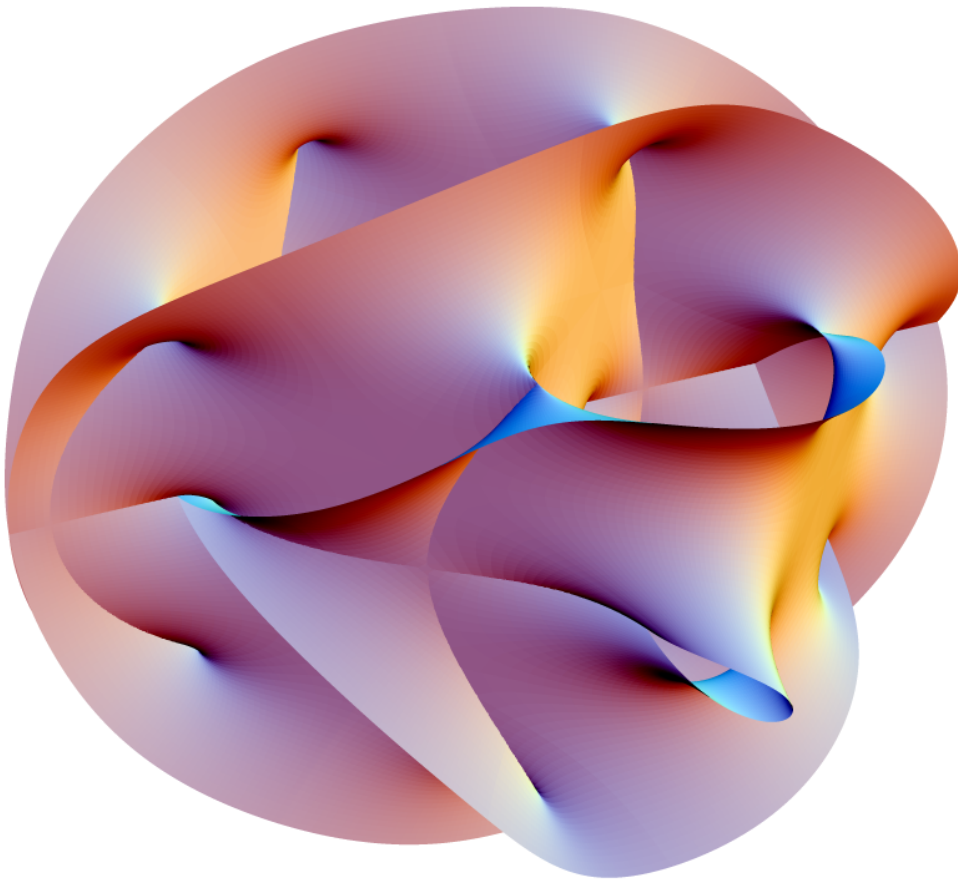


La teoría de cuerdas



Jorge Bermejo de la Lama

Juan García Camacho

Juan Lizarraga Lallana

Jorge Nieto García

Índice

1. Introducción

- a. Antecedentes de la física de la primera mitad del siglo XX
- b. El problema de la gravedad
- c. Génesis de la teoría de cuerdas

2. Desarrollo de la teoría

- a. Concepción subatómica de la materia
 - i. Cuerdas
 - ii. Branas
 - iii. Gravitón
- b. Necesidad de las dimensiones comprimidas
 - i. 11 dimensiones
 - ii. Multiverso
- c. Búsqueda de evidencias empíricas

3. Conclusiones

- a. Consecuencias filosóficas

4. Bibliografía

1. Introducción

a. Antecedentes de la física de la primera mitad del siglo XX

El siglo XX ha estado marcado por dos grandes revoluciones físicas: el comienzo de la mecánica cuántica y el desarrollo de la teoría de la relatividad.

La teoría de la relatividad especial formulada por Albert Einstein en 1905 une el espacio y el tiempo creando el espacio-tiempo. La teoría de Einstein formula ecuaciones para la transformación de movimientos vistos desde distintos puntos de referencia. Einstein continuó trabajando en la teoría y la amplió creando la teoría general de la gravedad.

Fue en 1911 cuando Rutherford después de realizar una serie de experimentos llegó a la conclusión de que había un núcleo en el centro de todos los átomos cargado positivamente formado por partículas. A estas partículas las llamo protones, posteriormente se produciría el descubrimiento de los neutrones por parte del científico Chadwick.

En 1925 y en 1926 científicos Heisenberg, Schrödinger y Dirac formularon la mecánica cuántica. Esta nueva teoría determina que los resultados obtenidos de las medidas físicas son probabilísticos y se encarga de calcular estas probabilidades. Esta teoría proporcionó grandes avances en el estudio de la materia, ayudando a comprender el comportamiento de sólidos y líquidos.

La teoría cuántica de campos extendió la mecánica cuántica junto con la teoría de la relatividad y esto supuso la base para la física de partículas.-

b. El problema de la gravedad

Las teorías mencionadas anteriormente tienen ciertos problemas con una fuerza de la naturaleza, la gravedad.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrentan las teorías es el problema de las singularidades. La resolución de este problema nos explicaría cuál es el fin último de una partícula que cae en una singularidad o agujero negro.

El otro problema surge al intentar vislumbrar el origen del universo. Si se consiguiese solucionar el problema explicaría el proceso conocido como inflación cuántica (explica la expansión ultrarrápida del universo en sus momentos iniciales) y explicar también el problema cosmológico del horizonte

(dificultad para explicar la homogeneidad que posee el universo en el reparto de materia y radiación).

c. Génesis de la teoría de cuerdas

En la última etapa del siglo XX la astrofísica se expande enormemente y aparece la teoría de supercuerdas que es considerada una teoría especulativa. Esta teoría es la más importante entre las propuestas para teoría del todo, una teoría que unifique todas las fuerzas en un único formulismo. La teoría de cuerdas proviene de la unión de cinco teorías que hablan sobre una misma idea de universo matizando diferentes aspectos.

- **TEORÍA BOSÓNICA:**

Esta teoría fue la primera y solo explica los bosones, aunque la partícula de mayor importancia de esta teoría es el gravitón. Esta teoría requiere 26 dimensiones.

- **TEORÍA DE CUERDAS DE TIPO I:**

Incluye cuerdas abiertas y cerradas propagándose en un espacio-tiempo plano de 10D. Difiere de las demás al ser la única con hojas de universo (variedad bidimensional que describe la inmersión de una cuerda en el espacio tiempo) no-orientables por lo tanto las cuerdas también son no-orientables. Es la única donde las cuerdas cerradas pueden romperse para formar cuerdas abiertas. Presenta D-branas que tienen 1, 5 y 9 dimensiones. Presenta un grado de supersimetría $N=1$.

- **TEORÍA DE CUERDAS DE TIPO IIA:**

Incluye cuerdas cerradas propagándose en un espacio-tiempo plano de 10D. Si dentro de esta teoría introducimos las branas se crearán las cuerdas abiertas. Todas las cuerdas son orientables y presenta D-branas de 0, 2, 4, 6 y 8 dimensiones. Supersimetría de $N=2$

- **TEORÍA DE TIPO IIB:**

. Tiene pequeños matices matemáticos que la distinguen de la IIA, como la helicidad.

- **TEORÍA DE CUERDAS HETERÓTICAS:**

Una cuerda heterótica es un híbrido entre cuerda bosónica y supercuerda.

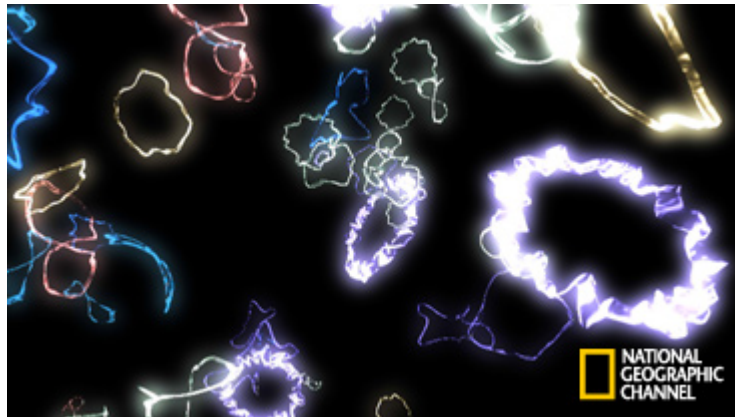
2. Desarrollo de la teoría

a. Concepción subatómica de la materia

i. Cuerdas

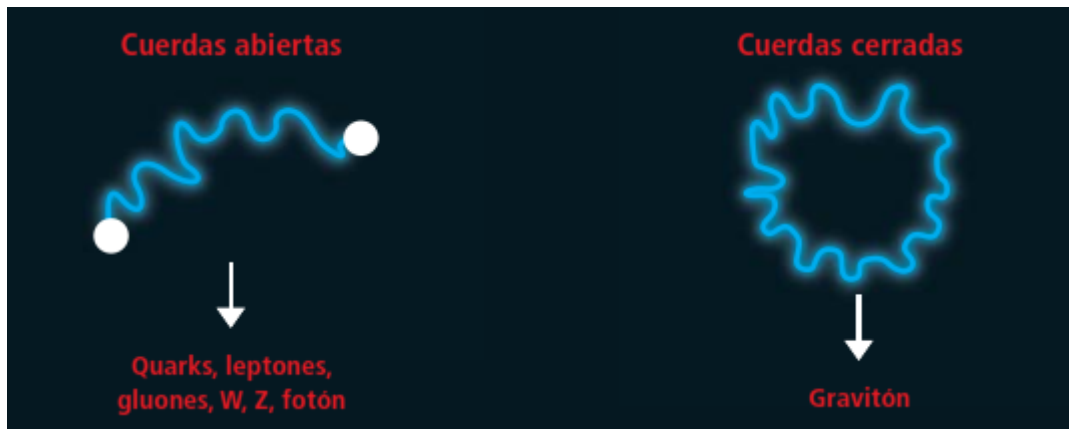
Hasta finales del siglo XX, cuando se empezó a especular la teoría de cuerdas, todas las partículas atómicas y subatómicas habían sido consideradas partículas puntuales. Puntos con 0 dimensiones. La base de la teoría de cuerdas es la suposición de que esta afirmación es incorrecta.

Según la candidata a la teoría del todo, todas las partículas están formadas por unas pequeñas cuerdas que se extienden en una dimensión. Según el patrón de vibración de las cuerdas, estas darán lugar a una partícula u otra.



Al principio del desarrollo de esta teoría no se explicaba cómo el hecho de que las partículas fuesen cuerdas podía solucionar los problemas de la física mencionados en la introducción. Pero los físicos se dieron cuenta de que cambiando la escala de energía de las interacciones fuertes a la correspondiente a las interacciones gravitatorias y postulando la existencia de una simetría entre materia e interacción, la teoría incorporaba de manera natural la gravedad de Einstein en su límite de muy baja energía. Para que esto fuese consistente había también que postular la presencia de dimensiones adicionales, ya que la teoría necesita 10 dimensiones. Obviamente, esto solo es posible si estas dimensiones se cierran sobre sí mismas formando círculos de muy pequeño radio, lo que explicaría que no las pudiéramos percibir, pero más adelante trataremos con mayor profundidad este tema.

Todas las partículas de nuestro modelo atómico estarían representadas con una cuerda abierta, menos el gravitón, la ilusiva partícula que representa la fuerza de la gravedad, que estaría formada por una cuerda cerrada.



La teoría de cuerdas también explica la interacción entre partículas. Una cuerda abierta puede dividirse para formar dos cuerdas, o un par de cuerdas pueden unirse para formar una sola cuerda abierta. De otra manera, una cuerda abierta puede plegarse y formar una cuerda cerrada, así sería como la materia emite gravitones y crea campos gravitacionales.

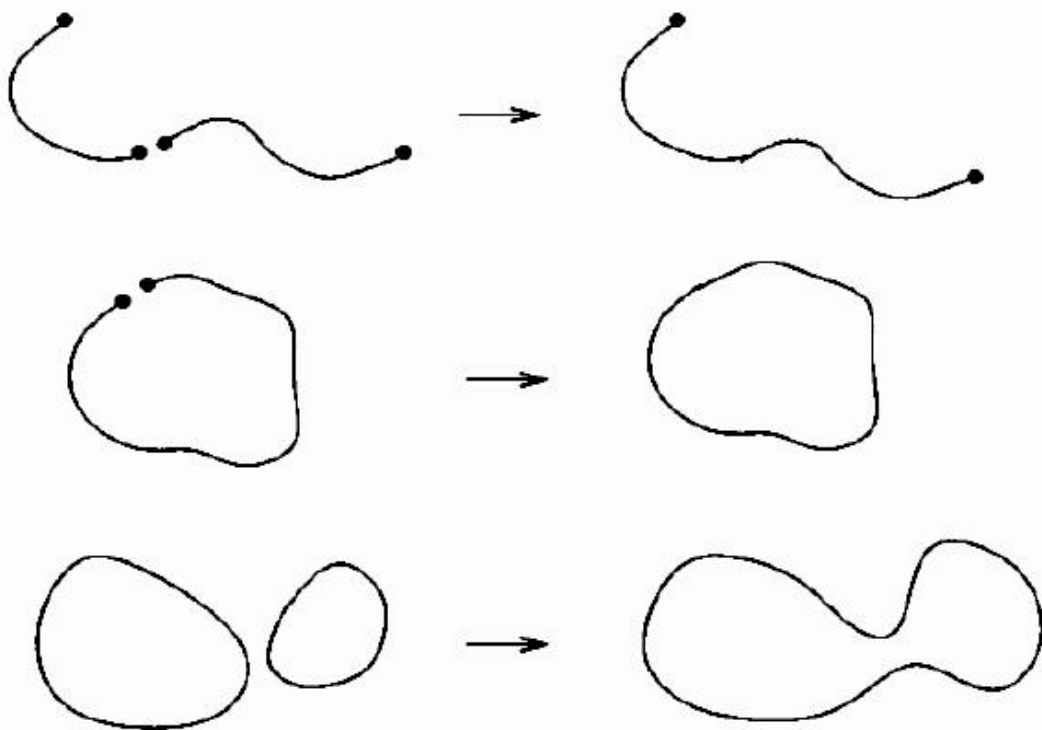
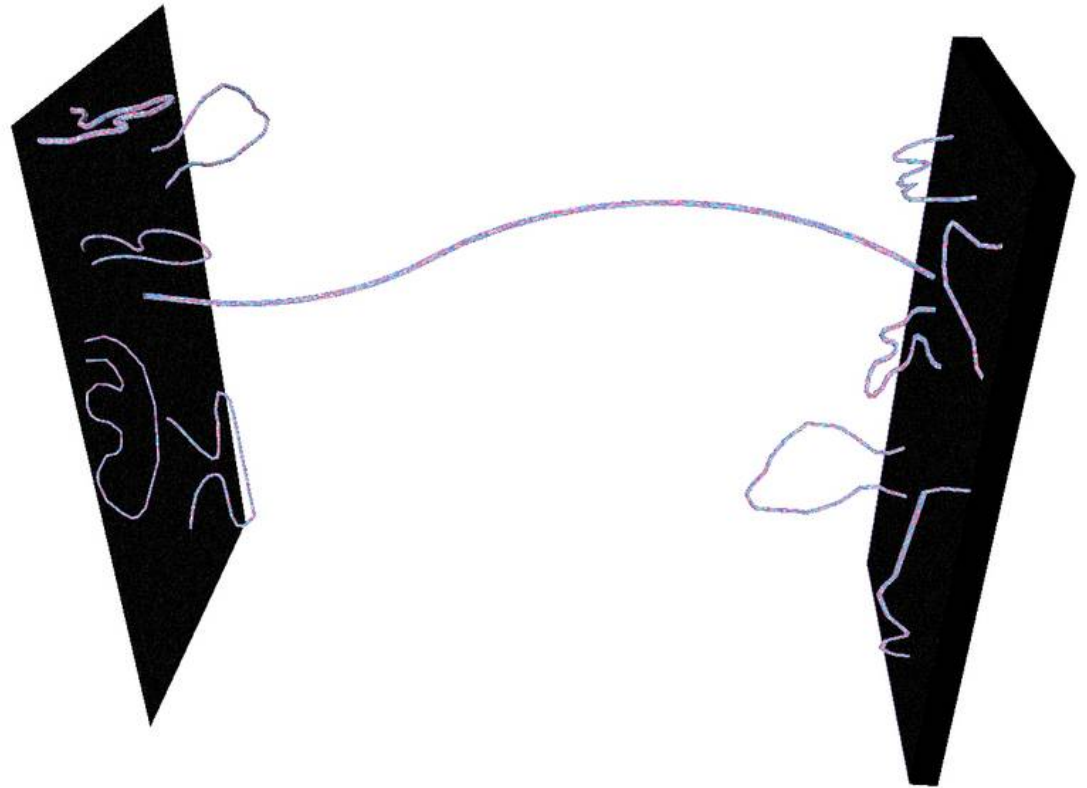


Fig.4: String interactions

ii. Branas

Los investigadores observaron que el extremo de las cuerdas abiertas debía acabar en alguna parte. Estas debían estar ancladas a un objeto que llena todo el espacio, las branas.



Existen branas de distintas dimensiones, incluso algunas que se extienden por las dimensiones compactificadas extra.

Las branas tendrían también la capacidad de intersectar con otras branas. Lo que permitiría que una cuerda pueda tener cada extremo en una brana distinta, otorgándole a la partícula distintas propiedades como podría ser la carga positiva o negativa.

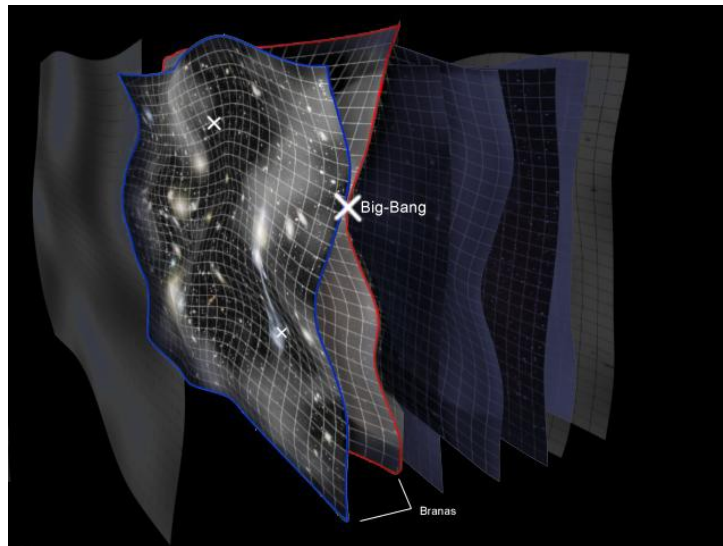
Las branas explicarían también la debilidad de la gravedad respecto a otras fuerzas, porque al ser esta una cuerda cerrada, no se ancla a las branas, por lo que gran parte de su fuerza se "filtra".

Muchos físicos tienen la idea de que las branas corresponderían a distintos universos. Nuestro universo sería una gran brana esférica y las otras branas serían universos paralelos. Esto abre las puertas a la idea del multiverso, basada en la existencia de infinitos universos paralelos, cada uno con las dimensiones extra compactificadas de distinta manera, pero este tema será también tratado más adelante en el desarrollo del trabajo.

Albert Einstein predijo en su teoría de la relatividad que el universo estaba formado por la unión de espacio y tiempo, el llamado tejido espacio temporal, y este se podía curvar, apareciendo así agujeros negros y de gusano. Esto sigue siendo

posible en la teoría de cuerdas, porque las branas son muy flexibles, y se podrían curvar originando así estos dos fenómenos.

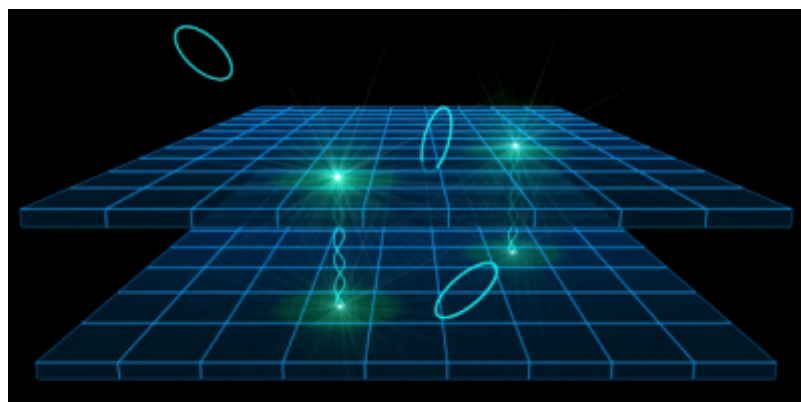
Las branas dan también respuesta al BigBang, siendo este el choque de dos branas, que se ha unido liberando una enorme cantidad de energía y generando nuestro universo.



iii. Gravitón

Como ya hemos mencionado anteriormente, el gravitón es una partícula hipotética de tipo bosónico que representa la interacción de la fuerza gravitatoria. En la teoría de cuerdas el gravitón es una cuerda cerrada, por lo que no está anclada a ninguna brana, por lo que podría atravesar todas las membranas sin anclarse a ninguna, por lo que perdería parte de su fuerza.

Como es natural, el gravitón ha cobrado muchísima importancia dentro del marco teórico de la teoría de cuerdas, porque si efectivamente el gravitón puede atravesar todas las branas, y estas son distintos universos paralelos, esto significa que es la única partícula capaz de pasar de un universo a otro sin anclarse en ellos. Todo el multiverso tendría por lo tanto la misma gravedad que viene del "centro" del universo, una zona teorizada en la cual hay una atracción gravitatoria enorme.

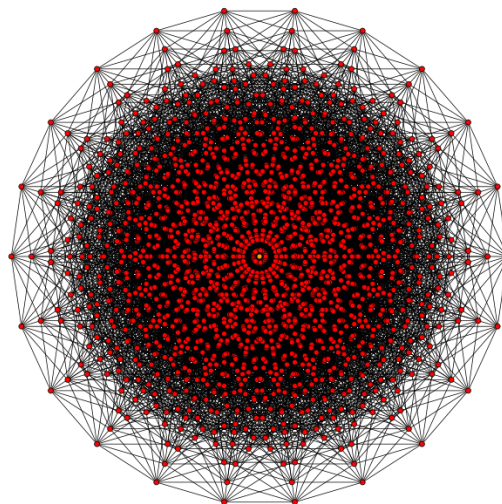


b. Necesidad de varias dimensiones compactadas

La posible existencia de 11 dimensiones que plantea la teoría de cuerdas, tiene un fundamento lógico, a pesar de las críticas que ha recibido. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que las cuerdas, oscilan originando diferentes partículas, el problema es, que para que las cuerdas puedan vibrar y oscilar, requieren de más dimensiones de las que nosotros podemos observar a simple vista. La teoría de cuerdas, defiende la existencia de al menos 11 dimensiones distintas:

- Diez dimensiones espaciales de las cuales se distinguen, las tres dimensiones que podemos percibir, y otras seis que se encuentran “compactadas” entre los puntos o lugares que definen las demás dimensiones.
- Una dimensión no espacial, que es el tiempo.
- Una dimensión capaz de englobar formando “membranas” y a través de la cual la gravedad puede pasar dando lugar a los gravitones.

La posible existencia de 11 o más dimensiones abre las puertas a una nueva concepción del universo en su totalidad, propone la existencia de varios universos “paralelos o alternativos” muy lejanos al nuestro o incluso invisibles a nuestros sentidos. Actualmente, no se ha demostrado de manera empírica todo lo anterior mencionado, sin embargo, se sabe que matemáticamente esto es posible, debido a que la existencia de 11 dimensiones permite que las ecuaciones se cumplan. Para muchos científicos esto es una prueba fehaciente, por el contrario, para otros no es más que una cuestión filosófica o una curiosidad matemática.



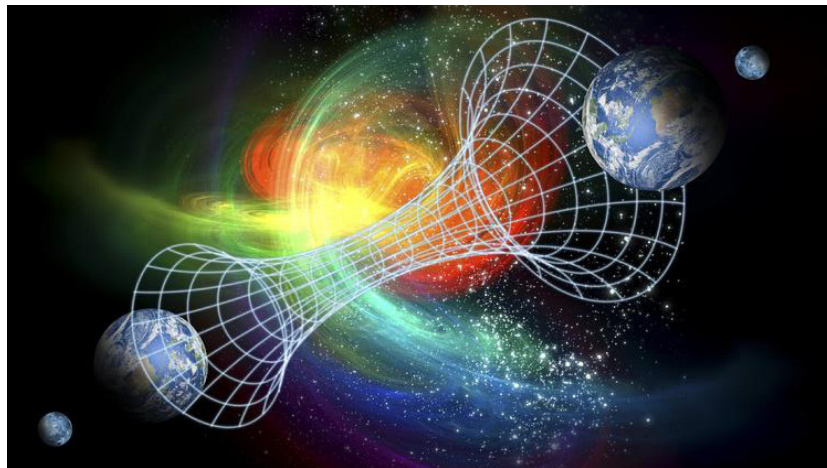
La Teoría de Universos Paralelos.

Los Universos paralelos se definen como la posible existencia de universos o realidades lejanas, las cuales son relativamente independientes a la nuestra.

Huge Everett, un físico estadounidense de principios del S.XX, fue el primero en proponer la existencia de otros universos distintos al nuestro.

Lo que él básicamente defendía era la existencia de distintos universos con infinitud de posibilidades distintas respecto al nuestro.

A pesar de todo, grandes científicos como Bohr, atacaron duramente su teoría provocando su retirada del campo de la física cuántica, sin embargo, gracias a él han surgido múltiples explicaciones con respecto a la existencia de diferentes universos.



A continuación procederemos a hablar de una de las teorías más recientes a cerca de la existencia de distintos universos.

Esta teoría, fue planteada por Max Tegmark, un físico de origen sueco y estadounidense nacido el 5 de mayo de 1967. Este físico y cosmólogo que actualmente trabaja en el “Instituto Tecnológico de Massachusetts”, planteó una posible teoría inherente al tema de los multiversos, clasificados por niveles en los cuales unos incluyen a los demás niveles, esto es lo que se denomina la Hipótesis de Multiversos en Física.

Hipótesis de Multiversos en Física.

Un Multiverso o Meta-Universo, se define como un conjunto de múltiples universos paralelos los cuales conforman la totalidad de nuestra realidad.

La estructura, su naturaleza y relación entre los demás universos, dependerá de la hipótesis de multiverso, que se considere.

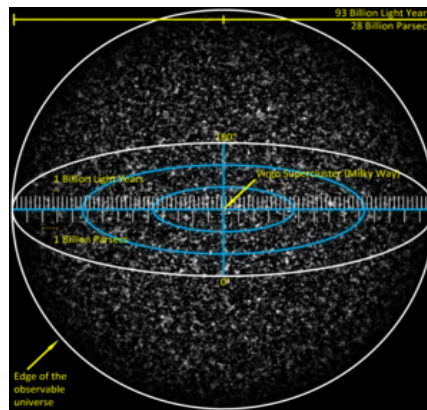
Clasificación de Tegmark.

1. Multiverso de Nivel I.

Se define como un universo o sistema ergódico infinito. Un sistema se denomina ergódico cuando el único conjunto que no varía y cuya medida es mayor que cero, de la

hipersuperficie energética constante en el espacio es la propia hipersuperficie.

Un universo al ser infinito, debe contener infinitos Volúmenes de Hubble (región del universo que rodea a un observador y en la cual los objetos se desplazan a la velocidad de Luz; más allá de ella no se perciben los objetos ya que se desplazan más rápido debido a que el universo se expande constantemente). Estos universos se caracterizan por poseer las mismas constantes físicas que el nuestro, sin embargo, se diferencian en la distribución desigual de materia.



2. Multiverso de Nivel II.

El multiverso se estira de manera infinita, sin embargo, ciertas regiones se convierten en burbujas en lugar de dilatarse. La diferencia con los multiversos de Nivel II varían las dimensiones espacio-temporales, las cualidades de las partículas y los valores físicos.

Richard Toolman definió dos requisitos para llegar a un multiverso de Nivel II:

La existencia de una “brana” tridimensional paralela a la nuestra.

Un ciclo nacimiento-muerte del multiverso.

3. Multiverso de Nivel III.

Estos universos, están situados fuera del espacio ordinario que conocemos, sin embargo, hacen acto de presencia en experimentos tales como la interferencia de ondas etc...

Tegmark sostiene que dentro de un multiverso de Nivel III solo pueden existir universos de Nivel I y Nivel II.

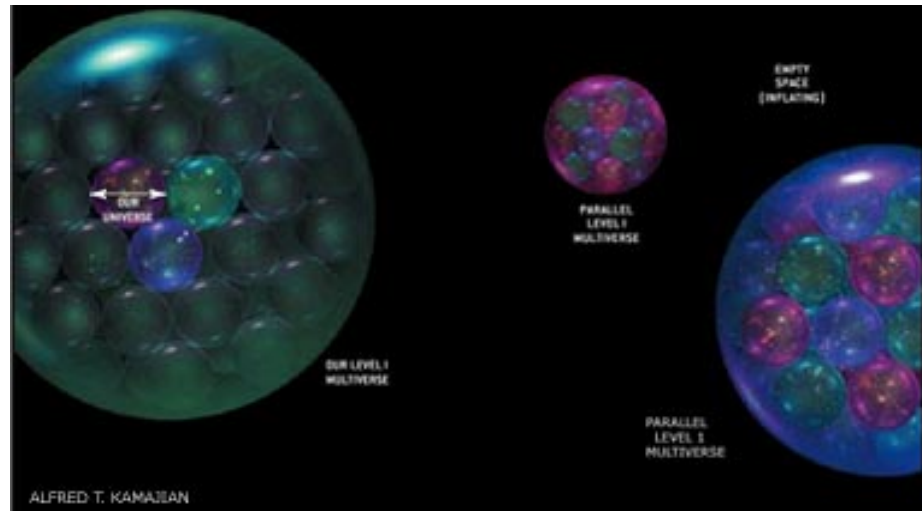
La existencia de multiversos de Nivel III, redefine el tiempo como una secuenciación de varios universos distintos.

4. Multiverso de Nivel IV.

Considera que tanto nuestro universo como todos los universos existentes pueden definirse de manera matemática. Además estos universos, se encuentran fuera

de nuestro espacio-tiempo por lo que carece de cualquier observador conocido.

Todos los multiversos anteriormente mencionados, a pesar de diferir con el nuestro en sus constantes físicas y espacio-temporales, todos ellos se regían por las leyes fundamentales. Sin embargo, el multiverso de Nivel IV también varía en las leyes fundamentales más básicas.



c. Búsqueda de pruebas empíricas

Antes de comenzar a profundizar en cómo es posible aplicar una demostración empírica es necesario dejar claro algunos conceptos clave.

Tradicionalmente, se ha podido profundizar en el conocimiento del mundo mediante el uso del método científico, un método hipotético-deductivo en el que a partir de hipótesis nacidas de la observación, probándolas posteriormente mediante la experiencia para constatar su veracidad o su falsedad.

Así por ejemplo, se han probado recientemente las ondas gravitacionales. En el siglo XX Einstein planteó la posible existencia de perturbaciones espacio-temporales guiadas en forma de onda por la gravedad de los cuerpos del universo. Más de medio siglo más tarde, ante una tecnología mucho más desarrollada, se pudo comprobar que, efectivamente, Einstein estaba en lo cierto –como para atreverse a contradecir al gran Albert Einstein-. En definitiva, el avance de la ciencia ha ido muy ligado al aspecto empírico de toda hipótesis que se conciba.

Sin embargo, en la actualidad, la ciencia vanguardista se ha hallado ante quizá el mayor obstáculo del desarrollo científico hasta la fecha. Cada vez la ciencia, en especial la física, busca ahondar en el principio último y fundamental del universo, nada más y nada menos. El problema de este

ambicioso proyecto es que se ha llegado a la frontera de lo constatable por la experiencia. Incluso con el avance masivo de la tecnología, las nuevas hipótesis de la realidad son tan abstractas y esenciales que, o bien son imposibles de probar por la experiencia, o bien la inversión económica para construir medios tecnológicos capaces de percibir un atisbo de la ciencia que se busca adquiriría unos valores tan exorbitados que, francamente, sería mucho más sensato destinarlos a otros problemas más urgentes y básicos.

Es por ello por lo que ha aparecido la llamada “física teórica”, la rama de la física que pretende explicar la realidad física mediante el empleo de fórmulas matemáticas únicamente, ya que la demostración empírica sería imposible o mucho más laboriosa que elaborar la propia teoría.

Para esta física teórica, el método hipotético-deductivo ya no tiene sentido. En su lugar se opta por una regla mucho más básica, el falsacionismo. Una teoría podrá considerarse como tal mientras no entre en contradicciones con la experiencia. De esta manera, no buscan evidencias empíricas como criterio de validación, sino justamente al revés; mientras no haya pruebas experimentales de su falsedad, toda teoría es posible. Es el mismo concepto de la presunción de inocencia en nuestro sistema jurídico: toda teoría se considerará válida si no se demuestra lo contrario, lo que ha dado lugar a una serie de hipótesis a cada cual más rebuscada y variopinta, llegando a la más estrambótica, la teoría de cuerdas.

Basándose en esta “presunción de validez” surge la teoría de cuerdas. Mediante la intuición y la imaginación, aparece el pensamiento de componer la materia en cuerdas vibracionales. A partir de esta suposición, verdaderos ejércitos de matemáticos y físicos empezaron a desarrollar las consecuencias de este sistema de entender el átomo. Estas consecuencias se plasman en el lenguaje matemático y se descubre que, efectivamente, complementan y unifican las teorías físicas anteriores. Además, los fenómenos físicos conocidos se explican mediante esta complicada red de fórmulas y expresiones matemáticas.

No obstante, el hecho de que las consecuencias de la teoría concuerden con lo empírico no significa que sea cierta, sino que puede serlo. Como se ha dicho anteriormente, esta teoría intenta lograr la llamada teoría del todo, que explique el universo en toda su globalidad. Un fin tan elevado como este requiere, como no puede ser de otra forma, de la certeza de estar basando nuestros delirios de grandeza en una suposición verdadera. Por ello, una vez desarrollado matemáticamente cómo la teoría de cuerdas es primordial para unificar todos los fenómenos físicos en la teoría M, no

está de más que de una vez por todas los científicos aborden la verificación de la teoría y no solamente la ausencia de falsación.

Otro aspecto importante a la hora de demostrar la teoría es que, aparte de las cuatro dimensiones conocidas, no se sabe cómo se posicionan las compactadas. Esto implica que en casos específicos de falsación de la teoría (por métodos matemáticos, evidentemente) solamente se pruebe cómo no se configuran el resto de dimensiones compactadas, nunca la propia teoría, lo que hace muy difícil la posibilidad de falsación.

Además, al hablar de cuerdas estamos hablando de filamentos cinco millones de veces más pequeños que el átomo de hidrógeno, lo que las hace invisibles bajo ningún tipo de tecnología que exista hoy en día. Asimismo, el avance en la ingeniería física para percibir universos alternos en este multiverso que compone todo cuanto existe sería tan grande que es imposible en la actualidad.

Por estas razones, hay expertos que tachan esta teoría de pseudociencia, un producto de la imaginación de físicos no muy realistas que desarrollan una hipótesis que explique el universo y que, convenientemente, esté ajena a cualquier tipo de falsación o verificación, lo que le hace eterna, metafísica, pero más allá de todo eso, vacía y carente de fundamento.

Con todo, existen también expertos que buscan métodos de verificación a pesar de las adversidades –los más valientes o dementes de la comunidad científica, probablemente ambas-. Estos físicos, como era de esperar, se enfrentan a una tarea que se antoja imposible o muy cerca de llegar a serlo. A día de hoy, los principales avances en este campo oscuro y endiabladamente teórico de la física son los siguientes:

1. Por un lado, en la universidad de Towson, Maryland, ha barajado la opción de aumentar la escala. Parten de que los fenómenos por la teoría de cuerdas serán los mismos en dimensiones mucho más amplias a nivel macroscópico, unificando así la teoría de la relatividad con la mecánica cuántica. Esto supone un cambio mínimo en la órbita de los planetas que, de poder medirse y demostrar así su existencia, serían un prometedor indicio de que, efectivamente, la teoría de cuerdas tiene algo de fundamento y sentido y no es simplemente el resultado de una mente imaginativa con mucho tiempo libre.
2. Por otro lado, otro indicio a favor de la teoría de cuerdas es la coincidencia de una parte de las matemáticas que la rigen con el denominado entrelazamiento cuántico. Por pura casualidad o por ser el reflejo de una misma esencia de la realidad, lo cierto es que un fenómeno físico

demostrado, el entrelazamiento cuántico, se plasma en el lenguaje matemático de la misma forma que la teoría de cuerdas. No es una prueba muy rigurosa pero desde luego sí es prometedora.

Para el físico optimista, estos dos descubrimientos son prueba de que, efectivamente, la ciencia va en buen camino y se dirige directamente al principio último del universo, al “arché” de la realidad; no obstante, estos indicios no prueban en ningún caso la propia teoría, sino su repercusión en los fenómenos físicos. La única manera de hallar una evidencia empírica y, por lo tanto, contundente, es yendo a la teoría en su totalidad, no únicamente a sus consecuencias; lo cual o es imposible o bien ocurrirá en una era muy lejana de la que nos ha tocado vivir.

Desde luego, la teoría de cuerdas tiene un futuro abierto de par en par en el que el trabajo de mentes brillantes y la concepción del mundo de la humanidad intervendrán activamente en hallar la explicación total del universo y, en última instancia, el papel del hombre como ser que lo puebla, entiende y domina.

3. Conclusiones

a. Repercusiones filosóficas

Por un lado, la teoría de cuerdas supone toda una gran humillación al ser humano.

Desde los comienzos de la civilización, el hombre se ha creído dueño, finalidad y centro del universo. Esta vanidad humana se mantuvo durante milenios hasta que, en la Edad Moderna, el gran astrónomo Copérnico postuló una teoría diferente a las anteriores, presuntuosa y, sobre todo, inconveniente.

Según esta teoría, el geocentrismo ya no tiene sentido, y junto con él también desaparece el antropocentrismo. El ser humano no vive en un universo concéntrico alrededor de él, sino que no es más que el poblador de un planeta que gira en torno al astro rey. Por si fuera poco, el desarrollo de la astronomía nos ha permitido descubrir que, en realidad, no somos más que insignificantes pobladores de un planeta que gira en torno a una de tantas y tantas estrellas que configuran el universo, toda una lección de humildad.

Pero la humillación no acaba aquí, según la teoría de cuerdas, el universo del cual no somos ni una ínfima parte, no es más que un universo paralelo más en este macromundo al que los físicos llaman multiverso. La humanidad es por tanto, completamente impotente e irrelevante ante la majestuosidad de la realidad en la que vive.

Pero, por otro lado, esta teoría de cuerdas es un motivo para enorgullecerse y ensalzar al ser humano, sobre todo a sus físicos. Visto desde otro punto de vista, mediante la teoría de cuerdas, el hombre está muy cerca de encontrar esa fórmula mágica, llamada teoría del todo, que permita conocer cómo funciona el multiverso en su totalidad, qué ha ocurrido y qué ocurrirá y, en definitiva, ser capaz de dominarlo a través del conocimiento.

Por lo tanto, la repercusión filosófica de esta interesante teoría es agri dulce: mediante el conocimiento total del universo y los supuestos delirios de grandeza cumplidos de los físicos teóricos, lo cual ensalza al ser humano, llegamos a una posición en la que nos sabemos insignificantes, irrelevantes, impotentes e ínfimos en un mundo cuya magnificencia es indiferente a cualquier acción o pensamiento humano, lo cual humilla al ser humano.

En definitiva, la teoría del todo nos conduce a la comprensión total del universo y, por ende, a una lección de humildad total a la humanidad.

4. Bibliografía

http://www.tendencias21.net/Posible-prueba-empirica-de-la-Teoria-de-Cuerdas_a4802.html

<http://tecnociencia.com/2014/teorias-indemostrables-mas-alla-de-lo-falsable>

<http://francis.naukas.com/2013/05/01/la-teoria-de-cuerdas-ciencia-o-pseudociencia/>

<http://www.nationalgeographic.es/ciencia/qu-es-la-teoria-de-cuerdas>

http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/time_travel/esp_ciencia_timetravel48.htm

https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_cuerdas

<http://www.astromia.com/astronomia/teoriacuerdas.htm>