamente corto, el universo se expandió un 10%. Se estima que esta expansión es millones de veces más rápida que la velocidad de la luz.

La también conocida como “inflación cósmica” tiene como primera evidencia llamada como “el bang del Big Bang.” Esta se analizó por medio de un telescopio que analizó el 2% del cielo que dio a conocer la existencia de unas ondulaciones espacio-tiempo que dan testimonio a la expansión extremadamente rápida del universo en la primera fracción de segundo de su existencia, conocida como inflación cósmica.

Actualmente los científicos han determinado la aceleración del Universo (que a fin de cuentas es un argumento de la gran explosión), siendo un valor muy elevado para la materia y energía que hasta el momento ha sido contabilizada, por lo que aparentemente es inexplicable la expansión observable del Universo, esto significa que

debería existir una mayor cantidad de materia y energía que no se puede detectar por ningún tipo de interacción, pero que existe en el Universo

Hipótesis o conjeturas

Si se quiere explicar la aceleración de la expansión del universo y el movimiento de rotación observado de los cúmulos de galaxias, entonces se requiere de una energía y materia, que no puede ser detectada, para producir este efecto y que será llamada materia y energía oscura.

METODOLOGÍA

Realizar una investigación documental de los siguientes temas:

1. Los modelos de expansión del universo.
2. La constante de Hubble y Cosmológica, y el Ice Cube.
3. La composición de la materia oscura y energía oscura
4. La materia oscura en la Vía Láctea.

RESULTADOS

Modelos de expansión del universo

La expansión métrica del espacio es una pieza clave de la ciencia actual para comprender el Universo, a través del cual el propio espacio-tiempo es descrito por una métrica que cambia con el tiempo de tal manera que las dimensiones espaciales parecen crecer o extenderse según el Universo se hace más viejo. Ecuaciones diferenciales explican cómo se expande el Universo en el modelo del Big Bang; una característica de nuestro universo corroborada por todos los experimentos cosmológicos, cálculos astrofísicos y medidas tomadas hasta la fecha. La métrica que describe formalmente la expansión en el modelo estándar de Big Bang se conoce como Métrica de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker.

La expansión del espacio es conceptualmente diferente de otros tipos de expansiones y explosiones que son vistas en la naturaleza. Nuestra comprensión del "tejido del Universo" (el espacio-tiempo) implica que el espacio, el tiempo y la distancia no son absolutos, sino que se obtienen a partir de una métrica que puede cambiar. En la

métrica de expansión del espacio, más que objetos en un espacio fijo alejándose hacia el vacío, es el espacio que contiene los objetos el que está cambiando propiamente dicho. Es como si los objetos no se movieran por sí mismos, el espacio está "creciendo" de alguna manera entre ellos.

Debido a que es la métrica que define la distancia la que está cambiando más que los objetos moviéndose en el espacio, esta expansión (y el movimiento resultante son objetos alejándose) no está acotada por la velocidad de la luz que resulta de la relatividad especial.

La teoría y las observaciones sugieren que muy al principio de la historia del Universo, hubo una fase "inflacionaria" donde esta métrica cambió muy rápidamente y que la dependencia del tiempo restante de esta métrica es que observamos la así llamada expansión de Hubble, el alejamiento de todos los objetos gravitacionalmente acotados en el Universo. El Universo en expansión es por tanto una característica fundamental del universo en el que habitamos, un universo fundamentalmente diferente del universo estático que Albert Einstein consideró al principio cuando desarrolló su teoría gravitacional.

El problema que se planteaba era el de la forma del universo (plano, esférico, e incluso la muy arriesgada y hermosa teoría del "Universo arrugado"), así como su destino. Algunos científicos propusieron la teoría del "Big Crunch", una contracción de lo que había estado antes en expansión, que nos mostraría un universo elástico en el cual, después de haber llegado al límite de esa expansión, volvería a contraerse hasta formar un nuevo "huevo" de gran masa que acabaría con el universo conocido y llevaría a iniciar de nuevo el ciclo con otro Big Bang. Esto nos sumiría en interesantes conjeturas sobre si no habría ocurrido ya, incluso varias veces, y estaríamos en uno de tantos ciclos infinitos de expansión y contracción del universo.

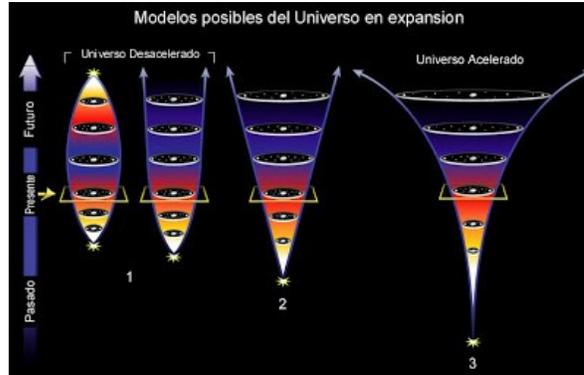
Finalmente, todas las teorías propuestas arrojaban sólo tres posibilidades de destino del universo:

1.- El Universo cerrado: tenía un volumen finito y acabaría contrayéndose en el gran cataclismo final al alcanzar el límite de su volumen. Esto se produciría debido a la cantidad de densidad de la materia, que, de ser excesiva, una vez la fuerza con la que ha sido "expulsada" de su centro gracias al Big Bang, fuera nula, produciría una fuerte gravedad que atraería entre sí a todos los cuerpos.

2.- El Universo abierto: En el caso contrario, si la masa es pequeña y el volumen infinito, la gravedad sería tan pequeña que haría que no se produjera la contracción, por lo que el universo continuaría expandiéndose eternamente y se extinguiría sólo cuando se apagara la última estrella y quedase sin energía (universo inflacionario)

3.- El Universo plano: La solución intermedia: la masa total del universo y la densidad de energía del mismo es igual a la "densidad crítica". En otras palabras: El Universo tendría la masa justa para mantenerse al alcanzar la llamada "densidad crítica". La justa para que no se detenga su expansión y se mantenga la energía suficiente como para seguir existiendo infinitamente.

Alexander Friedman, en 1922, consiguió, finalmente, demostrar que las teorías de De Sitter serían igualmente válidas en un universo no vacío. Además, el comportamiento de las galaxias y cúmulos de galaxias que queda reflejado en la Ley de Hubble (una



galaxia al doble de distancia que otra respecto de un punto, se aleja al doble de velocidad que la segunda respecto de ese punto) se cumpliría igualmente en el caso de un universo del tipo de Sitter-Friedman. De esta forma, parece confirmarse que el universo tiende a plano, y que las leyes de Hubble y las relativistas continúan teniendo validez para explicar sus propiedades físicas.

Composición de la materia oscura:

En cosmología física, la energía oscura es una forma hipotética de materia que estaría presente en todo el espacio, produciendo una presión negativa y que tiende a incrementar la aceleración de la expansión del Universo, resultando en una fuerza gravitacional repulsiva. Asumir la existencia de la energía oscura es la manera más frecuente de explicar las observaciones recientes de que el Universo parece estar expandiéndose con aceleración positiva. En el modelo estándar de la cosmología, la energía oscura actualmente aporta casi tres cuartas partes de la masa-energía total del Universo.

Dos posibles formas de la energía oscura son la constante cosmológica, una densidad de energía constante que llena el espacio en forma homogénea y campos escalares como la quinta esencia: campos dinámicos cuya densidad de energía puede variar en el tiempo y el espacio. De hecho, las contribuciones de los campos escalares que son constantes en el espacio normalmente también se incluyen en la constante

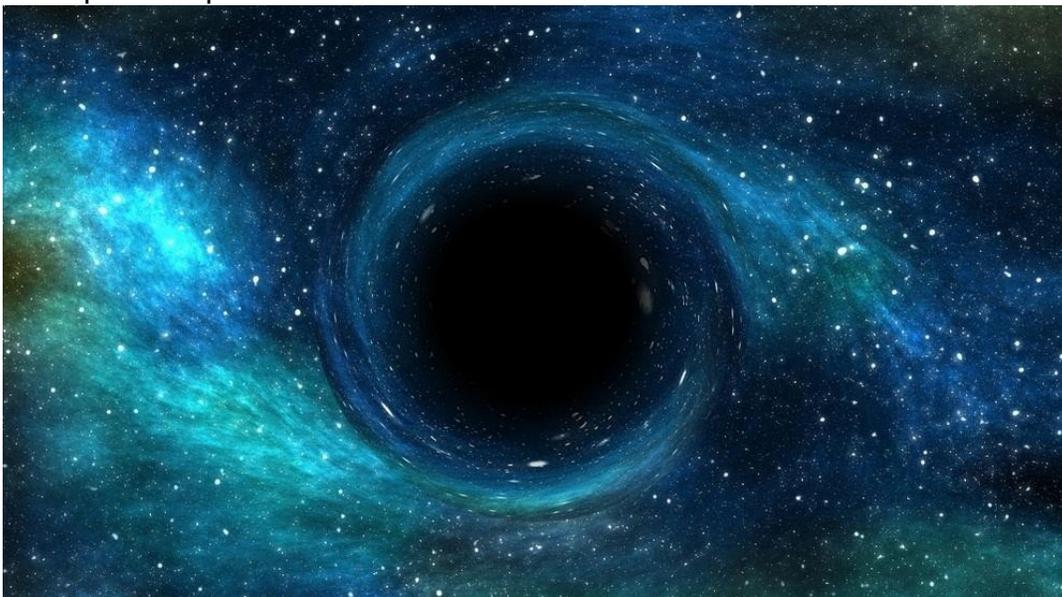
cosmológica. Se piensa que la constante cosmológica se origina en la energía del vacío. Los campos escalares que cambian con el espacio son difíciles de distinguir de una constante cosmológica porque los cambios pueden ser extremadamente lentos.

Las partículas elementales conocidas solo dan cuenta del 15 por ciento de toda la materia existente en el universo. El 85 por ciento restante se compone de materia oscura.

La materia oscura puede estar compuesta de WIMP o WISP. Antes se consideraba al neutrino como un buen candidato, sin embargo, actualmente se considera al axi3n. En la escala fundamental de energía: cuanto mayor sea la escala energética del axi3n, menor será su masa y más débiles sus interacciones.

Electromagnéticamente, se le considera neutra ya que no experimenta interacción nuclear fuerte, si tuvieran, ya hubiéramos observado su interacción con rayos cósmicos.

Sabemos que las partículas de materia oscura son estables a escala de tiempo



c3smico: no hay mecanismo conocido que produzca esta energí3a, por lo tanto, se tuvo que haber creado en la primera explosi3n (primigenia).

Materia oscura en la vía láctea

En el alabeo, el efecto gravitatorio que ejerce la materia oscura sobre la visible indica que aquella se reparte de forma aproximadamente esférica y que se extiende mucho más allá del halo estelar.

Hay una hipótesis que propone que la Vía Láctea es esférica, pero no concéntrica con el halo de materia oscura. De acuerdo con la segunda, postulada por Kanak Saha, también el halo de materia oscura exhibiría una cierta asimetría. De ser así, las distribuciones de materia ordinaria y de materia oscura compartirían un mismo centro. Por el contrario, la asimetría indica que la galaxia nació a partir de la fusión de entidades menores, o bien que creció gracias a la fusión o acreción continua de gas intergaláctico, procesos que no tienen por qué exhibir simetría alguna.

En los modelos actuales, las galaxias comienzan su andadura como agrupaciones de materia oscura, las cuales van acumulando gas y estrellas hasta que se forma su parte visible. Según otra hipótesis la Vía Láctea se encontraría rodeada de galaxias aún más débiles que las enanas ultra débiles; tan oscuras que quizá no contengan ni una sola estrella.

Constante de Hubble

Hace unos años el telescopio de Hubble logró por primera vez la determinación precisa a la que se expande el universo: 70 km/s y por megapársec, que define el ritmo de expansión, la densidad de masa del universo y la curvatura del universo.

El ritmo actual de expansión es de 500 km/s por megapársec (un pársec= 3,26 años luz).

La constante de Hubble constituye el parámetro principal para determinar una edad precisa, la cual requiere que sepamos como el ritmo de expansión actual difiere del del pasado. El valor de la constante de Hubble converge a 72 a medida de que la recesión de las galaxias se miden a distancias cada vez mayores. Más allá de una velocidad de recesión de 5000 km/s (a una distancia de 70 megapársec) los efectos de los movimientos peculiares de las galaxias por lo menos al 5% de su velocidad total.

La constante Cosmológica

La relatividad general fue el fruto del trabajo de Einstein durante los diez años que siguieron a su decisiva intuición de 1907: que la gravedad y el movimiento acelerado son equivalentes.

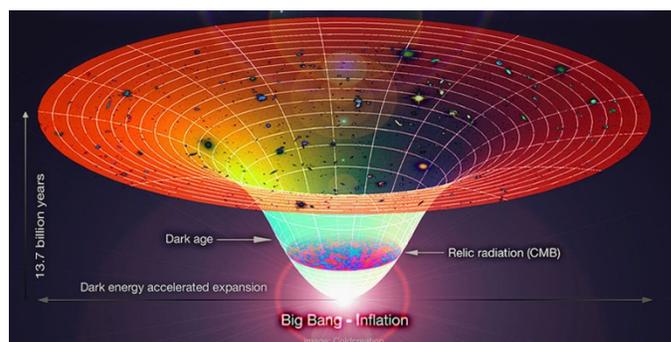
En la física Newtoniana, la inercia refleja la tendencia de un objeto a moverse con velocidad constante a menos que se halle condicionado por una fuerza.

La teoría de Einstein fue la primera concepción de la gravedad que ofrecía en potencia un cuadro coherente del universo.

La aceleración del universo implica que el espacio vacío contiene tres veces más energía que todas las estructuras cósmicas que observamos hoy: las galaxias, los cúmulos y los supercúmulos de galaxias. Paradójicamente, Albert Einstein fue el primero en plantear la existencia de esta forma de energía, pero con el fin de mantener el universo estático. La llamó constante cosmológica.

La energía oscura tendrá un impacto enorme en el futuro del universo. El universo observable contiene sólo una cantidad finita de información, y que el procesamiento de la misma (y la vida) no podrán durar para siempre.

Ice Cube



En 1930, Wolfgang Pauli. La energía si se conservaba en los procesos microscópicos; sin embargo, en las desintegraciones observadas se emitía una particular neutra y sin masa que, como tal, no podía ser detectada por los aparatos al uso. Dicha partícula que más tarde recibiría el nombre de neutrino. Pero para que la solución fuera viable la probabilidad de que un neutrino interactuara con la materia ordinaria debía resultar extremadamente pequeña.

Los científicos Frederick Reines y Clyde Cowan, después de 25 años comprobaron si esta propuesta era correcta.

El telescopio de neutrinos más grande del mundo opera desde el Polo Sur, Ice Cube se ha unido a los esfuerzos internacionales para detectar indicios de su existencia al igual que escudriña aquellas regiones en las que se espera una mayor concentración de WIMP con el objetivo de detectar los neutrinos producidos en su desintegración.

CONCLUSIONES

La investigación previa nos da las bases para fundamentar que la materia oscura y energía oscura pueden ser la causa de varios sucesos cosmológicos, desde el origen del universo hasta la expansión del mismo, como la formación de galaxias, estrellas, etc.

La materia oscura es llamada de esa forma gracias a su imposibilidad de absorber y reflejar luz, por lo tanto no puede ser vista, es por ello que se han llevado a cabo numerosos experimentos sin éxito hasta ahora, por el momento sólo son teorías, sin embargo compone la mayor parte de nuestro universo y explica varios fenómenos dentro del mismo.

Se han dado varias teorías sobre la naturaleza de la materia oscura, en la que se definen partículas llamadas WIMP y WISP, que hasta el momento son partículas hipotéticas. Los neutrinos hasta hace poco fueron los mejores candidatos, sin embargo al día de hoy se considera que es más probable que la materia oscura se componga de partículas ultraligeras como los axiones, en vez de los WIMP.

APARATO CRÍTICO

Miguel Ángel Sánchez Quintanilla. (2015). El Final del Universo. España: RBA.

Laura Martínez (2013) Hallan la primera evidencia de la inflación cósmica
<https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/hallan-la-primera-evidencia-de-la-expansion-del-universo-131395147000>

Anónimo. (2014). Detectan evidencia de la "inflación cósmica", el rápido proceso de expansión del universo Fuente: Emol.com -
<http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2014/03/17/650243/detectan-evidencia-de-la-inflacion-cosmica-el-rapido-proceso-de-expansion-del-universo.html>. febrero 2018, de emol. tecnología Sitio web:
<http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2014/03/17/650243/detectan-evidencia-de-la-inflacion-cosmica-el-rapido-proceso-de-expansion-del-universo.html>

Anónimo. (2015). La Teoría del Big Bang y el origen el Universo. 13/02/2018, de Anónimo Sitio web: <http://www.astromia.com/astrologia/teoriabigbang.html>

PEDRO VILARROIG. . (2006). El origen de la materia y la energía en el universo . febrero 2018, de Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas Sitio web:
http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla4_5/Macla4_5p15.pdf

Powell, C., Lincoln, D., Dobrescu, B., Jaeckel, J., Lindner, A., Blitz, L., Libeskind, N., Pérez de los Heros, C., Freedman, W., Riess, A., Livio, M., Frieman, J., Krauss, L. and Turner, M. (2016). Universo Oscuro. Investigación y Ciencias, (1135-5662), pp.14-95.