EL FIN DEL UNIVERSO PARTE 1: EXPANSIÓN E INICIO DEL FIN

INTRODUCCIÓN

La inmensidad del universo es algo a veces difícil de comprender. Imaginar esto en combinación con la inmensa cantidad de tiempo que ha durado y seguirá puede resultar casi abrumador. ¿Cómo comprender estos conceptos? Cuando intentas comprenderlo de todos modos, casi instantáneamente te encuentras con algunas preguntas realmente importantes: ¿Cómo es posible que exista un espacio sin fin? ¿Cómo se creó el universo? Y seguro lo más inquietante: ¿cómo terminará?

Todo termina eventualmente, pero ¿eso incluye al universo? Puede que sea difícil imaginar una catástrofe lo suficientemente grande como para afectar la totalidad de la existencia, pero los físicos esperan que todo termine en algún momento, y puede que llegue en un tiempo menor al pensado.

En los inicios del siglo 20, los astrónomos pensaban que nuestra galaxia, la Vía Láctea, era el universo entero. El cosmos parecía estático: siempre había sido, y siempre seguiría siendo, más o menos igual. Sin embargo, cuando Albert Einstein formuló sus teorías de la relatividad, notó signos de algo extraño. Sus ecuaciones implicaban un universo en movimiento, ya sea expandiéndose o contrayéndose. Por eso, Einstein agregó un factor de ajuste, una constante cosmológica, que mantenía al universo en un estado estable más atractivo.

Sin embargo, casi al mismo tiempo, los astrónomos comenzaron a aceptar que algunas de las nebulosas borrosas en forma de espiral que observaban a través de sus telescopios no eran conjuntos de estrellas de nuestra galaxia. Eran galaxias completamente diferentes. Y cuando Edwin Hubble midió meticulosamente sus movimientos, demostró que estas galaxias efectivamente se estaban alejando de la nuestra. La humanidad había descubierto que el universo se está expandiendo. Al indagar sobre los inicios de todo, se descubrió que el universo entero nació en un violento Big Bang hace unos 13.770 millones de años. Con sus cimientos firmemente fijados, la cosmología se enfocó en la siguiente gran pregunta: ¿cómo terminará el universo?

1.- Fusión Nuclear

Hace unos 13.770 millones de años, el espacio y el tiempo surgieron de una singularidad increíblemente densa, comenzó en una fase de densidad y temperatura extremadamente altas (cuasi infinitas), un evento que se conoce como Big Bang. El universo se expandió rápidamente a partir de ese punto, con

la materia enfriándose y condensándose en galaxias y todas las estrellas y planetas que contienen. Y ha estado expandiéndose y enfriándose desde entonces.

Los primeros momentos del Big Bang son un misterio, porque las condiciones presentes en ese periodo fueron muy extremas, más allá de nuestra comprensión actual de la física. Lo mismo ocurre con el futuro tremendamente lejano. Todo nuestro conocimiento de la física se basa en los experimentos y observaciones que hemos podido realizar en nuestro universo actual. Simplemente no tenemos una base completa para considerar los procesos que operan en escalas de tiempo de varios trillones de años.

Actualmente si tomamos el Universo en su conjunto su composición media es la siguiente: La materia ordinaria está formada por los familiares protones, neutrones y electrones que forman los átomos. Las estrellas de neutrones (de las que hablaré más adelante) también se consideran materia ordinaria. Los agujeros negros que se formaron a partir del colapso de objetos masivos compuestos de materia ordinaria constituyen el 5% de la masa del Universo en forma de materia ordinaria.

La composición del Universo no es fija, sino que cambia con el tiempo. Por ejemplo, cuando el Universo tenía sólo entre 10 y 12 segundos, tenía una temperatura de 2.000 billones de grados y estaba formado casi exclusivamente por radiación. Siendo insignificante el aporte de materia y energía oscura. La materia oscura es una forma invisible de materia que no absorbe ni emite luz. Aunque se cree que hay más materia oscura que materia ordinaria en el Universo, la naturaleza de la materia oscura sigue siendo desconocida . Es probable que esté formado por partículas fuera del modelo estándar de física de partículas. A pesar de que los físicos han estado buscando partículas de materia oscura durante más de cuarenta años, nunca se ha encontrado ninguna, pero como apenas interactuarán con la materia ordinaria, serán muy difíciles de detectar. El universo se está expandiendo, y lo hace a un ritmo acelerado, gracias a una fuerza misteriosa que los científicos llaman " energía oscura ". Sabemos muy poco sobre cómo funciona esta fuerza o por qué aleja todo de todo lo demás, pero tiene algunas implicaciones bastante importantes para el destino final del universo. La energía oscura es una forma de energía necesaria para explicar por qué se está acelerando la expansión del Universo. Sin energía oscura, la gravedad de toda la materia del Universo frenaría su expansión.

Imagen 1. Campo Ultra Profundo del Hubble. Fuente: NASA

2. EL FIN DE LA TIERRA

Dentro de unos cinco mil millones de años, el Sol se convertirá en una gigante roja y ampliará su radio hasta la órbita de Marte. Mucho antes de que eso ocurra, la humanidad (o cualquier civilización que ocupe la Tierra en ese momento) habrá tenido que emigrar a otros planetas para sobrevivir. La Tierra se convertirá en la bola de fuego que fue cuando se formó. Quizás nos quedemos un poco más en algún lugar del Sistema Solar, pero eventualmente tendremos que salir y explorar exoplanetas, es decir, planetas que orbitan alrededor de otras estrellas. Afortunadamente, para entonces tendremos bastantes estrellas más para elegir, ya que la Vía Láctea estará en camino de fusionarse con Andrómeda y otras galaxias de nuestra vecindad cósmica, también conocida como Grupo Local. Observar la fusión de dos galaxias desde dentro será una actuación estelar única en su tipo. Y también será nuestro último encuentro de vecinas cósmicas, ya que es muy probable que nunca podamos interactuar con ninguna otra galaxia más allá del Grupo Local.

El fin de la vida

Al igual que el propio Universo, la vida se enfrenta a tres escenarios diferentes:

- La vida existe para siempre.
- La vida termina abruptamente.
- La vida termina lentamente.

El escenario 1 puede descartarse: en algún momento durante el enfriamiento del Universo, las estrellas dejarán de brillar. Y entonces no quedará energía para abastecer a ningún tipo de civilización. Incluso en un universo estático, sería difícil vivir eternamente. Por lo tanto, la vida, tarde o temprano, llegará a su fin. ¿Será entonces el escenario 2 o 3? Es posible que una catástrofe natural, como un meteorito, acabe con la mayoría de las formas de vida en la Tierra. Pero, aun así, es probable que algunas sobrevivan, y también es muy probable que algunas otras formas de vida extraterrestres sigan existiendo en algún otro lugar del Universo. En otras palabras el escenario más probable es el número 3: habrá vida en el Universo durante mucho tiempo. Lo que no está tan claro es si todavía habrá seres humanos que puedan apreciarlo.

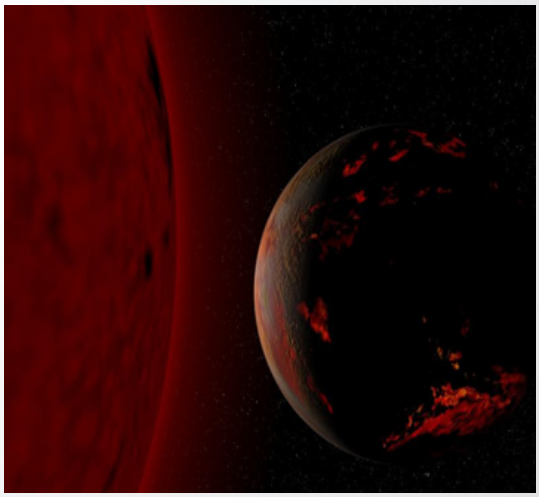

Imagen 2. Representación del Sol en fase de Gigante Roja junto a la Tierra.

¿El fin de la humanidad?

Dado que la vida no puede existir para siempre, la humanidad lógicamente también desaparecerá. Lo que no sabemos es cuándo y cómo. Son muchos los peligros que nos acechan en el futuro: Cambio climático, pandemias, guerras nucleares, y un sinfín de posibilidades.

3. EL FIN DEL UNIVERSO

¿Cuál es el destino final del Universo y de toda la vida? Hay dos formas principales de que un universo en expansión muera: el cosmos podría acabar colapsando sobre sí mismo o podría seguir inflándose eternamente. Pero exactamente cómo depende de cómo cambie la tasa de expansión cósmica en el futuro. Si la gravedad vence a la expansión, el cosmos colapsará en un Big Crunch. Si el universo continúa expandiéndose indefinidamente, como se espera, nos enfrentaremos a una gran congelación. Pero si la energía oscura empuja la tasa de expansión hasta casi el infinito, tendremos un Gran Desgarro que destrozará todo, incluso los átomos.

Existen diferentes teorías sobre el destino final del Universo, se resumen tres escenarios:

- El Universo existe para siempre.
- El Universo termina abruptamente.
- El Universo se acaba lentamente.

Escenario 1: El Universo existe para siempre

En este escenario, la expansión del Universo comienza a frenarse hasta detenerse. El Universo logra el equilibrio perfecto entre las fuerzas de expansión y atracción. En este estado de tranquilidad espacial, la luz de otras galaxias ya no se ve afectada por la expansión del Universo. Entonces, con el tiempo, la luz comienza a llegarnos desde muchas más galaxias de las que vemos actualmente. El cielo nocturno es cada vez más brillante y tenemos el privilegio de ver cada vez más galaxias de las que jamás podríamos ver en un universo en expansión.

Puede que le resulte atractiva la idea de un Universo estático. Einstein y la mayoría de los otros físicos de su época también pensaron lo mismo durante un tiempo, y Einstein incluso llegó a "forzar" su Teoría de la Relatividad para garantizar que el Universo fuera estático, sólo para admitir más tarde que era uno de los mayores errores de su vida. Porque resulta que en realidad es muy difícil que el Universo se vuelva estático, ya que sería un equilibrio inestable. Más bien, si el Universo deja de expandirse, el resultado más probable es que comience a contraerse nuevamente, hasta que finalmente colapse debido a la gravedad., lo que nos lleva al siguiente escenario.

Escenario 2: El Universo termina abruptamente

En este escenario, como en el anterior, el Universo deja de expandirse. Pero ahora no permanece ahí para siempre. En cambio, la gravedad hace lo que mejor sabe hacer y comienza a retirar toda la materia, de modo que el Universo se contrae cada vez más hasta llegar al Big Crunch, que es una especie de Big Bang invertido.

En el Big Crunch también llegamos a ese momento en el que la expansión se detiene y el cielo se vuelve simplemente espectacular. Pronto el Universo empieza a contraerse, las galaxias se engullen unas a otras y todo el Universo es destruido, acabando nuevo en una densa sopa de partículas como fue al inicio.

Ahora surge una interrogante lógica, si el Universo es capaz de expandirse y contraerse una vez, : ¿No podría repetirse el proceso nuevamente? Sí, el Universo podría estar rebotando constantemente entre Big Bang y Big Crunch indefinidamente. Y ésta es otra posibilidad cosmológica, llamada el Gran Rebote. Sin embargo, el Big Crunch y, por tanto, el Big Bounce, también son bastante improbables. Durante los últimos miles de millones de años, el Universo a gran escala ha estado dominado por algo muy poderoso: la energía oscura.

La energía oscura es la que hace que el Universo se expanda. Y, a pesar de su nombre, puede ser nuestra una oportunidad, ya que provocará que la expansión contrarreste la atracción gravitacional, evitando así el Big Crunch. Hipotéticamente, la energía oscura también podría afectarnos y crecer sin control. Esto provocaría que la expansión fuera demasiado rápida, al punto de obligar a las estrellas de nuestra propia galaxia a comenzar a alejarse unas de otras, la Tierra comenzaría a separarse de la Luna y, eventualmente, incluso los átomos de nuestro cuerpo terminarían alejándose unos de otros. Este posible futuro es llamado Big Rip.

Otra forma hipotética de acabar drásticamente con nuestra existencia es la teoría según la cual nuestro Universo existe en un estado inestable, llamado falso vacío . Y en cualquier lugar y en cualquier momento podría surgir una burbuja de vacío más estable, expandiéndose rápidamente y destruyendo todo a su paso. Y por "rápidamente" me refiero a viajar a la velocidad de la luz, lo que implica que no podríamos evitarlo: cuando podemos verlo, ya ha sucedido. Pero esta opción es muy controvertida, por lo que simplemente podemos descartarla.

En pocas palabras, en el peor de los casos , la muerte prematura del Universo podría producirse en unos pocos miles de millones de años. Pero la energía oscura no parece tener las características necesarias para un Big Crunch, un Big Bounce o un Big Rip, lo que nos lleva al tercer y último escenario: el destino más probable del Universo.

Escenario 3: El Universo termina lentamente

El Universo continúa expandiéndose para siempre, pero no lo suficientemente rápido como para separarnos. Más bien, sucede de forma lenta pero segura. Los grupos de galaxias continúan alejándose cada vez más rápido unos de otros de forma indefinida, hasta el punto de que cada galaxia termina sola en su propio universo observable. Las civilizaciones que se desarrollan entonces piensan que viven en un universo estático, compuesto únicamente por su propia galaxia. No tienen la suerte que tenemos hoy de poder ver galaxias lejanas y saber que el Universo es en realidad enorme y está en expansión.

Después de miles de millones de años, el Universo, o mejor dicho, todos esos universos independientes, se están quedando sin gas para formar nuevas estrellas, y empiezan a apagarse. Entonces, al final de los tiempos, el Universo será un lugar oscuro, frío y vacío. Y cualquier posible resto de civilización acaba solo

y congelado en la inmensidad del espacio. Por esta razón este escenario se llama Gran Helada (Big Freeze). Este resulta ser el escenario más probable, de hecho, se podría decir que el Universo ya ha comenzado a apagarse, porque si contamos el número total de estrellas que existirán a lo largo de todos los tiempos, alrededor del 90% de ellas ya se han formado. Para detallar lo antes mencionado lo esquematizamos mediante las siguientes etapas:

Etapa 1: El fin de la formación estelar

Las estrellas se están formando todo el tiempo en nuestra galaxia, la Vía Láctea, y otras galaxias del Universo. Sin embargo, el ritmo de formación se está desacelerando. En 10 billones (1013) de años, que es aproximadamente 1.000 veces la edad actual del Universo, cesará la formación de nuevas estrellas. La mayor parte del hidrógeno de las galaxias se habrá agotado y no habrá suficiente hidrógeno libre para formar nuevas estrellas. Cuando se ha agotado todo su combustible, las estrellas no pueden generar energía mediante reacciones nucleares y, por tanto, llegan al final de su vida. El destino de una estrella depende de su masa.

Enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros

A medida que se les acaba el hidrógeno, las estrellas queman otros elementos, como helio, carbono y oxígeno. Sin embargo, el suministro de combustible nuclear es finito y cuando se agota para la gran mayoría de estrellas el remanente se convierte en un objeto conocido como enana blanca. Las enanas blancas están compuestas de una forma especial de materia donde los átomos están muy juntos, llamada materia degenerada por electrones. Las enanas blancas son muy densas: una típica enana blanca tiene una masa comparable a la del Sol, pero su volumen es comparable al de la Tierra. Aunque en una enana blanca no se producen reacciones de fusión nuclear, todavía brillan debido a la emisión de energía térmica residual del que era el núcleo de la estrella original.

Por razones teóricas, la masa máxima de una enana blanca es aproximadamente 1,4 veces la masa del Sol. Este no es un límite estricto; Pueden existir enanas blancas de mayor masa si giran rápidamente. Debido a que las estrellas arrojan mucho material al final de su vida, ya que las capas exteriores de la estrella son arrastradas al espacio, las estrellas que comienzan su vida con una masa de hasta diez masas solares se convierten en enanas blancas. Más del 98% de las estrellas de nuestra Vía Láctea entran en esta categoría. Si la masa de lo que queda de una estrella moribunda, después de desprenderse de todas sus capas exteriores, es demasiado grande para convertirse en una enana blanca, pero es menor que el límite superior de alrededor de 2,2 masas solares, entonces se forma una estrella de neutrones. Las estrellas de neutrones consisten en gran medida en neutrones comprimidos.

Esto los hace increíblemente densos. Una estrella de neutrones típica tiene un diámetro de sólo 10 km, lo que le da una densidad de 1017Kg /m3. Un centímetro cúbico del material de una estrella de neutrones pesaría 100 millones de toneladas.

Si el resto de la estrella es aún más pesado, el resultado final es un agujero negro. Este tiene una superficie llamada horizonte de sucesos. Todo lo que cruce el horizonte de sucesos no podrá escapar del agujero negro. Entonces, el horizonte de sucesos separa al agujero negro del resto del Universo. Si nuestras teorías físicas actuales son correctas, en el centro del agujero negro se encuentra una singularidad de volumen cero y densidad infinita. Sin embargo, es posible que alguna teoría aún no descubierta de la gravedad cuántica tome el relevo en estas condiciones extremas. Los pedazos de materia solitaria que flotan en la inmensidad se están desintegrando. Y los agujeros negros supermasivos que acechan en el centro de cada galaxia están limpiando lentamente lo que queda a su alrededor, incluido cualquier cuerpo celeste capaz de albergar vida. Finalmente, después de una cantidad absurdamente enorme de años, estos solitarios agujeros negros se evaporan mediante la llamada radiación de Hawking.

Imagen 3. Representación de Agujero negro.

Etapa 2: Escalas de tiempo más largas, el enfriamiento de los restos estelares

Como las enanas blancas no generan energía mediante reacciones nucleares, se enfrían gradualmente y se vuelven más débiles. Con el tiempo, todas las enanas blancas se habrán enfriado e irradiarán tan poca energía que serán casi invisibles. Se trata entonces de una enana negra. La velocidad a la que un objeto como una estrella irradia calor es proporcional a su superficie . (Para los más inclinados a las matemáticas, la relación es $P = \sigma AT4$), Donde P es la potencia radiada, A es el área de la superficie, T es la temperatura medida en grados Kelvin y σ es un número conocido como constante de Stefan-Boltzmann). Debido a que las enanas blancas son muy densas, en relación con su masa, tienen una superficie relativamente pequeña de la que puede escapar la radiación. Esto significa que el enfriamiento de una enana blanca hasta convertirse en una enana negra lleva mucho tiempo. Se necesitarán entre 1015 años (100.000 veces la edad del Universo) para que una típica enana blanca se enfríe y se convierta en una enana negra a una temperatura de cinco grados por encima del cero absoluto. Por tanto, no existen enanas negras en nuestro Universo. Simplemente no tiene la edad suficiente para que se haya formado alguno.

Las estrellas de neutrones, debido a su pequeña superficie, tardan muchos órdenes de magnitud más en enfriarse a bajas temperaturas. Por ejemplo, una estrella de neutrones de 10 km de diámetro tendrá una superficie un millón de veces menor que la de una enana blanca de 10.000 km de diámetro. Por lo tanto, irradiaría un millón de veces menos calor que la enana blanca (suponiendo que estuvieran a la misma temperatura).

Etapa 3: En escalas de tiempo extremadamente largas: desintegración de protones

Una vez que todos los restos estelares se han enfriado a una temperatura cercana al cero absoluto, el Universo es un lugar frío y oscuro, pero se producen más cambios.

Aunque los núcleos atómicos radiactivos son inestables, los protones y neutrones (en un núcleo atómico) generalmente se tratan como si fueran completamente estables. (Curiosamente, además, los neutrones fuera de un núcleo atómico no son estables. Se desintegran con una vida media de aproximadamente 10 minutos). Las grandes teorías unificadas de la física de partículas predicen que los protones no son completamente estables. En cambio, se predice que el protón tendrá una vida media increíblemente larga que aún se desconoce, pero que debe ser superior a 1034 años; tal vez podría llegar a 1039 años. Esta velocidad de desintegración de protones es tan lenta que nunca se ha detectado, por lo que no se puede confirmar si estas predicciones son correctas. Para ilustrar la dificultad de detectar la desintegración de protones, incluso si la vida media del protón estuviera en el extremo inferior del rango (1034 años) y observáramos 1000 toneladas de hidrógeno buscando protones para desintegrarse, tomaría un promedio de 24 años. para ver uno solo. Si la vida media estuviera en el extremo superior (10 39 años), ¡se necesitarían en promedio 2,4 millones de años para que se dé una sola desintegración!

Suponiendo que se produzca la desintegración de protones, el producto final es una partícula de antimateria llamada antielectrón, también conocida como positrón. Los positrones llevan una carga positiva que tiene un valor igual y opuesto a la carga negativa de un electrón. Las partículas de antimateria rara vez se encuentran en la naturaleza. Los electrones son mucho más abundantes que los positrones; tan pronto como un positrón encuentra un electrón, ambos se aniquilan, produciendo dos fotones de rayos gamma. También se cree que los neutrones dentro de un núcleo atómico se desintegran mediante un mecanismo similar. En este caso, el producto final es una partícula de antimateria de baja masa llamada neutrino antielectrónico. El neutrino antielectrónico, en general, acabará encontrándose con un neutrino electrónico y ambos se aniquilarán. Si se produce la la desintegración de protones, se

llega a una conclusión interesante. La materia ordinaria no dura para siempre. Si esperamos lo suficiente, digamos 300 veces la vida media del protón, entonces toda la materia ordinaria del Universo se habrá desintegrado en fotones. Esto es cierto para toda la materia ordinaria, independientemente de la forma en que se encuentre. Los restos estelares como las estrellas de neutrones y las enanas negras (pero no los agujeros negros) y otros objetos como las nubes de gas, los planetas y los asteroides se desintegrarán en fotones.

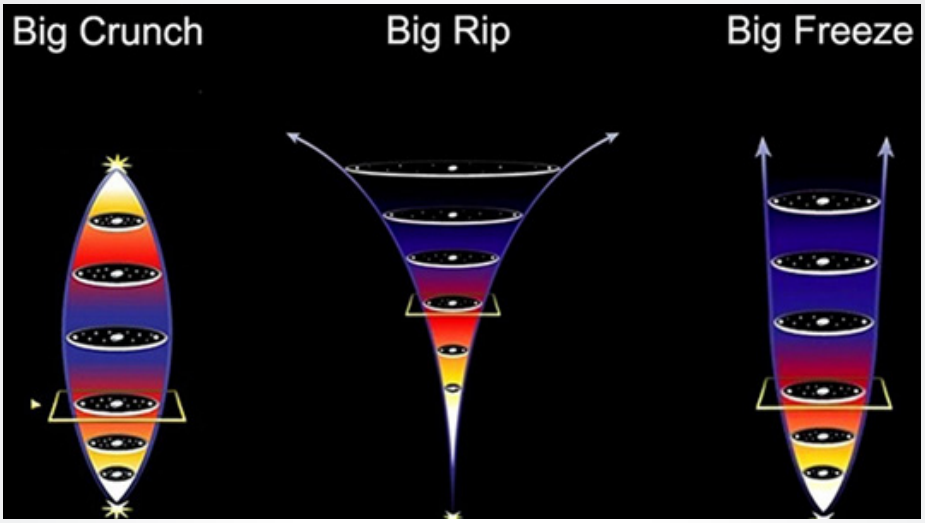

Imagen 4. Representación Esquemática del fin del universo

La etapa final de evaporación del agujero negro.

Ni siquiera los agujeros negros duran para siempre. En 1974, Stephen Hawking predijo que los agujeros negros deberían emitir radiación desde la región del espacio alrededor del horizonte de sucesos. Esto ahora se conoce como radiación
de Hawking. Si la predicción de Hawking es correcta y la radiación de Hawkin realmente exista, significa que los agujeros negros tienen temperatura.

Sin embargo, el hecho clave es que, en todos los agujeros negros conocidos, su temperatura es extremadamente baja: sólo una pequeña fracción por encima del cero absoluto. De hecho, debido a que todos los agujeros negros conocidos tienen una temperatura mucho más baja que la del espacio circundante, que es aproximadamente 2,7 grados por encima del cero absoluto, absorberán radiación del espacio circundante y crecerán incluso si no hay objetos masivos que devorar.

Pero a medida que nuestro Universo continúa expandiéndose y enfriándose, por cada agujero negro llegará un momento, en un futuro lejano, en el que la temperatura del agujero negro será superior a la temperatura del espacio circundante. El agujero negro será entonces un emisor neto de radiación y, a medida que emita radiación, comenzará a perder masa y se encogerá, desapareciendo finalmente por

completo.

4. ¿EL FIN O UN NUEVO COMIENZO?

Si avanzamos rápidamente en el tiempo hasta alrededor de un googol (es decir, 10100) de años en el futuro, toda la materia ordinaria y la materia de los agujeros negros se habrán convertido en fotones de baja energía. Sin embargo, la mayor parte de la materia del Universo es materia oscura cuya naturaleza se desconoce.

Roger Penrose especula en su libro Cycles of Time que las partículas de materia oscura, aún no descubiertas, también tendrán una vida finita. Su(s) masa(s) se desvanecerán gradualmente hasta llegar a cero en escalas de tiempo extremadamente largas. Por lo tanto, después de aproximadamente un googol de años, el Universo en expansión contendrá energía oscura pero no tendrá partículas que tengan una masa distinta de cero. Su único otro componente serán fotones de energía extremadamente baja y posiblemente gravitones, que son partículas hipotéticas sin masa que transportan la fuerza de gravedad. El Universo entra en una era muy aburrida en la que no ocurre nada más que una mayor expansión y enfriamiento. Sin embargo, como el Universo está formado únicamente por partículas sin masa y energía oscura, no hay nada alrededor que pueda observar este tedio. Los fotones (y también los gravitones, suponiendo que existan) tienen masa en reposo cero, viajan a la velocidad de la luz y, según la teoría de la relatividad especial de Einstein, cualquier cosa que viaje a la velocidad de la luz no registra el paso del tiempo. Entonces, en cierto sentido, el Universo “pierde la noción del tiempo”.

Como señala Roger Penrose, esto da lugar a cierta simetría con el Universo primitivo. En el cual:
El universo se está expandiendo rápidamente, no contiene partículas masivas, su constituyente principal son los fotones de energía extremadamente alta.

Es difícil predecir que azares cuánticos puede llegar a hacer el universo en su frío futuro. Un nuevo Big Bang podría surgir repentinamente del vacío, dando origen a un nuevo universo a partir de las cenizas del viejo. Las posibilidades de que esto ocurra son casi increíblemente pequeñas, pero cuando se comparan con las enormes escalas de tiempo de la existencia futura del universo, incluso las probabilidades más increíbles se vuelven casi garantías. O podría suceder algo completamente inesperado, algo para lo que ni siquiera tenemos la concepción y menos los conocimientos en este momento, porque no es parte de la forma en que opera el universo hoy.

5 . Referencias

- HALFDEN, N. (2024) New calculation: the universe is about to end. Revista Online SCIENCE ILUSTRATED. Recuperado de: https://scienceillustrated.com/space/new-calculation-the-universe-is-about-to-end
- BAEZ, J. (2016) The End of the Universe. Recuperado de: https://math.ucr.edu/home/baez/end.html
- MANN, A. (2019) How Will the Universe End?. Revista Online LIVE SCIENCE. Recuperado de: https://www.livescience.com/65299-how-will-the-universe-end.html
- IRVING, M. (2022) The end of everything: 5 ways the universe could be destroyed. Portal Online NEW ATLAS. Recuperado de: https://newatlas.com/physics/end-universe-destroyed-big-freeze-rip-crunch-slurp/
- TODD, I. (2024) The End of Everything - Astrophysicist Dr Katie Mack contemplates the end of the Universe (and everything in it). Revista Online BBC Sky at Night. Recuperado de: https://www.skyatnightmagazine.com/space-science/end-of-everything- universe-interview-astrophysicist-dr-katie-mack

Autor : Ing. Jesús Aragonéz Román - Director Adjunto
Edición : Lic. Angela Carrasco Nolazco, Responsable de Marketing e Imagen Corporativa

¡Contáctanos!

Celular : 998368833
Correo : citeenergia@citeenergia.com.pe
Dirección : Mz. G Lote 2 y 3 Parque Industrial Ancón