

EL LIBRO DE LAS CRIATURAS COSMOLÓGICAS

Índice de autores

- J.A. Wheeler, 3 – 14
G. W. Gibbons, 15 – 16
B. Carter, 17 – 28
M. Tegmark, 29 – 38
D. Deutsch, 39 – 39
P.C.W. Davies, 40 – 40
M. Rees, 41 – 42
F. Hoyle, 43 – 44
E. Schrödinger, 45 – 47
R. Misner, 48 – 49
W. De Sitter, 50 – 51
G. t'Hooft, 54 – 60
K. Gödel, 61 – 62
L. Boltzmann, 63 – 64
L. Susskind, 64-65
H. Bethe, 66 – 68
S.W. Hawking, 69

PRÓLOGO DEL AUTOR

Mejor lo llamaríamos cuadernillo que no libro y más bien lo referiríamos a seres animados, inanimados, teorías e ideas, que no a criaturas tan pomposas como las de naturaleza cosmológica. Pero como los dibujos hechos a los protagonistas humanos son caricaturas creativas y los conceptos, interpretaciones y sucesidos se han reelaborado en la mente del autor, no podemos dejar de considerar a todos los contenidos del opúsculo como a criaturas y referirlas al contexto universal dado su carácter extremo y profundamente ambiguo. En cualquier caso, este es libro que pretende ser de utilidad para niños y cosmólogos; para descreídos y bromistas, o para todo aquél que busque una base a partir de la cual saber más sobre las cosas de las que trata el libro. Por supuesto, no he pretendido ser exhaustivo ni siquiera justo con los personajes científicos. Faltan muchos (Einstein, por ejemplo) y habrá quien crea que sobran otros. Pero ya sabemos que Einstein aparece por todos los lados y yo quiero reafirmar aquí que hay muchos personajes aplastados en el anonimato de la fosa común del tiempo por el plagio de grandes afamados y la perfidia de las mafias.

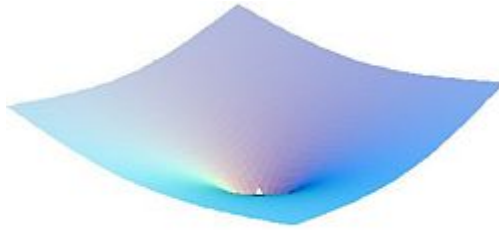
Pedro Félix González Díaz

1. JOHN ARCHIBALD WHEELER



Físico americano. En los últimos años se convirtió en un anciano bondadoso y apacible pese a que a lo largo de su vida formó parte de dos comités terribles para la humanidad: el Proyecto Manhattan para la construcción de la bomba atómica y el comité de asesoramiento al presidente de los EEUU para la guerra de Vietnam cuya escalada promovieron los miembros del grupo científico asesor. Fue alumno de Niels Bohr, pero su gran especialidad fue la Gravitación, donde realizó contribuciones muy importantes. Solo o en unión de algunos de sus discípulos, escribió varios libros de entre los que destaca el famoso “libro negro” GRAVITATION que compuso junto con sus discípulos Misner y Thorne, y fue la obra de referencia fundamental de consulta durante muchísimos años. En lo que fue verdaderamente un genio fue en su capacidad de bautizar procesos, fenómenos y objetos físicos con los nombres más representativos y gráficos. Todos recordamos los nombres de agujero negro o de agujero de gusano. Junto con su discípulo Jacob Bekenstein estableció las bases fundamentales para la unificación de la gravedad y la termodinámica y llegó a representar a las partículas elementales como soluciones de las ecuaciones de Einstein.

A. Definición de un Agujero Negro de Schwarzschild



Un **agujero negro de Schwarzschild** o **agujero negro estático** es aquel que se define por un solo parámetro, la masa M . Más concretamente, el agujero negro de Schwarzschild es una región del espacio-tiempo que queda delimitada por una superficie esférica imaginaria llamada horizonte de sucesos que es una frontera aparente que encierra un espacio del cual ni la luz tan siquiera puede escapar, de ahí el nombre de agujero negro. Dicho espacio forma una esfera perfecta en cuyo centro se encuentra una singularidad real y cuyo radio lleva el nombre de radio de Schwarzschild y depende únicamente de la masa del agujero

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}$$

Donde G es la constante gravitatoria, M la masa del agujero y c la velocidad de la luz. Cuanto mayor es la masa del agujero negro mayor es el radio de Schwarzschild. La geometría del espacio-tiempo alrededor de un agujero de Schwarzschild viene dada por la métrica de Schwarzschild

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 + \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

Esta fue una de las primeras soluciones exactas de las ecuaciones de Einstein de la relatividad general y fue obtenida por el físico alemán Karl Schwarzschild y bautizada por John Archibald Wheeler. Las peculiaridades de la métrica para $r < 2GM/c^2$ dieron lugar al concepto de agujero negro mismo.

B. Descripción fenomenológica

La teoría de la relatividad predice que, dentro de un agujero negro de Schwarzschild, aparecerá una hipersuperficie límite teórica, tal que al acercarnos a ella el tensor de curvatura crece y crece sin límite. Ese tipo de objeto geométrico se conoce como singularidad real, y puede entenderse como un límite a partir del cual el espacio-tiempo no puede ser modelizado dentro de la teoría (se supone que cerca de la singularidad los efectos cuánticos son importantes).

Además el espacio-tiempo dentro de la región del agujero de Schwarzschild es geodésicamente incompleto para cualquier geodésica temporal dentro del agujero, lo cual significa que una partícula en caída libre dentro del agujero pasado un tiempo finito alcanzará la singularidad indefectiblemente. Actualmente no disponemos de ninguna teoría que nos diga qué pasa exactamente cuando una partícula alcanza la singularidad.

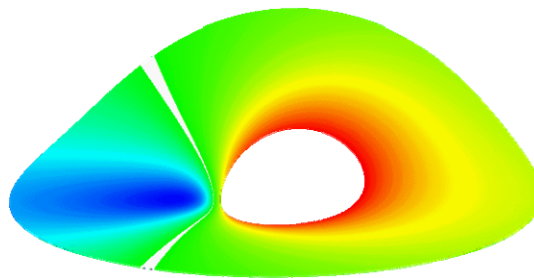
En el caso de Schwarzschild esta singularidad es de tipo temporal, si resultara que el hecho de llegar a una distancia suficientemente pequeña de la singularidad supusiera la destrucción de la partícula misma, como se supone a veces, entonces las partículas que se mueven a mayor

velocidad dentro del agujero desaparecerían "volatizadas" más tarde y las más lentas antes. Ese hecho encaja con el carácter temporal de la singularidad, a diferencia de una singularidad espacial que puede entenderse más bien como un lugar geométrico.

C. Otros tipos de agujero negro

Sin embargo, existen otros modelos más complicados de agujeros negros que dependen de más de un parámetro:

- El **Agujero Negro de Kerr** es un agujero negro en rotación definido no sólo por su masa sino también por su momento angular. Dicho agujero tiene una dirección privilegiada en el espacio y, por tanto, deja de ser isótropo. Este es el modelo que más se ajusta al tipo de agujeros negros que se pueden observar fruto del colapso de estrellas supermasivas.



La métrica de un agujero negro de Kerr viene dada por la expresión

$$ds^2 = dt^2 - \frac{\rho^2}{\Delta} dr^2 - \rho^2 d\theta^2 - (r^2 + a^2) \sin^2 \theta d\varphi^2 - \frac{2Mr}{\rho^2} (dt - a \sin^2 \theta d\varphi)^2$$

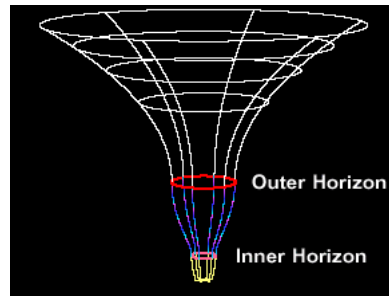
Donde

$$\rho^2 = r^2 + a^2 \cos^2 \theta ; \Delta = r^2 - 2Mr + a^2$$

Si **J** es el momento angular y **M** la masa, el **parámetro de rotación** se escribe como **a= J/M**.

El término cruzado **dt dφ** es responsable del efecto de dragado (Efecto Lense-Thirring) del sistema.

- El **Agujero Negro de Reissner-Nordstrom** es un agujero con carga eléctrica estático y posee unas propiedades especiales ya que no solo se forma una singularidad gravitatoria sino también una singularidad en el campo eléctrico generado por el agujero. Dicho agujero está sujeto también a dos parámetros. Esta vez son la masa y la carga. La existencia de tales agujeros no ha sido observada pero se podría concebir la posibilidad de crearlos en condiciones controladas tales como en aceleradores de partículas.

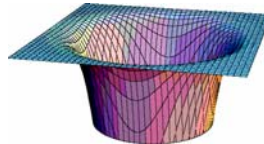


La métrica espacio-temporal en este caso viene dada por la expresión

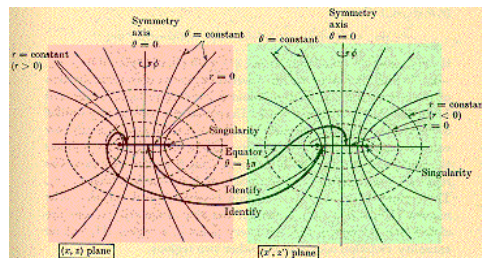
$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} + \frac{r_e^2}{r^2}\right) c^2 dt^2 + \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} + \frac{r_e^2}{r^2}\right)} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

En la que

$r_e^2 = \frac{Q^2 G}{4\pi\epsilon_0 c^4}$, donde Q es la carga eléctrica y $1/(4\pi\epsilon_0)$ es la constante de fuerza de Coulomb.

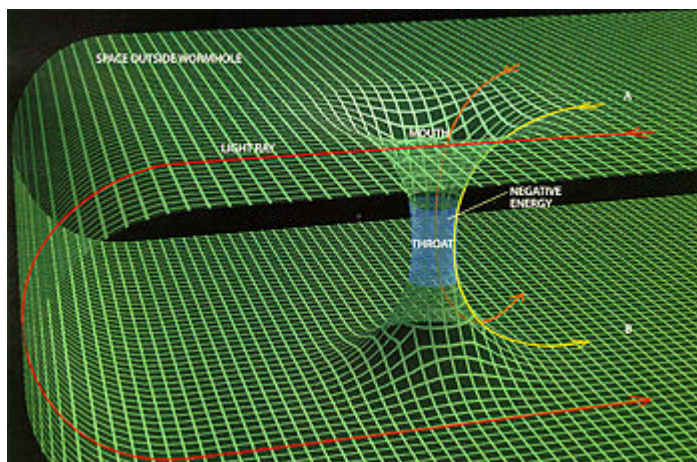


- Finalmente está el **Agujero Negro de Kerr-Newman**. Este cuarto tipo de agujeros es el resultado de la combinación de los dos anteriores. Se trataría de los agujeros negros con carga y en rotación. Estos agujeros dependerían de los tres parámetros, masa, momento angular y carga. Además, al rotar se provocaría un movimiento de cargas en su seno lo que conllevaría también a la generación de un campo magnético.



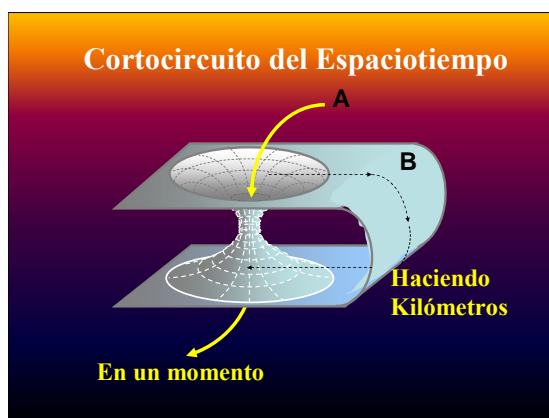
El nombre de agujero negro les fue dado en todos los casos por John Archibald Wheeler.

D. Definición de Agujero de Gusano



Esta es una representación muy conocida de un agujero de gusano visto por un observador que cruza el horizonte de sucesos de un agujero de gusano de Schwarzschild. Este es un agujero negro pero con la singularidad reemplazada por un camino inestable hacia un agujero blanco situado en otro universo. La nueva región es siempre inaccesible ya que el puente entre el agujero negro y el blanco siempre colapsa antes de que el observador tenga tiempo de atravesarlo. Es lo que se llama un **Puente de Rosen-Einstein**.

En física, un agujero de gusano es una concreción topológica hipotética del espaciotiempo que básicamente consiste en un corto-circuito del espacio y del tiempo formado por dos bocas que se abren a partir de una garganta.



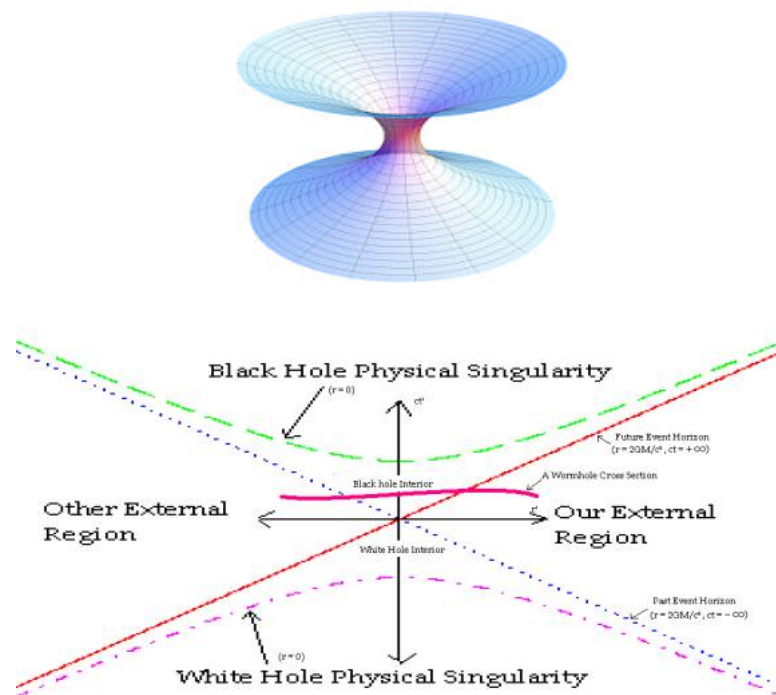
Nadie ha podido observar un agujero de gusano, pero éstas son soluciones válidas de las ecuaciones de Einstein que pueden ser atravesables desde una boca a otra. Al igual que los agujeros negros, el término agujero de gusano fue inventado por John Archibald Wheeler usando el supuesto en un artículo en el *Annals of Physics* de que un gusano puede desplazarse sobre la piel de una manzana desde un punto original a otro final, pero puede también conectar el punto de destino y el de origen haciendo un boquete por el interior de la manzana de longitud menor que el recorrido sobre la piel. Un agujero de gusano es una región compacta del espaciotiempo cuyos puntos interiores no están simplemente conectados.

E. Tipos de Agujeros de Gusano

Existen esencialmente dos tipos diferentes de agujeros de gusano: Lorentzianos y Eucídeos. Los segundos parecen ser muy importantes en el estudio de partículas y consisten en fenómenos puramente cuánticos sin análogo clásico, y han sido empleados para resolver el problema de la constante cosmológica, de acuerdo con la interpretación de Sydney Coleman. Los agujeros de gusano Eucídeos son a su vez de dos tipos: los de Tolman-Hawking y los de Giddings-Strominger, aunque unos son reducibles en otros mediante cambios de coordenadas.

A su vez, los agujeros de gusano Lorentzianos son de tres tipos:

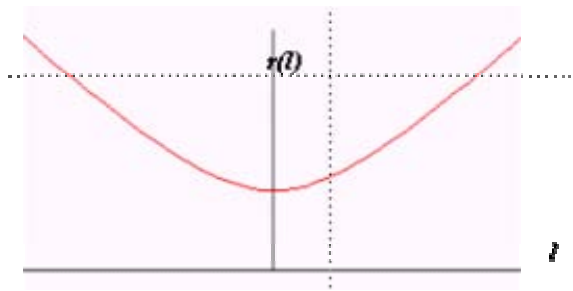
- De Schwarzschild o Morris-Thorne inter-universales que conectan universos paralelos o universos diferentes, los primeros estrangulándose inmediatamente por la garganta, de acuerdo con el siguiente esquema geométrico:



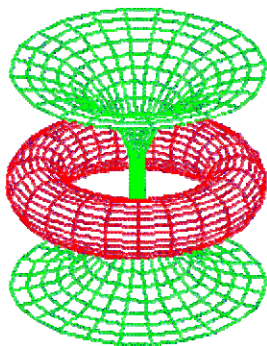
- De Morris-Thorne intra-universales. Si las bocas se mueven relativas una a otra dan lugar a viajes en el tiempo. Se originan en muchos tipos de teorías y constituyen la fábrica del espaciotiempo cuántico que forma la “Espuma Espaciotemporal Cuántica”. La métrica general de este tipo de agujeros es muy sencilla y toma la forma

$$ds^2 = -e^{2\Phi(l)} dt^2 + dl^2 + r(l)^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

La función $\Phi(l)$ se denomina función desplazamiento y puede tomar multitud de valores, incluyendo el valor cero, en cuyo caso el agujero es el más sencillo e interesante. El parámetro l marca el carácter de agujero de gusano y el resto de parámetros pueden ser expresados en términos de dicho parámetro:



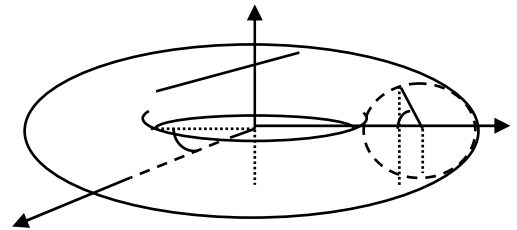
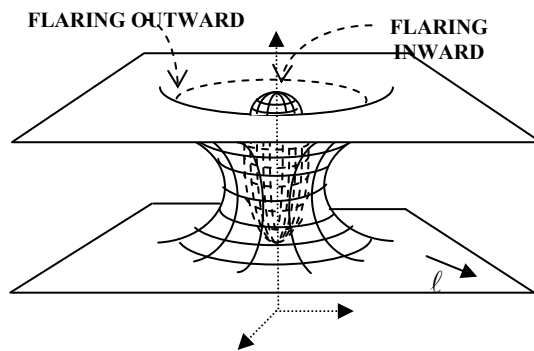
- Agujeros de gusano de Anillo o de Klein. En lugar de responder a una topología esférica, satisfacen la topología de un toro o de una botella de Klein. Son convertibles también en máquinas del tiempo y poseen itinerarios a lo largo de la garganta donde el observador no encuentra nunca la materia exótica que permite evitar el estrangulamiento por la garganta.



$$\rho = \frac{b'}{8\pi Gc^{-2}r^2}$$

$$\tau = \frac{b'r - 2(r-b)\phi'}{8\pi Gc^{-4}r^2}$$

$$p = \frac{r}{2}[(\rho c^2 - \tau)\phi' - \tau']$$



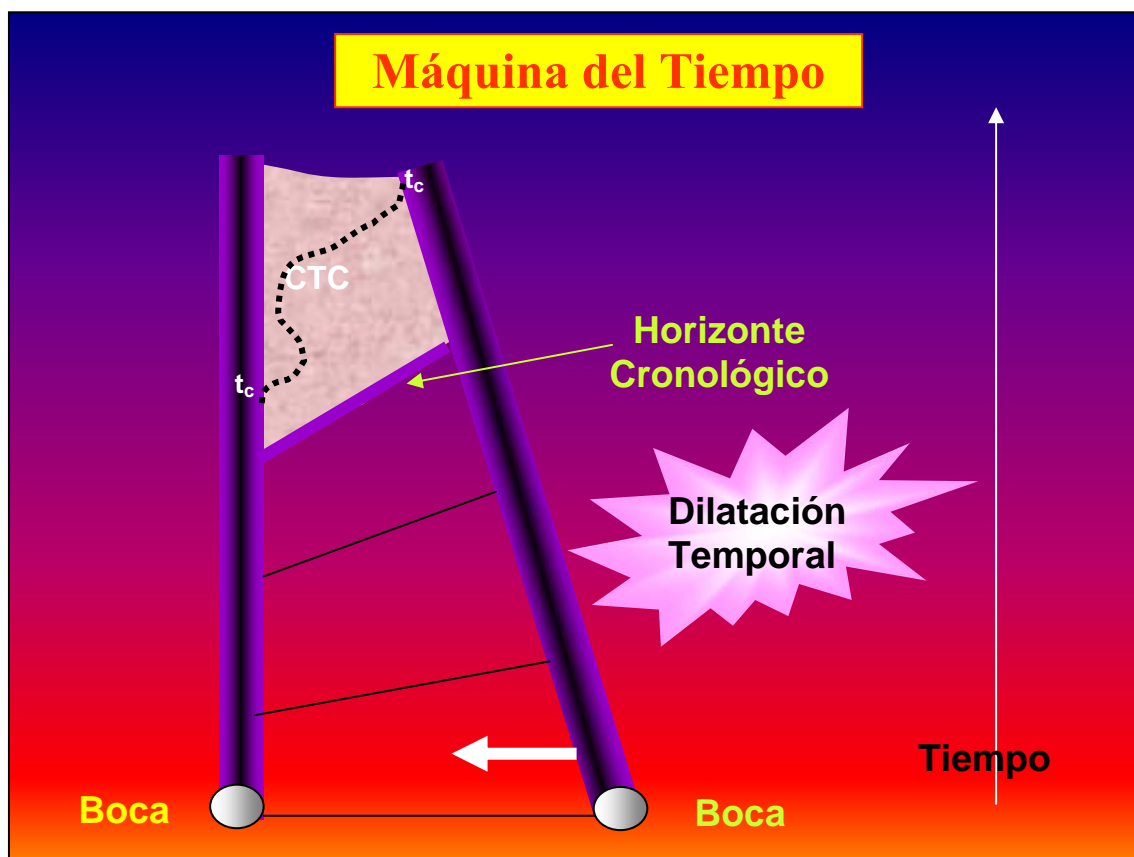
- La acreción de energía fantasma puede convertir un agujero de gusano intra-universal en un agujero de gusano inter-universal dentro del contexto de un multiverso.

F. Agujeros de gusano atravesables

Agujeros de gusano Lorentzianos atravesables permitirían viajar de una parte a otra del mismo universo o de un universo a otro, siempre muy rápidamente. Tales son los agujeros de Morris-Thorne o los de Matt Visser o González Díaz, los cuales no son únicamente atravesables sino que lo hacen por regiones que no contienen materia exótica.

Agujeros de Gusano, supervelocidad y viaje temporal

La relatividad especial sólo se aplica localmente. Por ello, aunque a través de un agujero de gusano no se llegue nunca a violar la relatividad, en un agujero de gusano puede llegarse a conectar dos puntos yendo más allá de la velocidad de la luz aparentemente.



La manera de convertir un agujero de gusano en una máquina del tiempo consiste en acelerar una de sus bocas respecto a la otra. De esta forma la dilatación temporal relativista hace el trabajo de que la boca móvil envejezca menos que la otra, tal y como lo ve un observador externo en la paradoja de los gemelos. Así, alguien que entrara por la boca acelerada saldría por la boca estacionaria en un momento anterior al de su entrada. Haciendo cíclico el itinerario nos encontraríamos con una curva cerrada temporal. Las curvas cerradas temporales se establecen en una región compacta delimitada por horizontes cronológicos. De acuerdo con Stephen Hawking, en la vecindad de dichos horizontes se produciría una creación catastrófica de partículas que desestabilizaría el agujero de gusano (*Conjetura de protección cronológica*). Sin embargo, cálculos llevados a cabo por Richard Gott y González-Díaz, utilizando vacíos conformes y procesos de acreción ultra-rápidos permiten estabilizar al agujero, evitando la vigencia de la conjetura de Hawking, al menos durante un tiempo suficientemente largo..

G. Máquinas Del Tiempo

💡 ¿Qué es una Máquina del Tiempo?

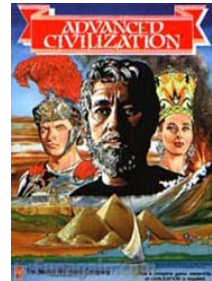


- **Definición General :** Cualquier procedimiento que permita observar directamente Acontecimientos que ocurran en el Pasado o Futuro



- **Definición Científica-Técnica:** Ingenio tecnológico (¡ Nave Temporal !) construido por una Civilización Avanzada que permita viajar libremente a través del Tiempo.

Civilización Avanzada: Seres inteligentes del futuro capaces de transformar en Tecnología Útil cualquier Verdad Científica, sin violar las Leyes Fundamentales de la Ciencia



6

A menudo la Ciencia Ficción de Hoy es la Ciencia de Mañana

- Viajes en el tiempo desde 1880: ¡ Basura !
- H.G. Wells: “The Time Machine”



1895

- ¡ Ciencia !

- Pero . . . Tecnología Ficción



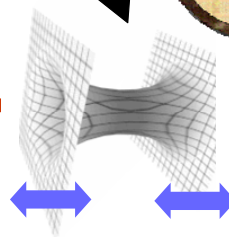
~1990



+

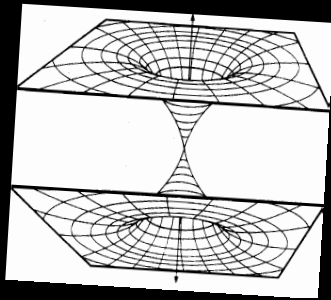


Thorne

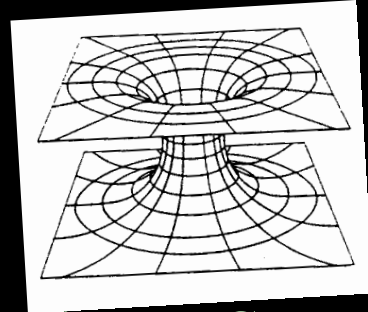
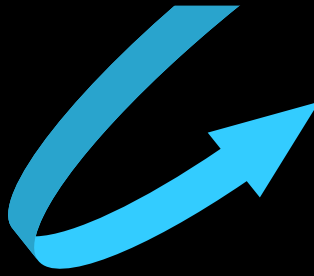


7

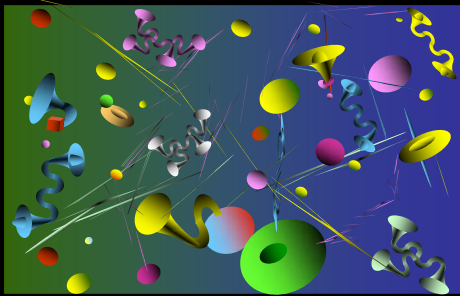
Materia Exótica : $E < 0$



Puente de Einstein-Rosen

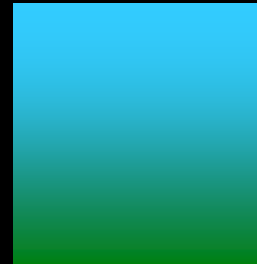


Agujero de Gusano

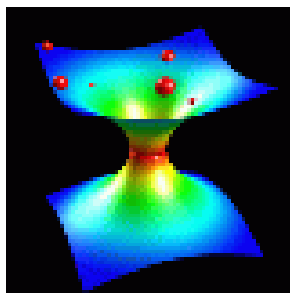
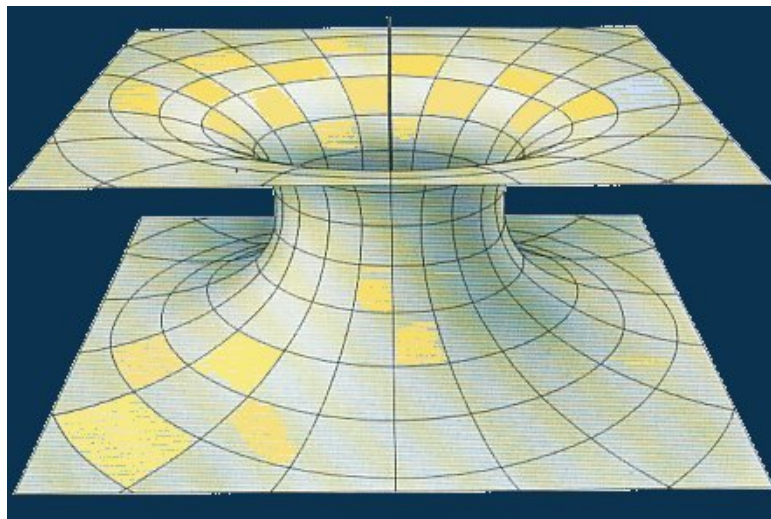


Espuma Espacio-Temporal

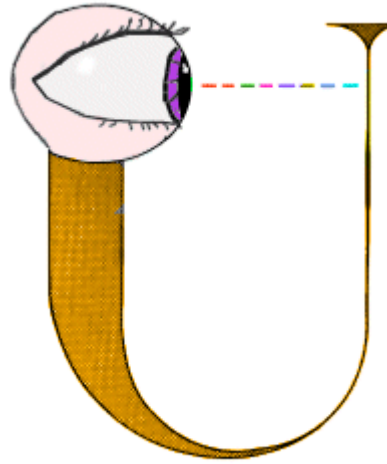
$E = -$ Masa de Júpiter
(Extraer y Crecer)



(Tecnología-Ficción)



H. El principio participatorio.



En el año 1944 el gran físico alemán **Max Planck** predijo que la existencia de todas las cosas se debe a una Mente inteligente, a la que llamó “la matriz de toda la materia”. La cuestión que dejó abierta el gran Planck fue ¿Qué Mente? La respuesta de Wheeler fue: Es la conciencia la que crea, el conocimiento de la naturaleza quien la crea. Es muy conocido que Albert Einstein dijo, “Dios no juega a los dados”. La respuesta de Wheeler a esto es que, en efecto Dios juega a los dados con todo lo creado, pero que nosotros debemos conocer todas las reglas de ese juego y de esa forma participamos en la creación de todas las cosas creadas. El resultado sería un Universo Participatorio con los observadores jugando un papel crítico en la creación de las cosas. Para poner de manifiesto esta idea Wheeler introdujo el concepto de “experimento de elección retrasada”

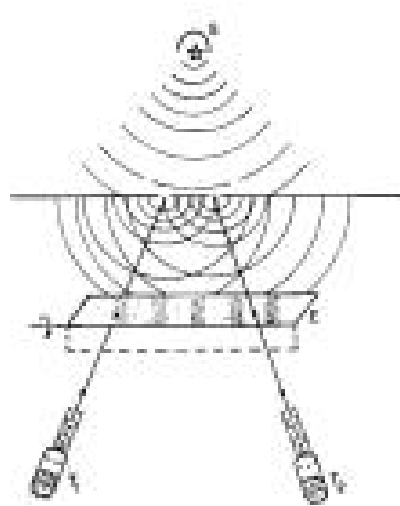


Nosotros seríamos diminutos pedacitos de un universo mirándose a sí mismo y construyéndose a sí mismo. De esta forma si la conciencia es capaz de crear, entonces el universo es el resultado del efecto cognitivo de la conciencia. Al focalizar nuestra conciencia en algo, ese algo sería creado. Nosotros seríamos las partes constitutivas de la gran mente de Planck.



I. La Filosofía del experimento de elección retrasada de John Wheeler.

"Cuando indagamos en lo más profundo de lo material o en el más lejano borde del universo, lo que finalmente vemos son nuestras caras mirando sorprendidas hacia nosotros."



2. GARY GIBBONS



Inglés. Discípulo y pariente lejano de Stephen W. Hawking, junto con el cual desarrolló la teoría semiclásica de un espacio de De Sitter, poniendo de manifiesto la existencia de un campo de radiación térmica en un universo vacío. Es mundialmente considerado como uno de los cosmólogos más importantes de nuestro tiempo. Experto en super gravedad y teoría de cuerdas, ha contribuido con numerosas soluciones cuya geometría ha sido muy estudiada durante los últimos años. Es un hombre culto que disfruta con las actividades artísticas.

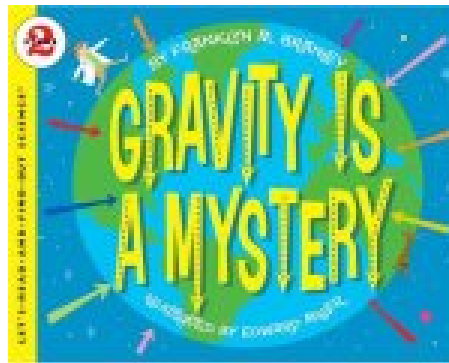
A. Gravedad Cuántica Euclídea¹ no es más que la versión Wick-rotada de la gravedad cuántica formulada como una teoría cuántica de campos que usa variedades Riemanniana de 4-dimensiones compactas, conexas y sin fronteras o singularidades. El propagador entre vacíos de esta teoría se da como una integral funcional sobre el tensor métrico el cual juega el papel de campo cuántico:

$$I = \int d^4 x \sqrt{-g} (R + L(\varphi)) + 2 \int d^3 x \sqrt{-h} \text{Tr} K$$

donde φ denota todos los campos materiales.

¹W. Gibbons and S. W. Hawking (eds.), *Euclidean quantum gravity*, World Scientific (1993)

B. Radiación térmica en espacios con horizontes: Temperatura y Entropía del Universo de de Sitter.



La aplicación de la gravedad cuántica Euclídea al caso de un universo de de Sitter constituye un ejemplo de lo misteriosa que resulta esta teoría: Así, sin necesidad de más cálculo ni más historia, siguiendo los pasos:

1. Extendemos máximamente la métrica estática de de Sitter a su forma tipo-Kruskal en términos de nuevas coordenadas (avanzadas y retardadas) U, V
2. Construimos el diagrama de Penrose correspondiente
3. Expresamos el tiempo en función del cociente de las coordenadas V sobre U .
4. Rotando entonces el tiempo a lo largo del itinerario de Wick, obtenemos el resultado de que el espacio de de Sitter se llena de radiación térmica a una temperatura proporcional al inverso de la raíz cuadrada de la constante cosmológica que caracteriza el vacío del espacio de de Sitter.
5. Se obtiene así mismo la entropía como una cantidad proporcional al área de la superficie esférica del espacio considerado que viene dada por el inverso de la constante cosmológica.

Ciertamente resulta un gran misterio la corrección del resultado obtenido por el método utilizado.

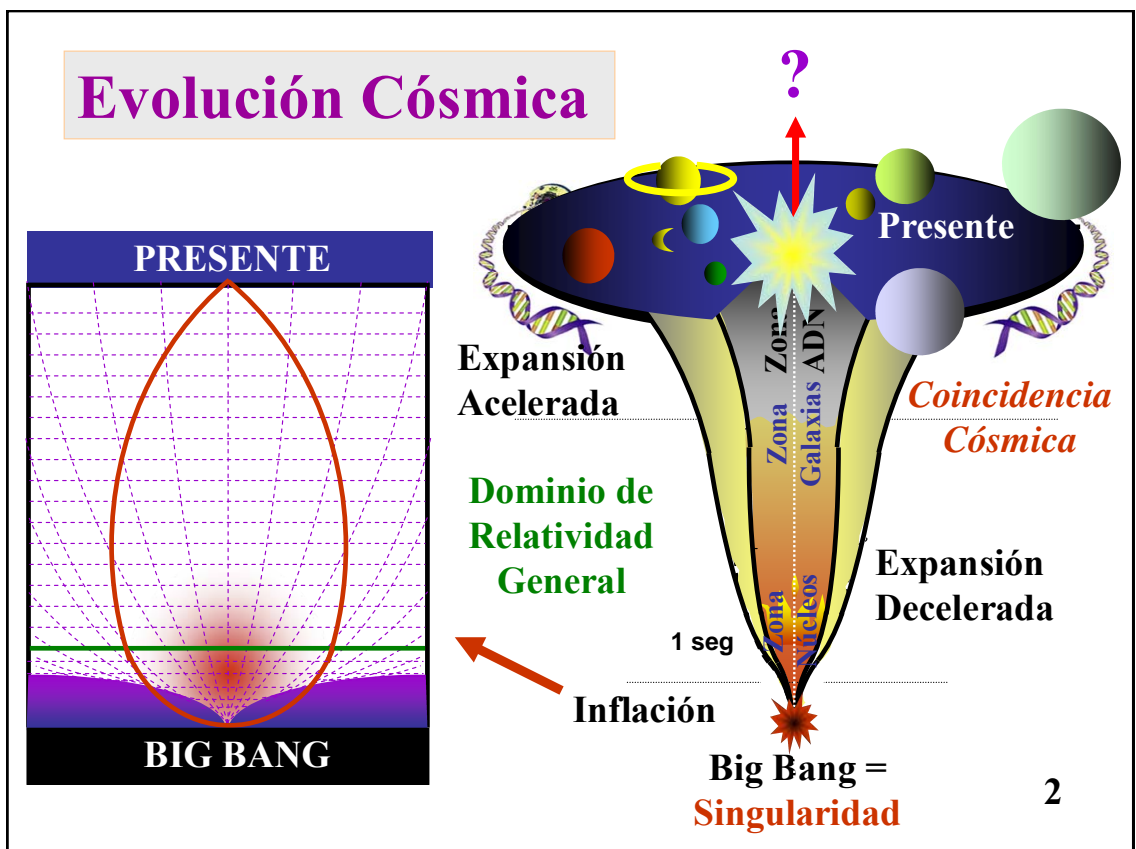
3. BRANDON CARTER



Australiano.. Fue a Cambridge (UK) en los años sesenta y montó junto con Hawking, Rees, y Sciama el grupo de relatividad que impulsó esta teoría grandemente, dotándola de una nueva y amplia base matemática. Por tanto trabajó en los temas de todos ellos: Agujeros negros, singularidades iniciales, soluciones cosmológicas de la teoría de relatividad, etc, etc.

En la actualidad, enseña en París aunque son muchos los que prefieren establecer sus relaciones con él en inglés. Lo que le ha hecho más conocido ha sido su propuesta del principio antrópico, en sus versiones más débiles y aceptadas.

A. LOS PRINCIPIOS ANTRÓPICOS

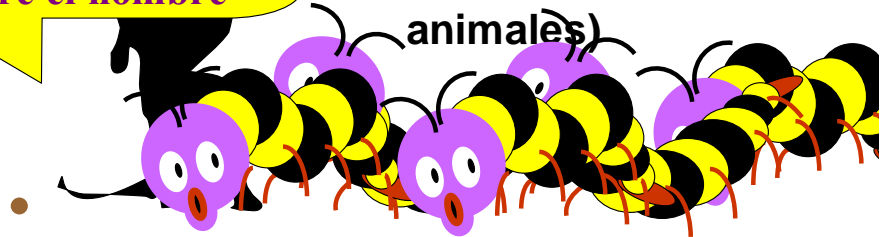


Sobre las Dimensiones del Espacio: Hay 3 (largo, ancho y alto), pero qué pasaría...



Esto demuestra la superioridad del gusano sobre el hombre

... Si hubiera sólo dos. Entonces no sería posible la vida sustentada en un aparato digestivo como el nuestro (y de muchísimos animales)



¡Todo Depende del Big Bang



El Big Bang

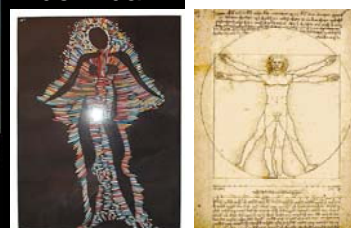
Big Bang demasiado débil. El Universo se expande de forma que sufre un Big Crunch antes de que se

Big Bang con exactamente la fuerza para que se formen las estrellas.

Big Bang demasiado fuerte. El Universo se expande demasiado rápido para que se formen estrellas



¿Es posible cualquier Universo? Si algunas constantes de la física fueran diferentes, ¿podríamos todavía tener un universo?. Quizá no.... Sistemas complejos como los seres vivos son muy sensibles a la forma de las leyes de la física y el cambio más diminuto de algunas de dichas leyes destruye la posibilidad de Vida.



Más Coincidencias: I

Relacion entre Gravedad y fuerza electromagnetica:

Si la constante de gravitacion hubiera sido solo levemente mayor, la deformacion del espacio tiempo a causa de la presencia de materia, hubiera sido mas intensa, y las estrellas se consumirian a mayor velocidad y, posiblemente, nunca hubiera sido posible la existencia de planetas con condiciones adecuadas para la existencia de la vida. No hubieramos existido nosotros.

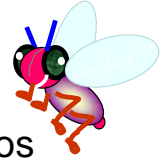
Se sabe que la magnitud relativa entre la **fuerza de gravedad** y la **fuerza electromagnetica** es crucial. La fuerza electromagnetica es 1038 veces mayor que la fuerza de la gravedad, y es la gravedad la que aglutina a los protones en las estrellas haciendo que se fusionen entre si. La fuerza electromagnetica hace que se repelan. Debido a que la fuerza de gravedad es tan debil en comparacion con la fuerza electromagnetica, la velocidad a la cual las estrellas se consumen, es muy lenta, lo que permite que las estrellas provean una fuente de energia estable durante miles de millones de años. Si esta relacion hubiera sido de 1030 en vez de 1038 (es decir, si la gravedad fuera mucho mayor), las estrellas serian millones de veces mas pequeñas y arderian millones de veces mas rapido. El desarrollo de la vida no seria posible, por supuesto menos aun vida inteligente.

La **intensidad de energia de los fotones** emitidos por el Sol es tambien crucial y depende tambien de la relacion entre las fuerzas gravitatoria y electromagnetica. Si los fotones fueran demasiado energeticos, los enlaces quimicos se destruirian y las moleculas serian inestables. Si fueran demasiado debiles, las reacciones quimicas serian demasiado lentas. La intensidad de la radiacion producida por el Sol depende de un delicado equilibrio entre estas fuerzas.

Fuerza Nuclear fuerte

Si la interaccion nuclear fuerte en relacion con el electromagnetismo hubiera sido menos intensa de lo que es, entonces no hubiera podido vencer la repulsion electrostatica entre protones y no habria mas que hidrogeno y deuterio en el universo.



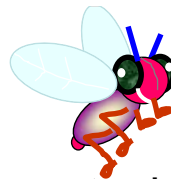


Fuerza electromagnetica

Si la fuerza electromagnetica fuera ligeramente menor, los electrones no se mantendrian en orbita alrededor del nucleo. Si fuera mayor, un atomo no podria compartir un electron con otro atomo. En cualquier caso no podrian formarse moleculas, y con ello no existiria la posibilidad de organismos mas complejos que un atomo!.

La presencia del carbono

El elemento mas critico de la naturaleza para el desarrollo de la vida es el carbono. La abundancia del carbono en la naturaleza es el resultado de un equilibrio muy preciso entre la fuerza nuclear fuerte y la fuerza electromagnetica. Si tal precision en la relacion de magnitudes de estas fuerzas, no fuera asi, sencillamente no habria carbono o habria muy, muy poco. Este resultado exige especificar el valor relativo de la fuerza nuclear fuerte y la fuerza electromagnetica con una precision de un 1%.



Variaciones de densidad del cosmos primigenio

Si las variaciones de densidad en los primeros momentos del universo, hubieran sido algo mayores, entonces las galaxias se habrian formado demasiado rapidamente y ahora no habria mas que grandes agujeros negros.

Atomos de hidrogeno

Un aumento del 2% de la fuerza nuclear fuerte con relacion a la fuerza electromagnetica dejaria al universo sin hidrogeno y como consecuencia de ello:

- sin estrellas de larga duracion que consumen hidrogeno y
- sin agua (molecula compuesta por dos atomos de hidrogeno y uno de oxigeno), el solvente primordial para la vida.

Una disminucion de solo 5% de la fuerza nuclear fuerte con relacion a la fuerza electromagnetica impediria la formacion de todos los nucleos mas pesados a traves de la fusion de deutones para formar helio, la fusion del helio con el helio para formar berilio, y asi sucesivamente.

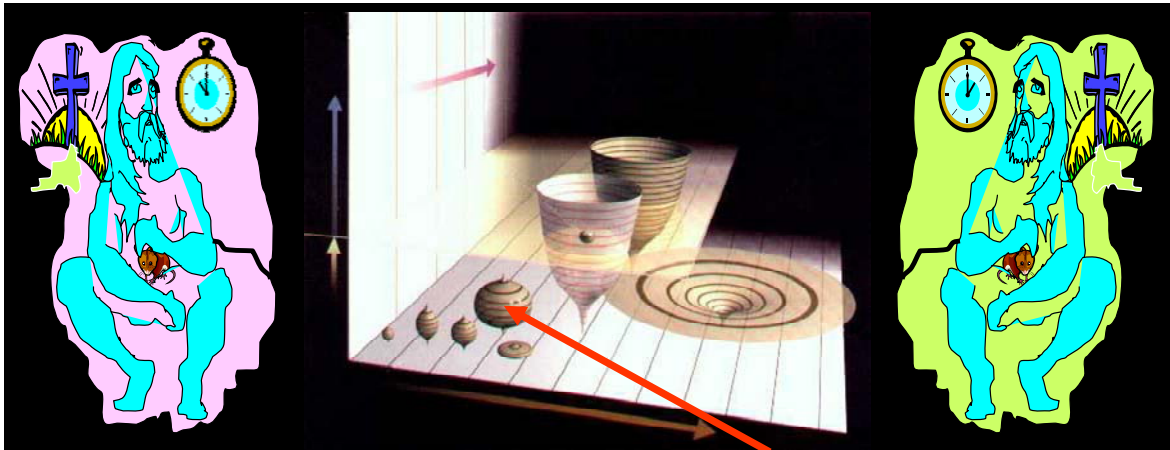
Precision de la Masa de particulas subatomicas

Otro capitulo aparte de las coincidencias cosmicas, se refiere a la masa de las particulas subatomicas. Veamos algunos casos.

Masa de electrones y protones

Si la masa de los electrones y de los protones fuese un poco mayor con respecto al neutron resultaria que los atomos de hidrogeno serian inestables y se desintegrarian inmediatamente en neutrones y neutrinos, imposibilitando la formacion de estrellas.

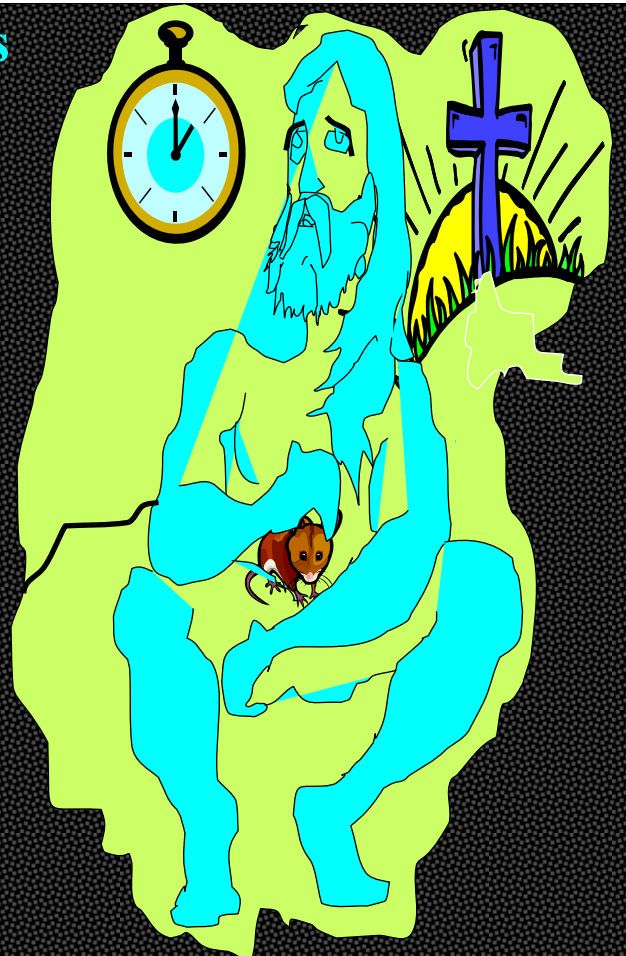
1. **Principio Antrópico Débil:** Existe un único Universo que es muy grande y en él las condiciones para que exista la vida sólo se dan en regiones muy limitadas. ¿Por qué vivimos precisamente en una de estas escasísimas zonas y no en la Luna o Saturno?. Porque sólo la Tierra permite nuestra aparición.
2. **Principio Antrópico Fuerte:** Existen muchos universos con distintas configuraciones y leyes. Sólo en unos pocos de tales universos existen leyes favorables a la aparición de la vida. ¿Por qué? Porque de otra forma sería imposible la vida.



Entre la enorme variedad de universos sólo uno, el esférico, posee parámetros compatibles con la Vida.

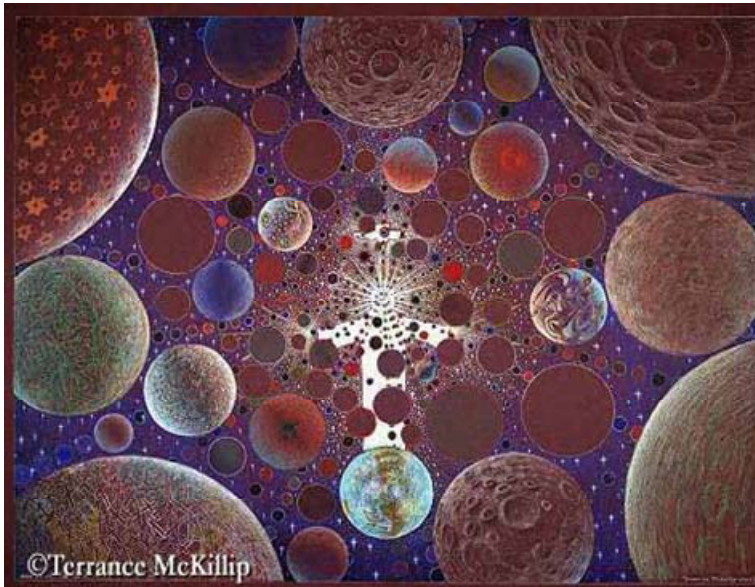
Consecuencias y Otras Formas del Principio

- **DÉBIL** : *Puesto que en el Universo hay Observadores, el Universo debe poseer propiedades entre las que la existencia de los Observadores esté incluida (Dicke)*
- **FUERTE** : *El Universo fue creado con la condición de que generara Observadores de forma Inevitable (Carter)*
- **PARTICIPATIVO** : *El Universo no puede existir si no contiene Observadores Conscientes (Wheeler)*
- **FINAL** : *Una vez que la Inteligencia emerge, nunca desaparece (Barrow-Tipler)*

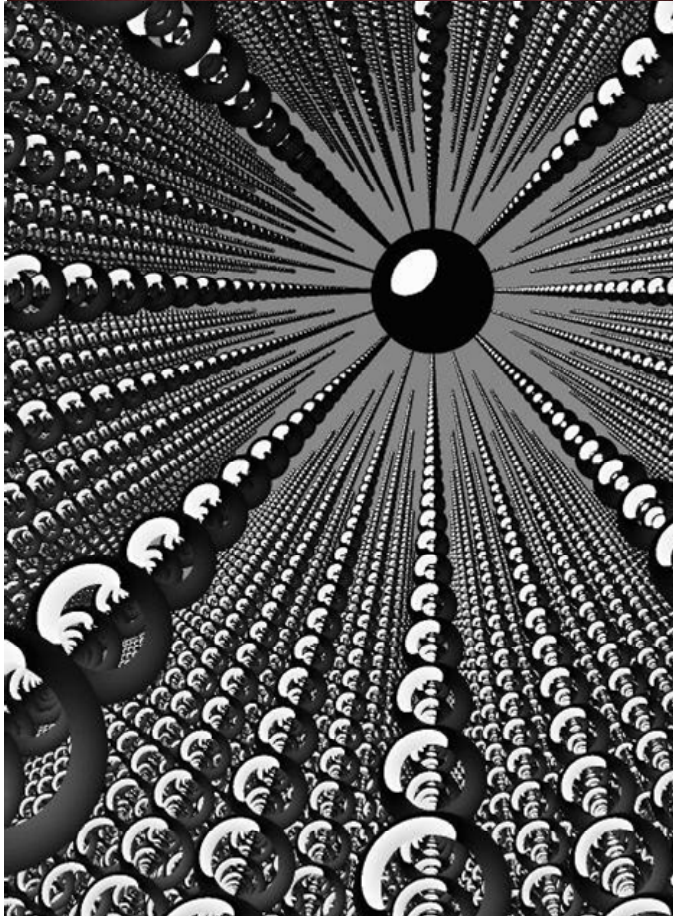


La Hipótesis de los Muchos Mundos

DAVID DEUTSCH'S
MULTIVERSE

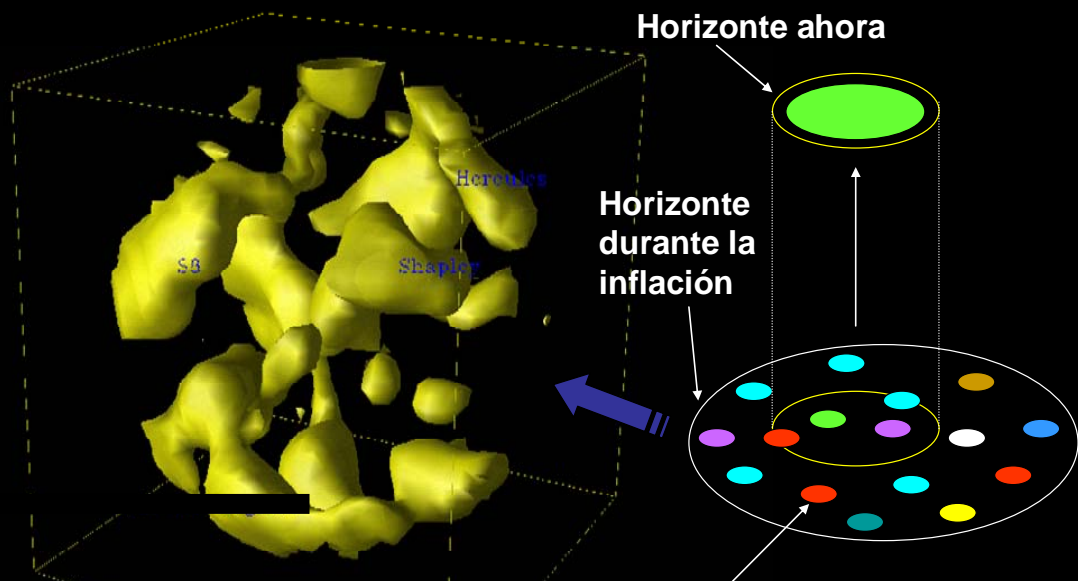


iverse is just one of many. David Deutsch believes this
erse view of reality could hold the future of computing.

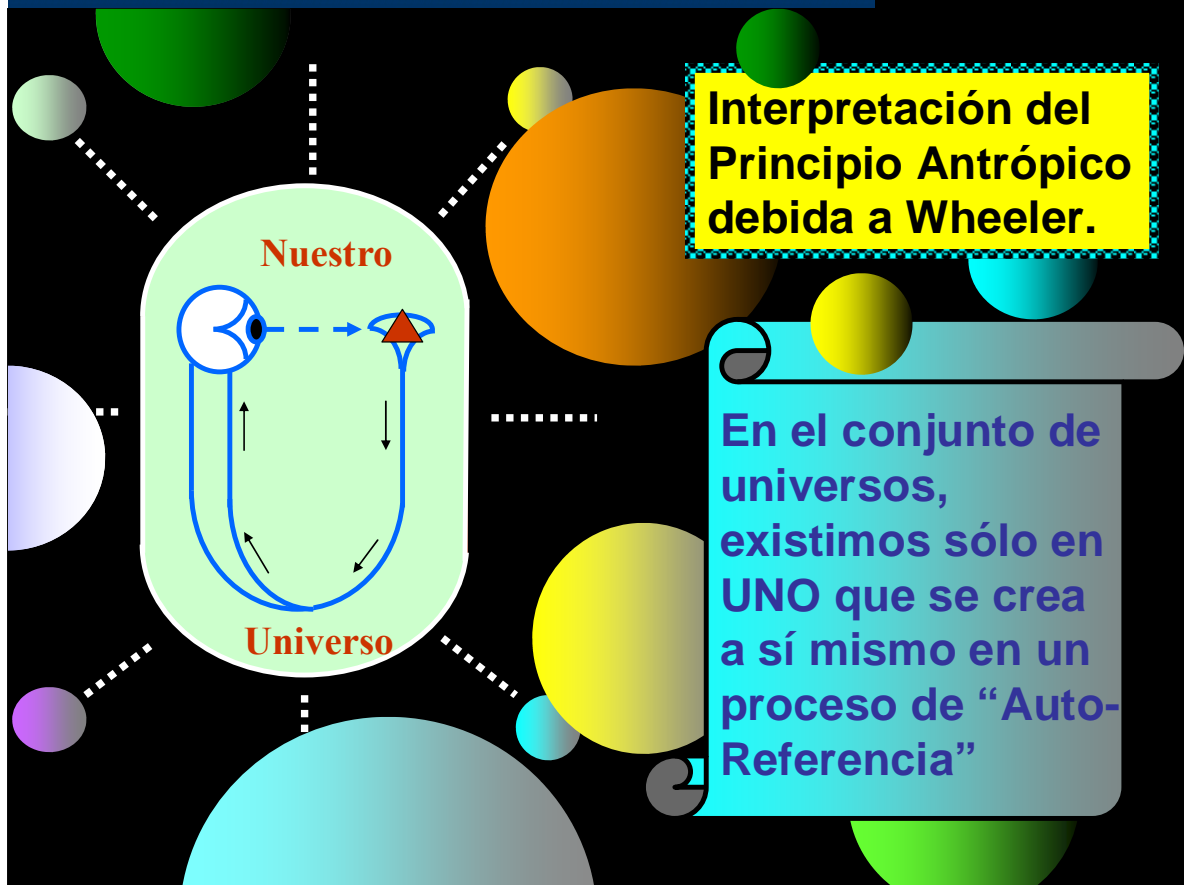


El Principio Antrópico señala que nosotros existimos en uno de los muchos mundos donde es posible la Vida Inteligente y su evolución. Existen muchos otros mundos sin vida pero a nuestro lado en la Super-Realidad de los Muchos Mundos. Ésta no es falseable sin embargo ya que no es posible comprobar experimentalmente la existencia de otros mundos.

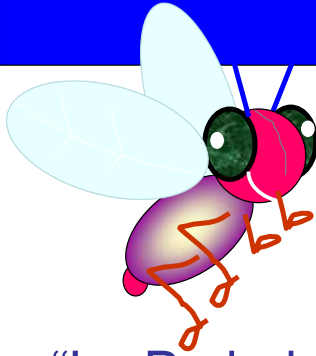
La Inflación Cósmica



Cuando el Universo se infló, se separaron muchos dominios, cada uno con valores diferentes de las constantes de la Física. El nuestro, tan sólo uno de dichos dominios, tenía las constantes apropiadas para que en él apareciera Vida Inteligente. Tal hecho no era sin embargo ni determinado ni requerido y no ocurría en los demás



SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA



Sir Fred Hoyle:



“La Probabilidad de que la Vida haya evolucionado en algún lugar del Universo es la misma que la que tiene un Tornado de montar un Boeing 747 en un patio de chatarra.”

El Origen Cuántico de la Vida

!!! Los organismos vivos son los únicos fenómenos naturales observables controlados por la Mecánica Cuántica !!!

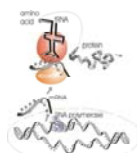
Los billones de moléculas en la sopa primigenia chocaban, se combinaban y se rompían para formar trillones de nuevas moléculas. La probabilidad de que sus colisiones al azar generaran una molécula capaz de auto-replicarse es realmente diminuta, tanto que tal molécula no podría haberse formado ni en nuestro planeta ni en un billón de planetas.

Aún así, dicha probabilidad no es cero. En la medida en que estos acontecimientos ocurrieran en el multiverso cuántico, cualquier cosa que pudiera pasar pasa en realidad. Por eso la vida necesariamente emerge en el Multiverso.

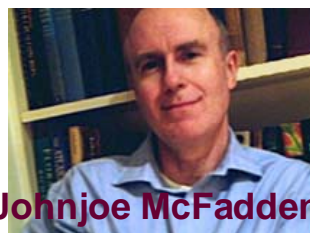
Una vez que se acepta la realidad del multiverso, el fenómeno de la vida resulta inevitable: ocurrió y lo hizo rápidamente.



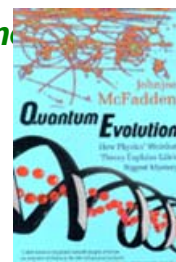
In the Copenhagen interpretation, the quantum cell becomes its own measurement device.



How DNA cells reproduce: make more

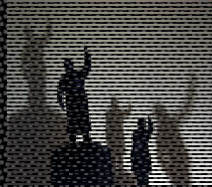


John Joe McFadden



Algunas Críticas de los Filósofos al P. A. (I)

- **Carácter tautológico** (Una proposición se dice que es una tautología si su valor de verdad es siempre 1 independientemente de los valores de las proposiciones que lo componen)

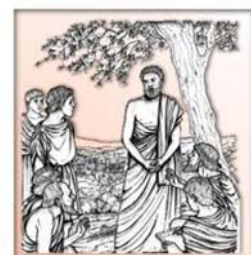
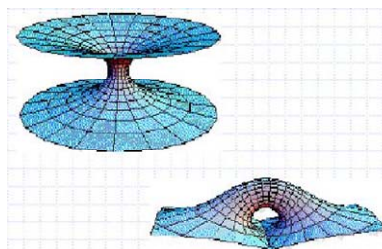
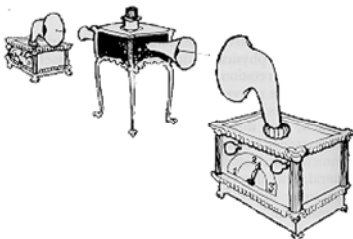


- **Razonamiento circular** (del que echamos mano cuando no se dispone de una teoría mejor: las conclusiones son una reformulación de las premisas empleadas; Se justifica asumiendo que las cosas solo serán ciertas si ya las has considerado como tales en primer lugar)

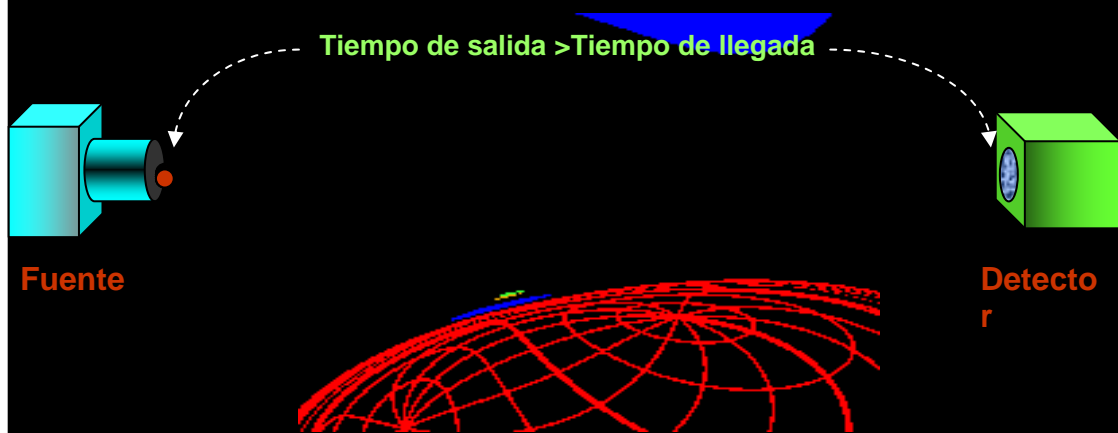


Algunas Críticas de los Filósofos al P. A. (II)

- En el **plano gnoseológico** (teoría filosófica del conocimiento, su posibilidad, origen, naturaleza, justificación y límites), obliga a rechazar las categorías de **causa** y de **localidad**, forzando al observador a situarse más allá del marco espacio-temporal del que, en gran medida, es responsable su experiencia fenoménica.
- En el **plano lógico**, el anidamiento de la línea inferencial, conduce irremisiblemente a la paradoja de los **viajes en el tiempo** (Violación de la Causalidad).
- En el **plano científico** (epistemológico), abruma la cantidad de **indemostrables** (infalsables) en los que se asienta el razonamiento.



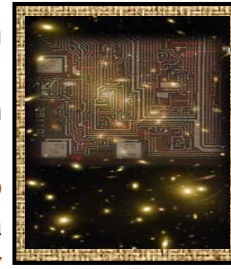
*Así, el P.A. implica: Circularidad,
Acausalidad, Viajes en el Tiempo y No
Localidad*



*Pero éstas podrían no ser sino Propiedades de
la Super-comprobada Teoría Cuántica de lo
Micro- y Macroscópico*

**¿Es el Principio
Antrópico, en
cualquiera de sus
formas, sólo una
consecuencia de
nuestra ignorancia?**

- Las Leyes de la Física que conocemos no son aún las leyes **últimas** de la Física
- **Reduccionismo** vs **Principios de Organización** ajenos a la Física
- **Límites en la Información de la Física:** **Principio de Heisenberg** (tiempo mínimo para procesar una cantidad de información dada), **Velocidad de la Luz** (restringe la velocidad con la que la información es transmitida), **Entropía** (contraria a la información) y **Cosmología** (2 cosas no pueden estar separadas una distancia mayor que $c \times$ la edad del universo)

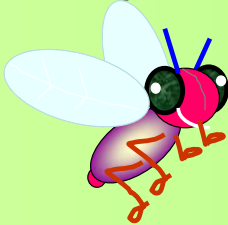


El número de Bits que el Universo puede procesar durante su existencia no puede ser mayor que

$$10^{120}$$

Pues muchos procesos, incluyendo los relacionados con la Vida, exceden este número, las Leyes de la Física no pueden estar Fijadas y la argumentación Antrópica deja de tener sentido.

¿Qué Hubiera Pensado Einstein del P. A.?



- No fue muy “amigo” de la Mecánica Cuántica.
- “Dios no pudo estar interesado en el ser humano, una insignificante motita en el Universo”.
- “Una de las implicaciones que debe tener la teoría unificada final es que exista un solo universo”.
- La única cuestión que me preocupa es si Dios tuvo elección cuando creó el universo”.

4. MAX TEGMARK

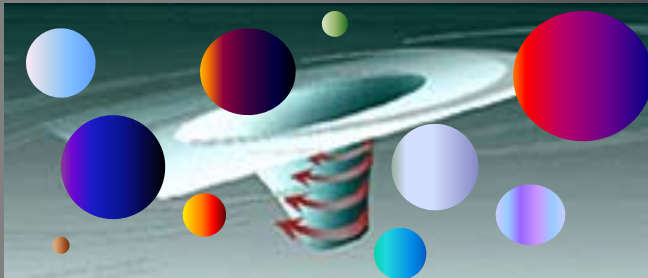


Este cosmólogo es muy imaginativo y activo y sus contribuciones a la energía oscura y la física de la evolución del universo son muy interesantes. Pero está en esta Galería por otra razón: Posiblemente sea Max (o como él gusta llamarse, Mad Max, “el Loco Max”) la persona que haya hecho avanzar de forma más decisiva y rigurosa la idea del Multiverso de los Universos Paralelos. La combinación de estos avances con aspectos fundamentales del origen y evolución de la vida en el Universo sienta las bases esenciales para establecer el concepto de creación de vida en el universo.

A. EL MULTIVERSO



“El Ubicuo Multiverso”



- Un intento desesperado para reanimar la búsqueda de la gravedad cuántica.
- Sobre el origen de la Vida
- El lugar natural para el estudio de la Astrobiología.



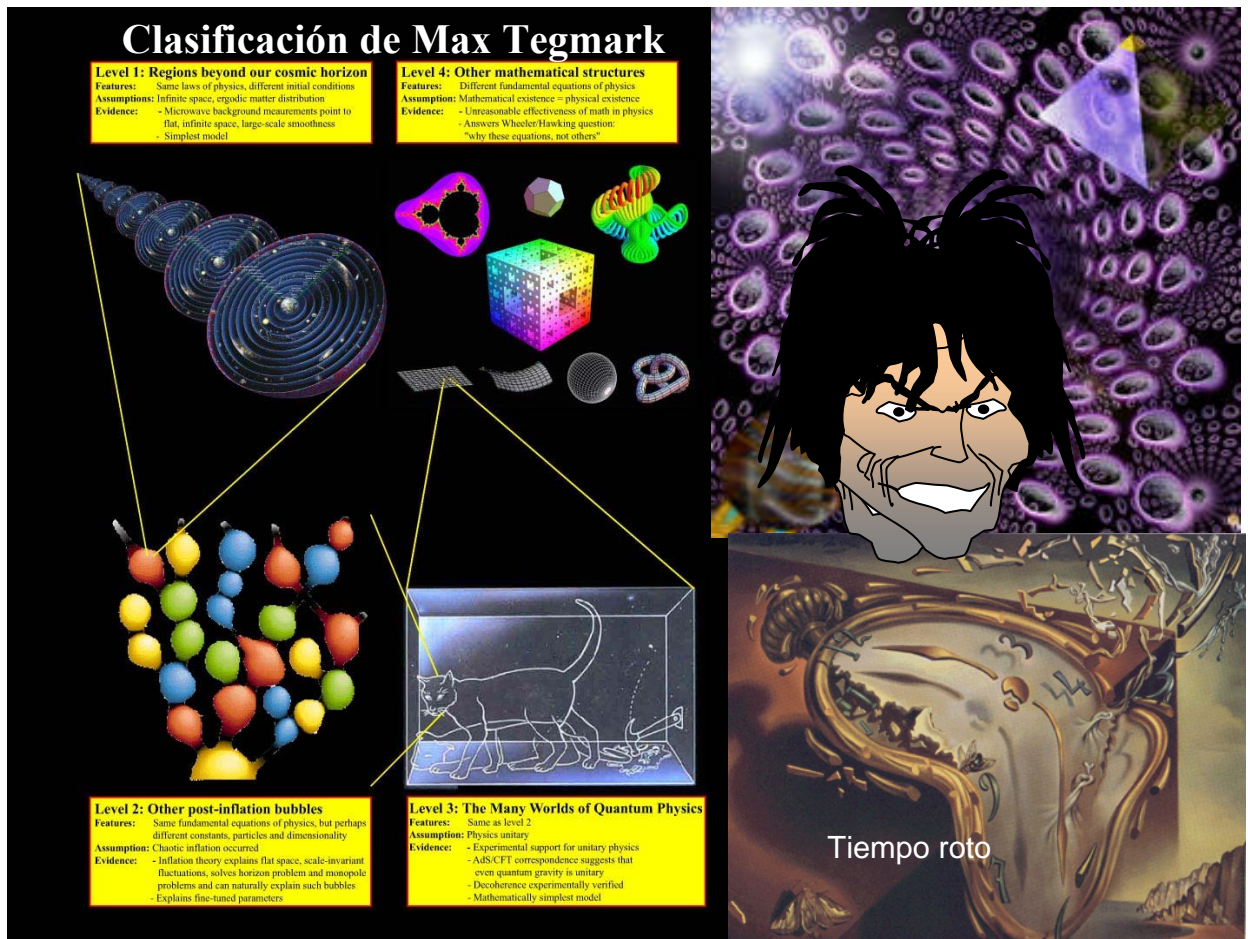
Giordano Bruno

- Sobre el el universo infinito y los Mundos (1584)
- Homogeneo e infinito en espacio y tiempo
- El Universo no tiene centro, pero tiene un Alma y está Vivo
- Existe una infinitud de universos



RESUMEN

- **Formulación de Estados-Relativos (Muchos Mundos): Everett**
- **Max Tegmark: Clasificación**
- **Agujeros Negros: Universos Paralelos**
- **Universos Burbujas: Stephen Hawking y Andrei Linde**
- **¿Por qué existe algo en lugar de nada?: El Multiverso**
- **David Deutsch: observación a favor del multiverso**
- **Paul Davies: Razones antrópicas a favor del multiverso**
- **Johnjoe McFadden: El origen de la Vida y la Evolución Cuántica**
- **El Problema de Sagan: Una Solution**
- **Martin Rees: Modelo general de multiverso**



CLASIFICACIÓN DE TEGMARK

NIVEL I: *Regiones más allá de nuestro horizonte cósmico. Características: Algunas leyes de la física. Condiciones iniciales diferentes. Supuestos: Espacio infinito. Distribución ergódica de materia. Evidencia: Medidas del MB implican espacio plano. Suavidad a gran escala. Modelos más sencillos.*

NIVEL II: *Otras burbujas Post-inflacionarias. Características: Algunas leyes fundamentales de la física. Diferentes contenidos, partículas y dimensionalidad. Supuestos: La inflación caótica ocurrió. Evidencia: La inflación explica la planitud del espacio, la existencia de burbujas y el ajuste fino de los parámetros, y resuelve los problemas del horizonte y del monopolo, las fluctuaciones invariantes de escala*

NIVEL III: *Muchos mundos en la teoría cuántica. Características: Lo mismo que en Nivel 2. Supuestos: La física es unitaria. Evidencia: Soporte experimental a la física unitaria, incluyendo la gravedad cuántica. La decoherencia se verifica experimentalmente. Modelo matemático más simple.*

NIVEL IV: *Otras estructuras matemáticas. Características: Leyes fundamentales de la física diferentes. Condiciones iniciales diferentes. Supuestos: Existencia física y matemática. Evidencia: No existe una conexión razonable entre las matemáticas y la física. Respuesta natural a la cuestión de Wheeler-Hawking, ¿Por qué estas ecuaciones y no otras?*

MULTIVERSO: Nivel III

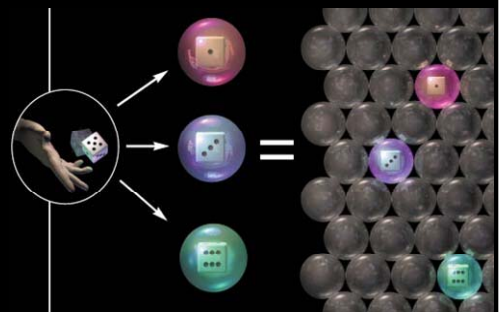
La Mecánica Cuántica predice un gran número de universos paralelos al extender el concepto de "otro lugar", no en el espacio ordinario, sino en el espacio abstracto de todos los estados posibles. Cada manera concebible del mundo (dentro del contexto de la mecánica cuántica) corresponde a un universo diferente. Los universos paralelos hacen su presencia en el laboratorio mediante interferencias de ondas y computación cuántica.

DADO CUÁNTICO. Es un dado cuyo carácter de azar es puramente cuántico. Al lanzarlo, el dado se carga con un cierto valor al azar. La mecánica cuántica predice que el dado debe cargarse con todos los valores a la vez. Para resolver esta contradicción se supone que el dado se carga con cada número en un universo diferente. En 1/6 de universos el dado se carga con I, en 1/6 se carga con II, etc.



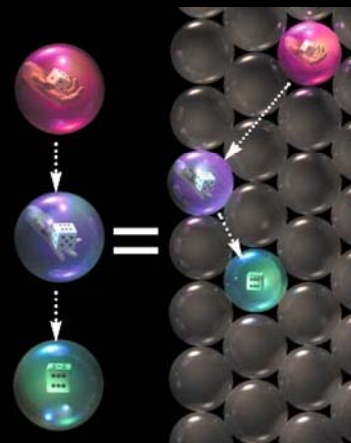
ERGODICIDAD

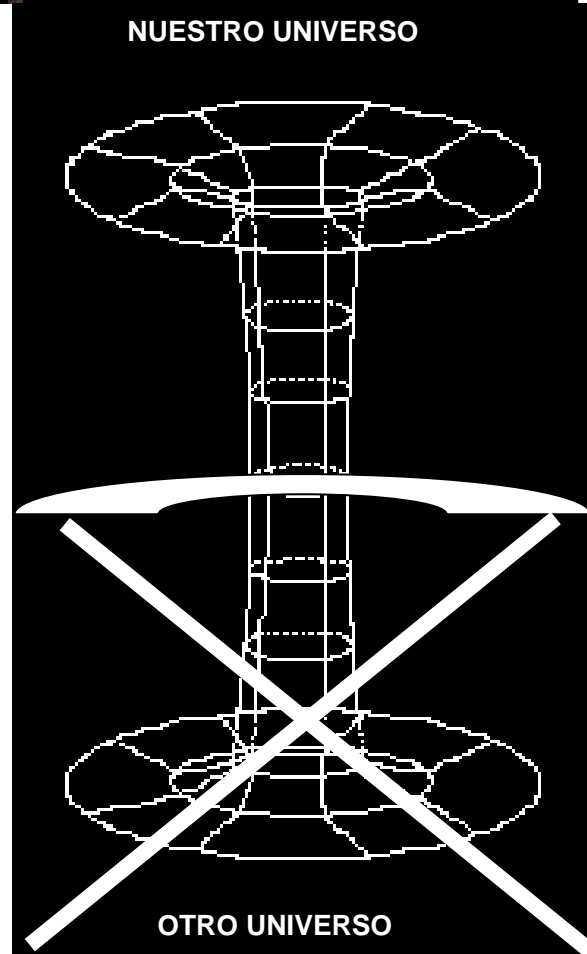
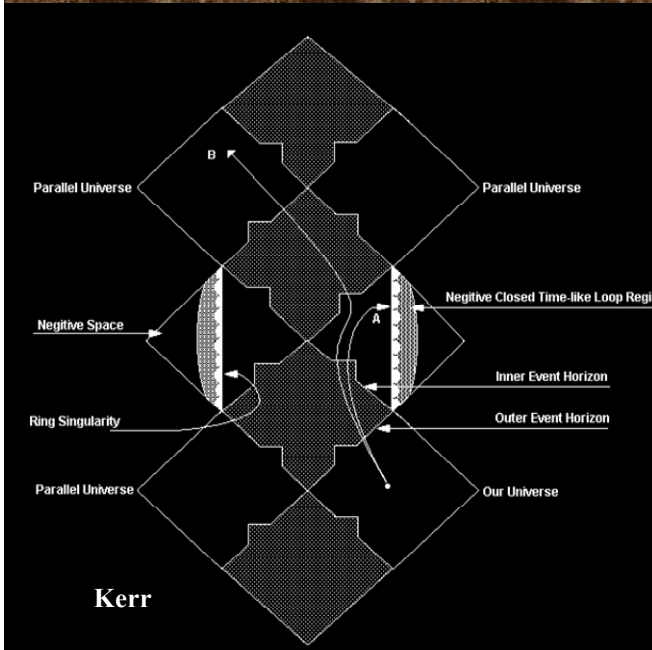
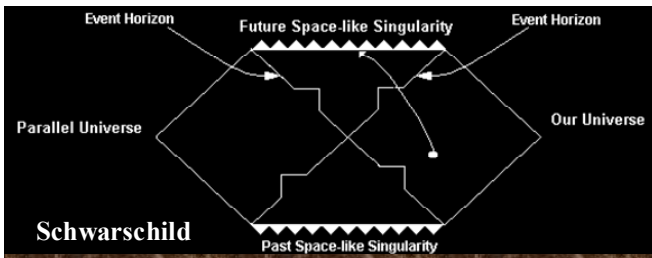
De acuerdo al principio de ergodicidad los universos cuánticos paralelos son equivalentes a los más prosaicos tipos de universos paralelos. Un universo cuántico se desdobra en el tiempo en múltiples universos. Sin embargo, los universos nuevos no son diferentes de los que ya existían en algún lugar diferente del espacio, en, digamos, un universo de nivel I. La idea clave es que los universos paralelos, sean del tipo que sean, contienen todas las formas en los sucesos pueden desarrollarse.



NATURALEZA DEL TIEMPO

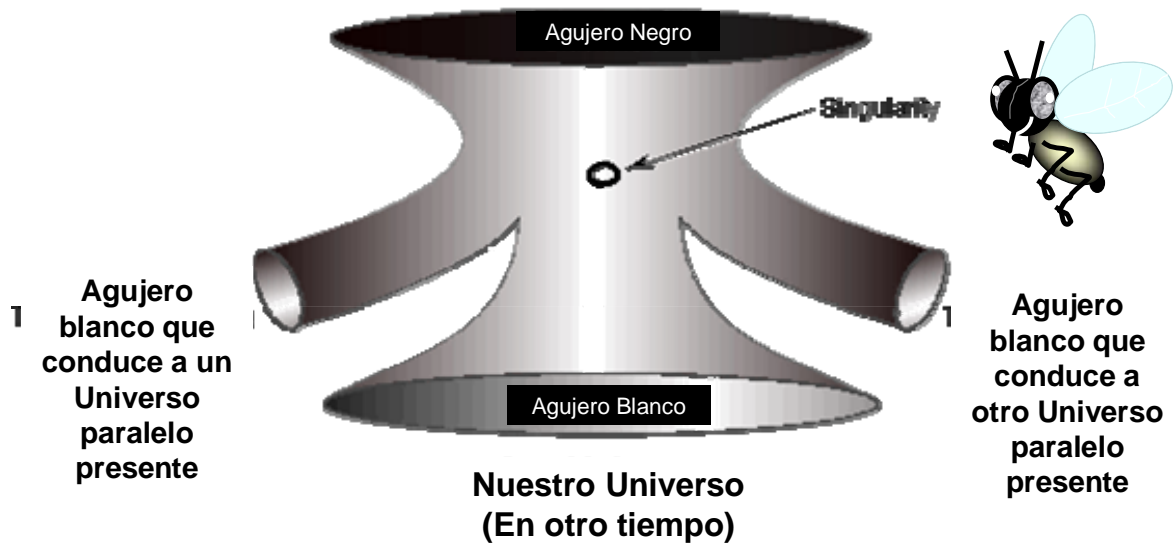
La mayoría de la gente cree que el tiempo es una forma de describir el cambio. El Concepto de Multiverso sugiere una visión distinta. Si los universos paralelos contienen todas las distribuciones posibles de materia, entonces el tiempo es simplemente una forma de colocar a dichos universos en una secuencia. Los universos son estáticos. El cambio no es más una ilusión.





Resolución (2003) de Hawking de la paradoja de la información en el contexto del multiverso

Viaje de “John W. MacVey” a otro Universo



The Einstein-Rosen Bridge

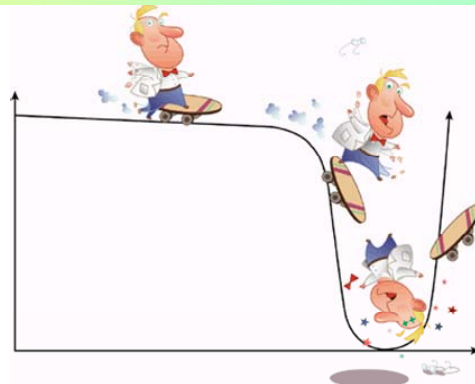


U
n
i
v
e
r
s
o
s

B
u
r
b
u
j
a
s



Andrei Linde en
Inflación
Caótica y los
Universos Baby



¿Por qué existe algo en lugar de nada?

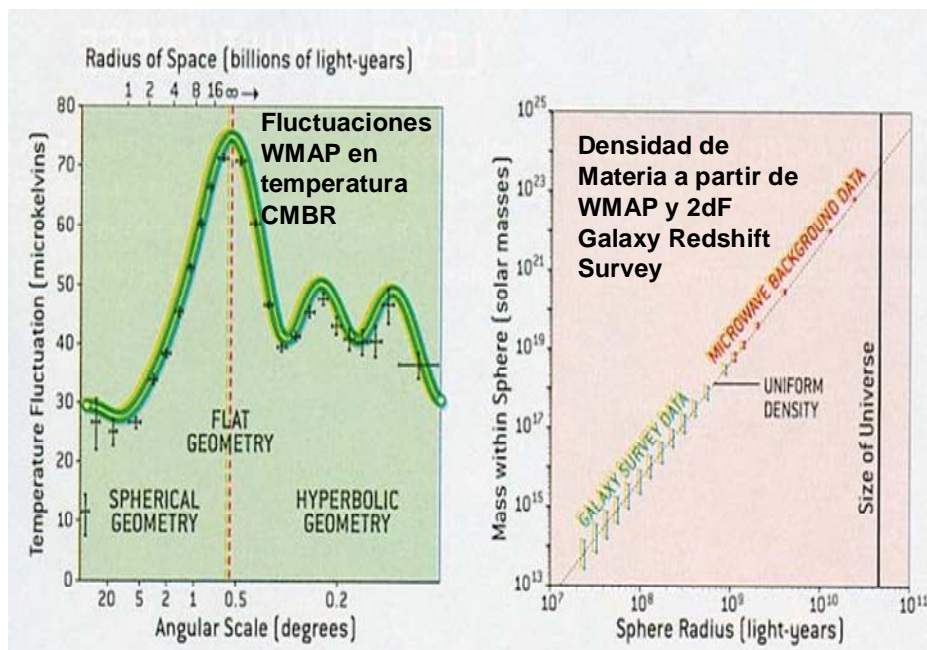


Leibniz

- Multiverso: No existen
- La Realidad Física es sólo una ilusión experimentada por subsistemas que se auto-conocen de funciones matemáticas.
- Al igual que las religiones han venido diciendo durante miles de años



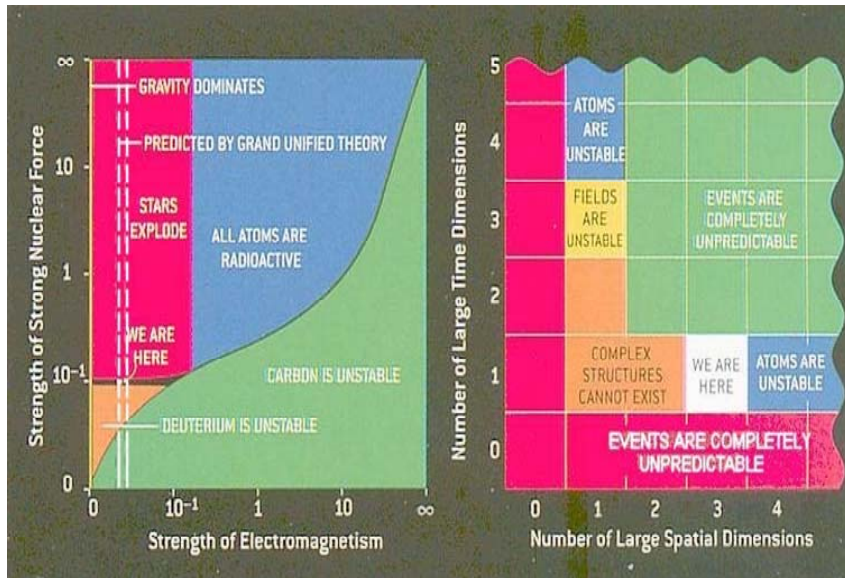
¿Recientes observaciones en favor de la idea del multiverso?...



El Universo es Uniforme y Plano

Principio Antrópico

• Nuestro universo es una entre muchas burbujas desconexas, todas nucleadas como gotas de lluvia en una nube.



• Durante la nucleación, cada burbuja adquiere diferentes valores de las fuerzas y dimensiones espaciales y temporales, dependiendo del resultado de la rotura de la simetría.

• Es el PRINCIPIO ANTRÓPICO el que dicta la forma en la que vemos al universo ya que si fuera diferente nosotros no estaríamos aquí para observarlo.

6. DAVID DEUTSCH



Este físico judío que trabaja en Oxford ha realizado contribuciones muy importantes en diversos campos de la física gravitatoria, incluyendo sus estudios del vacío cuántico gravitatorio y cosmología. Es un verdadero polifacético y, como tal, otro de los que componen el grupo rápidamente creciente de científicos que creen en la idea de los muchos universos. En su caso combina la idea del multiverso con la de los ordenadores del futuro basados no en la concepción del “bit” sino en la del “qbit” que incluye las características de la teoría cuántica y permite soñar con ordenadores cuya capacidad podrá sobrepasar todas las barreras imaginadas.

6. PAUL C. W. DAVIES



La necesidad de Paul Davies de un “Multiverse”

- Los materialistas tradicionalmente han rechazado siempre la existencia de un propósito y designio en el universo.
- Pero nuestro universo fue inicialmente diseñado con toda meticulosidad para que diera lugar a la Vida (Principio Antrópico), invalidando el argumento anterior.
- El Multiverso reconcilia ambos puntos de vista tan solo con que en él fuera posible la Vida, entre el número infinito de universos.

The New York Times , Abril 12, 2003

7. Sir MARTIN REES



Posiblemente sea el monumento a la cultura científica más importante con el que cuenta la comunidad científica. Ha hecho avanzar la cosmología de forma decisiva, sentando además las bases que han permitido comprobar la existencia de Agujeros Negros en nuestro Universo. Es valiente y muy pedagógico, fruto de cuyas virtudes es su apuesta incondicional por el Multiverso durante los últimos años. Dice Martin que el inevitable tránsito de uno a muchos universos representa una revolución análoga a la de Copérnico tanto en su forma como en sus implicaciones. Obsérvese la analogía de sus ideas con las de Giordano Bruno y, a través de éste, con los contenidos históricos de la cosmología más inteligente

El Multiverso del Profesor Martin Rees:

No uno sino una gran diversidad rítmica de una multitud de universos inflacionarios y deflacionarios:

Incontables universos pueden existir en los que las leyes de la física son diferentes. Esto representa una generalización tan drástica de nuestra perspectiva cósmica como la que produjo la revolución de Copérnico.

El multiverso podría contener todos los valores posibles de las constantes. Los cosmólogos están empezando a realizar mejores observaciones para refinar los números claves que describen nuestro universo y pronto podrán entender cuales de dichos números vienen fijados por una teoría del multiverso y cuales son resultados “arbitrarios” en la que se enfrió el universo. Estos últimos números serían diferentes en cada universo.

Además, otros universos pueden seguir ciclos vitales de muy diferente duración: algunos, como el nuestro, pueden expandirse durante mucho tiempo, otros recolapsarían después de una breve existencia o porque las leyes que los rigen no son lo suficientemente ricas para permitirle complejas consecuencias. En algunos podría no haber gravedad o estar dominada por el efecto repulsivo de una constante cosmológica. Algunos podrían ser tan densos que todo en ellos estaría próximo al equilibrio. Otros podrían tener incluso un número de dimensiones diferente al nuestro.

8. Sir FRED HOYLE



Un científico inglés que comparte con otros compatriotas suyos el curioso y a la vez dudoso honor de ser más conocido por sus errores que por sus aciertos, que también los tuvo. Tal cosa nunca paso con investigadores de otras latitudes. Es mayormente conocido por haber mantenido una resistencia numantina contra la teoría del Big Bang, proponiendo la del Estado Estable en su lugar. Los trabajos teóricos de Hawking y el descubrimiento de la Radiación de Fondo por parte de Penzias y Wilson convirtieron su postura en un rotundo fracaso. Está aquí como proponente de la teoría de la Panspermia la cual afirma que la vida no surgió en la Tierra sino que llegó a nuestro planeta a bordo de Cometas capaces de dispersar el mismo tipo de vida por diferentes mundos y por sus ideas sobre la probabilidad de que la vida se genere en nuestro universo.

A. PROBABILIDAD DE VIDA Y PANSPERMIA

Panspermia: Es la hipótesis de que existen semillas de vida por todo el Universo y de que la Vida sobre la Tierra puede haberse originado por medio de dichas semillas las cuales pudieran haber generado también la Vida en otros lugares del Universo.

Hipótesis

Su etimología griega nos lleva el origen de la idea al tiempo de Anaxágoras. Otros ilustres que usaron esta concepción fueron también Von Helmholtz, Lord Kelvin y Svante Arrhenius, pero una vez más surge la extraña complicidad de lo anglosajón con la fama para situar a Hoyle como generador de la idea., esta vez junto con el físico indio Chandra Wickramasinghe.

Por sí misma, la panspermia no elimina la necesidad de que la vida se origine en algún lugar concreto, pero si extiende la referencia temporal disponible. Tampoco sugiere que la vida se originara en un solo momento del tiempo y se extendiera entonces por todo el universo, sino que una vez comenzada en un lugar, la vida se extendería a otro lugar donde pudiera replicarse. El modelo más extremo de la panspermia es aquél en el que la vida se originó en el propio Big Bang.

La panspermia interestelar requiere un conjunto de mecanismos ninguno de los cuales ha sido probado. No obstante, la transferencia de material interplanetaria está bien documentada en meteoritos de origen marciano encontrados en la Tierra, aunque de ninguna manera dichos materiales contenían formas de vida extra-terrestre.

9. ERWIN SCHRÖDINGER



Se trata de uno de los genios más influyentes del siglo XX y de todos los tiempos. Organizó su vida familiar de forma muy original y consiguió hacer felices a todos sus miembros, a pesar de la incomprensión y presión de la sociedad que les rodeaba. Como pensador, con ser un matemático excepcional y un hombre cultísimo en todas las artes y un filósofo de primer orden, cabe destacar tres facetas de su trabajo: La teoría cuántica ondulatoria que convertía a la materia en ondas, su noción de vida en relación con el nuevo concepto de biología molecular claros precursores de la noción de ADN y demás moléculas claves para la vida, y la relación entre la mente y la materia en un contexto termodinámico que nos trajo la noción inevitable de que los seres vivos se alimentan de entropía negativa, es decir, de información. A partir de estos tres avances, el pensamiento humano ha dado un salto espectacular y todos esperan nuevas concepciones y nuevos avances a partir de ellos en los tiempos venideros. En lo que sigue nos ocuparemos de su archifamosa ecuación aplicada a todo el universo y a su revolucionaria noción de vida y sus implicaciones.

A. LA ECUACIÓN DE ONDA DEL UNIVERSO

Cuando se aplica la ecuación de Schrödinger al universo como un todo, si este es cerrado, lo que se obtiene es la ecuación de Wheeler-DeWitt en el minisuperespacio de que se trate. Así, si a es el factor de escala del universo, en el límite del esquema de cuantización canónica de Dirac, Wheeler y DeWitt, tenemos

$$-\frac{1}{2}a^{\frac{n-2}{2}} \frac{d}{da} \left(a^{\frac{n-2}{2}} \frac{d\Psi}{da} \right) + \frac{1}{2}a^{n-2}\Psi = E\Psi$$

donde n es un número entero y $E = \varepsilon_n$, con $n = 0$ es el falso vacío de De Sitter y $n = 4$ corresponde a un universo dominado por radiación. Para determinar el funcional de ondas en la ecuación de Wheeler-DeWitt es preciso introducir condiciones de contorno. Existen cuatro condiciones de este tipo. Aparte de la hipótesis del tensor de Weyl nulo de Penrose,



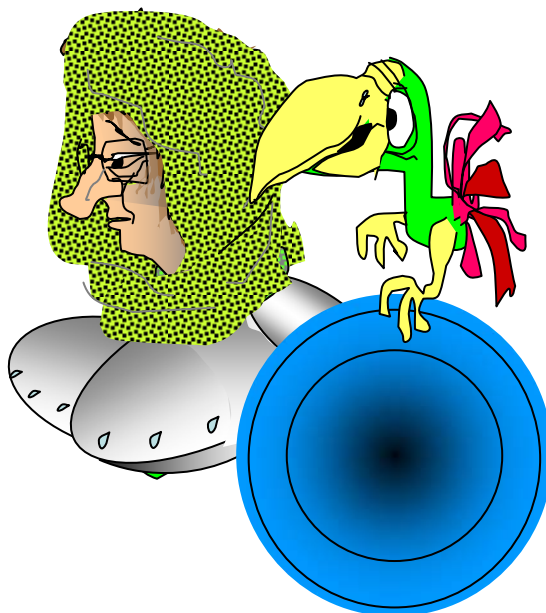
la más popular es la de no frontera de Hawking y Hartle, en la que en un esquema Euclídeo se consideran tan solo las contribuciones de las métricas no singulares, sin frontera, típicamente la esfera. Las condiciones de salto cuántico desde el vacío de espaciotiempo de Vilenkin parecen más adecuadas a la existencia de un periodo inflacionario, aunque son menos naturales y hermosas. Estas dos condiciones se basan en la creación del universo de la nada en un esquema Euclídeo, pero existen otras condiciones consideradas por Richard Gott y González Díaz en las que un universo Lorentziano se convierte en la madre de si mismo en un proceso primigenio de violación de la causalidad.

B. EL ORIGEN DE LA VIDA EN EL UNIVERSO, EL CONCEPTO DE “NEGENTROPÍA” Y LA BIOLOGÍA MOLECULAR CUÁNTICA

Es en la medida en la que un ser evita caer en un estado de equilibrio que dicho ser es un *ser vivo* y resulta tan enigmático; tanto que desde tiempo inmemorial este apartarse de un estado inerte se ha considerado una fuerza sobrenatural. Pero, en realidad, ¿cómo se las arreglan los organismos vivos para evitar decaer en el equilibrio? La respuesta es obvia: comiendo, bebiendo y respirando; es decir, intercambiando algo, pero ¿qué? Para Erwin Schrödinger ese algo es entropía negativa. Para el genio austriaco los seres vivos se alimentan de entropía negativa, evitando con ello aproximarse al equilibrio y, con ello, a la muerte.

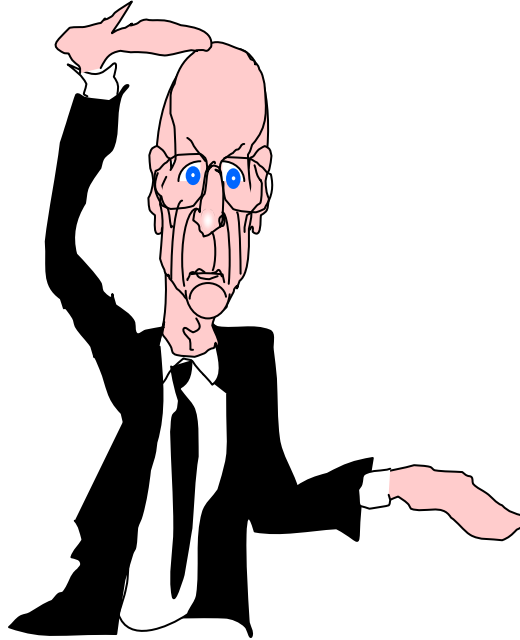
Es bien sabido que la entropía es una medida del desorden a través de la magnitud N que aparece en la fórmula de Boltzmann $S = k_B \ln(N)$. En efecto la magnitud N es una medida del desorden del conjunto de sub-sistemas que se estén considerando. Se sigue fácilmente que la entropía negativa, también llamada *negentropía*, será $S_n = -k_B \ln\left(\frac{1}{N}\right)$ una medida del orden. De esta forma, de acuerdo con Schrödinger, los organismos vivos se alimentan de orden. El orden los separa del equilibrio inerte final y de la muerte.

Una manera muy eficaz de codificar el orden es utilizando moléculas que posean regularidades y por consiguiente que puedan transportar información. Este es alimento selecto en teoría. Y en la práctica también lo es. Esta idea de Schrödinger encontró su realización genial en la molécula de ADN y sus derivados y ha generado toda una nueva disciplina denominada Biología Molecular. Naturalmente, al ser moléculas, por grandes que sean, están sujetas a las reglas de la mecánica cuántica y, por tanto, a la ecuación de Schrödinger.

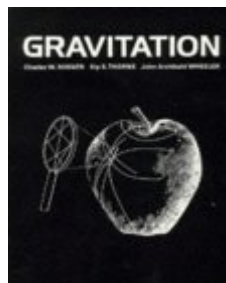


Si nos planteamos ahora la generación de la vida en el universo teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, llegamos a la conclusión de que las condiciones más favorables para la aparición de vida en el universo en el periodo de expansión acelerada corresponden a la existencia de un vacío formado por energía fantasma, en el que es posible o bien mantener un régimen con temperatura negativa o bien fijar una situación en la que la entropía sea negativa, tal y como señalaron González Díaz y Sigüenza.

10. CHARLES W. MISNER



Gran físico y relativista norteamericano. Coautor, junto con Wheeler y Thorne, del gran manual del espaciotiempo titulado “GRAVITATION” (El “Libro Negro”). Físico de gran finura y elegancia en sus contribuciones. Su más profundo e influyente legado es el llamado Espacio de Misner, un espaciotiempo que conlleva la más patológica simetría que, aún siendo matemáticamente correcta y estando bien definida, permite la existencia de zonas acronales en ciertos espacio-tiempos, donde no existe la causalidad y el tiempo fluye de forma aleatoria hacia el futuro y el pasado. Misner es otro de los extraños productos del gran Wheeler quien fue el supervisor de su Tesis.



A. LA VIOLACIÓN DE LA CAUSALIDAD

La inestabilidad cuántica de los agujeros de gusano en la vecindad de los horizontes cronológicos es debida a la creación catastrófica de partículas en dicha región y constituye la base de la conjetura de protección cronológica de Hawking. Veremos a continuación que esta inestabilidad no tiene un carácter general y puede evitarse usando ciertas formas de vacío o singladuras de crecimiento suficientemente rápidas del agujero inducidas por acreción de algunas formas de energía oscura. En su forma más simple la métrica bidimensional de un agujero de gusano puede expresarse en términos de de las coordenadas de Rindler,

$$ds^2 = -\xi^2 d\eta^2 + d\xi^2.$$

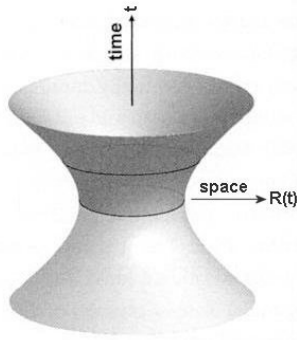
Esta métrica puede obtenerse si introducimos las definiciones $t = \xi \sinh \eta$, $\sqrt{r^2 - K_0^2} = \xi \cos \eta$ en la métrica más simple de Morris-Thorne, cubriendo sólo el cuadrante $\sqrt{r^2 - K_0^2} > |t|$, con la reflexión $\xi \rightarrow -\xi$ describiendo la región $\sqrt{r^2 - K_0^2} < -|t|$.

La simetría de Misner identifica puntos apropiadamente de estos cuadrantes y nos permite definir finalmente la función de Hadamard de dos puntos, y de aquí el tensor energía-impulso regularizado el cual resulta ser proporcional a $\left(\frac{2\pi}{b}\right)^4 - \frac{1}{\xi^4}$. Este toma valores infinitos en la medida en la que nos aproximamos al horizonte cronológico ($\xi \rightarrow 0$), excepto para un vacío conforme o en el caso de que el agujero de gusano crezca con tal rapidez que la creación de partículas no llega nunca a alcanzar al horizonte creciente. En ambos casos se produce una violación de la conjetura de protección cronológica de Hawking.

11. WILLEM DE SITTER



Un astrónomo, físico y matemático holandés, contemporáneo y muy amigo de Einstein, con el que mantuvo fructíferas controversias sobre ciertas soluciones cosmológicas que contenían algunas constantes interpretables como energía del vacío gravitatorio. La solución cósmica más conocida es la que lleva su nombre y constituye el ejemplo más puro e interesante de lo que se denomina principio de Occam Razor en cosmología, de acuerdo con el cual cuanto más sencilla sea la solución de un problema cósmico más probabilidad tendrá de ser cierta. No existen muchos científicos como él que hayan tenido el honor de firmar un trabajo junto con Einstein. Y claro en dicho trabajo descubrieron el concepto de materia oscura.



$$R(t) = R(t_0) \cosh(\sqrt{\Lambda}t)$$

A. EL ESPACIO DE DE SITTER

Es la solución con simetría esférica de las ecuaciones de Einstein en ausencia de cualquier tipo de materia observable. La energía puesta en juego corresponde al vacío gravitatorio y se representa por medio de la llamada constante cosmológica Λ . En su forma estática, la métrica que describe este espacio-tiempo se escribe en la forma

$$ds^2 = -(1 - r^2 \Lambda) dt^2 + \frac{dr^2}{(1 - r^2 \Lambda)} + r^2 d\Omega_2^2,$$

donde $d\Omega_2^2$ es la métrica unidad sobre la dos-esfera. A un radio $r_H = \Lambda^{-1/2}$ aparece un horizonte cosmológico aparente. La métrica máximamente extendida que se emplea para construir los diagramas de Penrose hace desaparecer estos horizontes aparentes y da lugar finalmente a un baño térmico con una temperatura $T_H = 2\pi / \Lambda^{1/2}$. ¿Pero qué es la constante cosmológica? El término cosmológico corresponde a la constante arbitraria originalmente introducida por Einstein para hacer estacionaria la métrica. En realidad este término corresponde a la densidad de energía del vacío gravitatorio de acuerdo con la interpretación certera de los científicos de la escuela soviética que, en lugar de producir un efecto atractivo, produce repulsión. Es esta la razón por la que la presente expansión acelerada del universo es atribuida por muchos a la existencia de una constante cosmológica.

La existencia de una constante cosmológica conduce no obstante a un problema muy serio cuando se comparan los resultados de los cálculos teóricos para Λ con los límites impuestos por las observaciones. La discrepancia es de muchos órdenes de magnitud en cualquier caso.

12. GERARD T'HOOFT



Gerard t'Hooft es uno de los físicos teóricos más importantes que han dado los Países Bajos. Sus grandes contribuciones a la física le valieron el Premio Nobel y están encabezadas por la demostración de que las teorías gauge son renormalizables y se simplifican grandemente en el límite de N grande. Aparte de otros importantes resultados en física de partículas, t'Hooft ha trabajado también en física gravitatoria y, en particular, en la elaboración de la idea del principio holográfico, partiendo de concepciones cuánticas de los agujeros negros. Resulta realmente humorístico recordar las discusiones entre t'Hooft y Hawking, en el despacho del segundo en Cambridge, durante las cuales ambos se enfrentaban a una fórmula en la pizarra y cada media hora o así, decía uno de ellos “Sí” y pasada la siguiente media hora contestaba el otro “No”. Y así hasta bien entrada la noche.

A. EL PRINCIPIO HOLOGRÁFICO





Resumen

- Límites de la Información
- Límites de la Entropía
- Consecuencias
- Efectos sobre la Causalidad
- El Futuro del Universo
- Moraleja

“Castillos en el Aire”

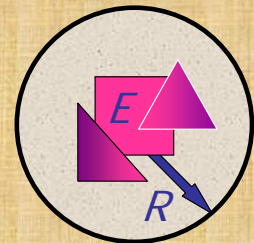
Límite de Bekenstein sobre Información en un sistema esférico con radio R y Energía E :

$$I \leq 2\pi ER / (hc \log 2 / 2\pi)$$



Jacob Bekenstein

- Originado en la Física de los Agujeros Negros
- E : Energía gravitante
- Sistemas Completos y Aislados
- Comprobado
- Puede fallar en sistemas fuertemente gravitantes o de evolución rápida
- El más fuerte de los límites



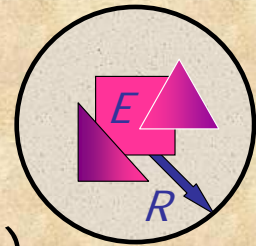
Límites de la Entropía: Orígenes

$$S \leq 2\pi ER / \hbar c$$



Jacob Bekenstein

- Originado en la Física de los Agujeros Negros
- E: Energía gravitante
- Sistemas Completos y Aislados
- Comprobado
- Puede fallar en sistemas fuertemente gravitantes o de evolución rápida
- El más fuerte de los límites



(1981)

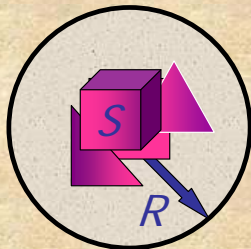
Límite Área-Entropía



$$S \leq 2\pi ER / \hbar c$$

$$2GE / c^4 = 2GM / c^2 < R$$

$$S < c^3 \pi R^2 / \hbar G < c^3 A / 4\hbar G$$



$$S < \frac{A}{4 \ell_P^2}$$

(1983)



Límite Holográfico Entrópico

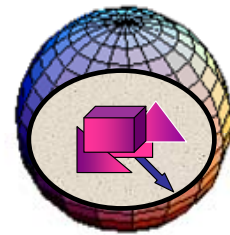


**Gerard 't Hooft
(1993)**

$$S < \frac{A}{4 l_P^2}$$

**Leonard Susskind
(1995)**

- A: Área de cualquier superficie cerrada circunscrita
- Comprobada
- Incluye G
- Válida para Auto-Gravedad Débil o Fuerte
- Falla en sistemas de evolución rápida



Límites de la Entropía: Paternidad

Dear Prof. Gonzalez-Diaz,

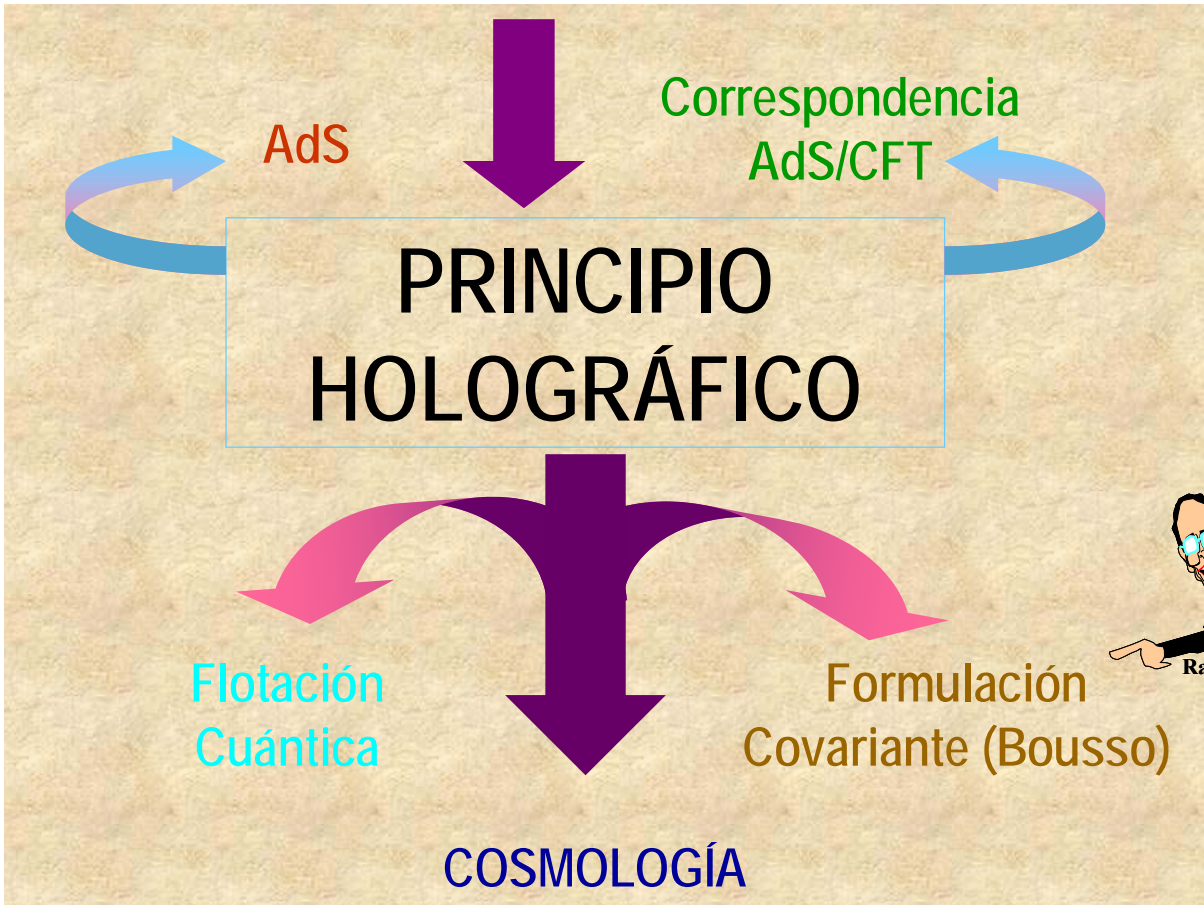
Thanks for telling me; I did not know this note. It seems you may be the first person to state the holographic bound black-on-white. It is usually attributed to 't Hooft; I think I mentioned it in my talk at the Santa Barbara 1993 workshop on quantum black holes which he attended. His famous paper appeared only later. My write-up of my talk has the holographic bound up to a numerical coefficient, but as I said, I am not sure this was said at the talk, or is an afterthought. At any rate, you preceded all this by a decade. I will be telling people about this in the future.

best,

Jacob Bekenstein



21 de Octubre de 2004



- Modelos Holográficos de la Energía Oscura -

$$p = w\rho = -\left(1 + \frac{2}{c}\right)\rho \quad T = a(t)^{3(w+1)/2}$$

$$H^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} = \frac{c^2}{R^2}$$

$$R_h = cT (w > -1)$$

$$R = a(t) \int_t^{t_{\max}} \frac{dt'}{a(t')}$$

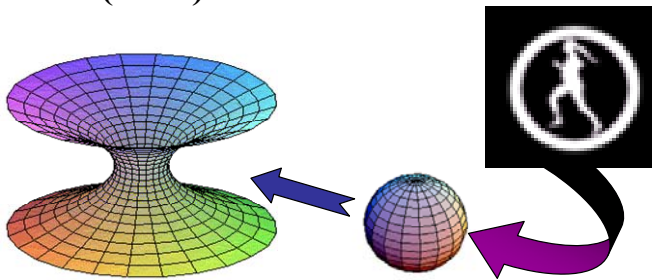
$t_{\max} = \infty$ ↑
 $t_{\max} = t_*$ ↓

$$H^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} = \frac{c^2}{R_*^2}$$

$$R_* = cT (w < -1)$$

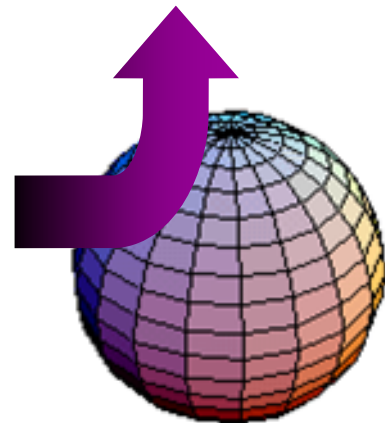
Acreción de Energía Oscura en Agujeros de Gusano

(2004)



$$\tilde{t} = \frac{t_*}{1 + \frac{2\pi^2 \rho_0 b_0 D}{\sqrt{6\pi\rho_0}}}$$

$$b(t) = \frac{b_0}{1 - \frac{2\pi^2 \varepsilon \rho_0 D t b_0}{1 - \xi t}}$$



Cálculo Detallado

$$ds^2 = -e^{\Phi(t)} + \frac{dr^2}{1 - \frac{K(r)}{r}} + r^2 d\Omega_2^2$$



$$T_{\mu\nu} = (p + \rho)u_{\mu}u_{\nu} + pg_{\mu\nu}$$

(2005)

$$T_{\mu;\nu}^{\nu} = 0 \Rightarrow$$

$$(\alpha) \quad \frac{ur^2(p + \rho)}{m^2 \left(1 - \frac{K}{r}\right)} \sqrt{u^2 + \frac{K}{r} - 1} = C$$

$$u_{\mu}T^{\mu\nu}_{;\nu} = 0 \Rightarrow$$

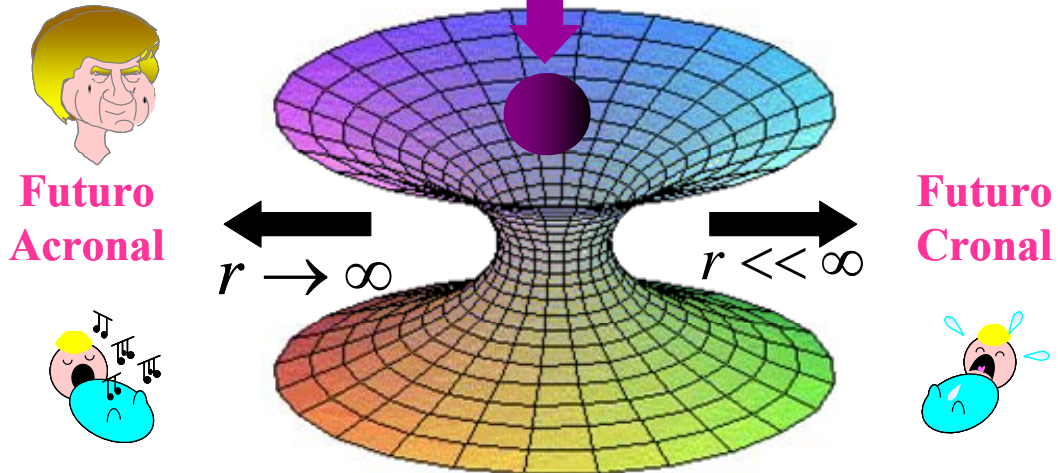
$$(\beta) \quad \frac{ur^2 e^{\int_{\rho_{\infty}}^{\rho} \frac{d\rho}{p + \rho}}}{m^2 \sqrt{1 - \frac{K}{r}}} = A$$

De (α) y (β) :

$$\frac{\sqrt{u^2 + \frac{K}{r} - 1}(p + \rho)}{\sqrt{1 - \frac{K}{r}} e^{\int_{\rho_{\infty}}^{\rho} \frac{d\rho}{p + \rho}}} = B = \frac{C}{A} = \hat{A}(p + \rho)$$

Variación de energía exótica

$$\dot{m} = \int dS T_0^r = -4\pi m^2 \overset{\text{positiva}}{\circlearrowleft} \sqrt{1 - \frac{K(r)}{r}} (p + \rho)$$



Futuro Acronal

$$p = w\rho = w\rho_0 a^{-3(1+w)}$$

$$= T^{-2} = \left(a_0^{3(1+w)/2} + \frac{3}{2}(1+w)Ct \right)^{-2}$$

$$m = \frac{m_0}{1 - \frac{4\pi A \hat{A} \rho_0 m_0 (|w| - 1)t}{T(w < -1)}}$$

13. KURT GÖDEL



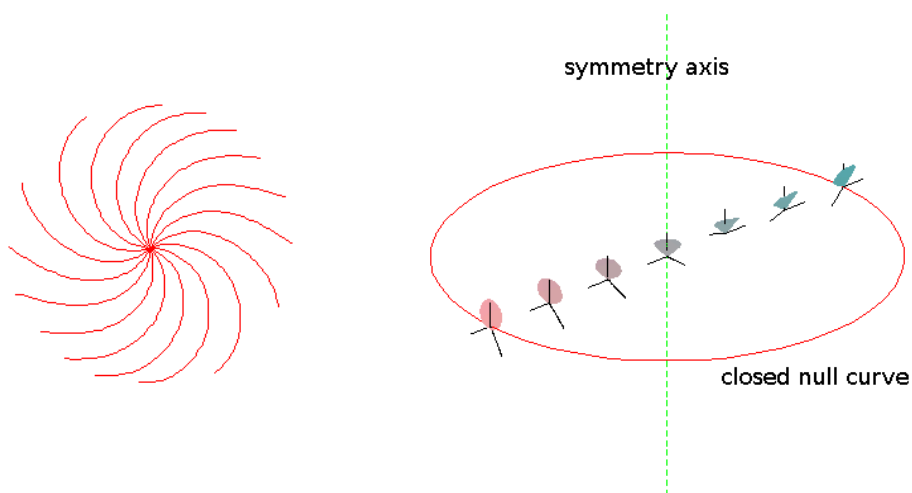
Tal vez el mejor amigo de Einstein en América. El cerebro y originalidad de ambos eran tan ingentes que sus frecuentes charlas (siempre en alemán) parecían incomprensibles a los demás, aunque fueran alemanes. Y un tema recurrente en tales charlas: La máquina del tiempo descubierta por Gödel usando la teoría general de la relatividad de Einstein. Todo en casa, pero sin acuerdo. Gödel que sí, que podríamos viajar por el tiempo. Einstein que no, que nada podría violentar la causalidad. Y erre que erre. Nunca llegaron a ponerse de acuerdo. La enorme capacidad lógica de Kurt si dio lugar a ciertos teoremas que han cambiado el pensamiento científico y ante los cuales Einstein solo pudo oponer la fuerza de sus corolarios. Del sujeto de ambas controversias nos ocuparemos un poquito después de presentar la semblanza del personaje.

A Gödel se le conoce mejor por sus dos **teoremas de incompletitud** publicados en 1931 a los 25 años de edad, un año después de finalizar su doctorado en la Universidad de Viena.

El más célebre de sus teoremas de la incompletitud establece que para todo sistema axiomático recursivo auto-consistente lo suficientemente poderoso como para describir la aritmética de los números naturales (la aritmética de Peano), existen proposiciones verdaderas sobre los naturales que no pueden demostrarse a partir de los axiomas. Para demostrar este teorema desarrolló una técnica denominada ahora como Numeración de Gödel, el cual codifica expresiones formales como números naturales.

También demostró que la hipótesis del continuo no puede refutarse desde los axiomas aceptados de la teoría de conjuntos, si dichos axiomas son consistentes.

La **métrica de Gödel** es una solución exacta de las ecuaciones de Einstein obtenida en 1949, correspondiente a una simetría cilíndrica y dos términos del tensor energía-impulso: una constante cosmológica y polvo en rotación con velocidad angular w alrededor del eje de simetría de la métrica..



$$ds^2 = dt^2 - dx^2 + \frac{1}{2} \exp(2\sqrt{2}wx) dy^2 - dz^2 + 2 \exp(\sqrt{2}wx) dt dy$$

Es fácil ver que en esta solución es posible definir **curvas cerradas temporales** que permiten viajar al futuro o al pasado. En su existencia se basaba Gödel en su contencioso con Einstein, quien, a su vez, defendía la postura contraria basándose en la imposibilidad de existencia de una distribución material requerida para obtener la solución (1). Algo así como la conjetura de protección cronológica, resucitada por Hawking muchas décadas después.

14. LUDWIG BOLTZMANN



En una carta a Louis de Broglie de finales del siglo XIX Ludwig Boltzmann ya advertía al noble francés de que le resultaría imposible a Max Planck establecer una fórmula consistente para la radiación del cuerpo negro si no introducía primero una discontinuidad en la energía. Este golpe de intuición genial marca de forma precisa la magnitud del cerebro del gran físico austriaco, el alcance de su genio. Y es que Boltzmann, entre otras grandezas, incluyó en la física los siguientes conceptos: La noción estadística en la descripción de múltiples cuerpos, el concepto de entropía en relación con las probabilidades, la posibilidad matemática de generación de cualquier objeto (un cerebro incluido) de forma espontánea desde el vacío (“ex nihilo”), la ley de Stefan-Boltzmann para la radiación, la existencia de átomos y moléculas, etc, etc. En efecto, quizá con las excepciones de Albert Einstein y Giordano Bruno, Boltzmann fuera la criatura más genial desde los tiempos de los sabios griegos.

Boltzmann brain



Ludwig Boltzmann, a partir del cual surge el misterio de los cerebros de Boltzmann debido a una especulación llevada a cabo por el físico norteamericano **Leonard Susskind**,

de la siguiente forma:

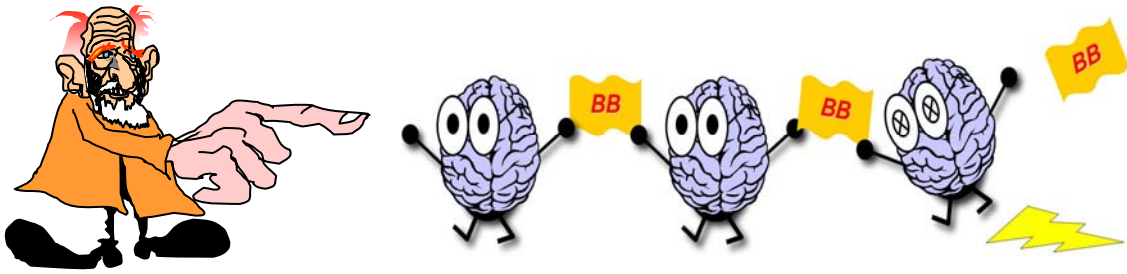
Un **cerebro de Boltzmann** es una entidad hipotética que se auto-conoce y que surge mediante fluctuaciones al azar a partir de un estado de caos. Su relación con las ideas del físico austriaco se sustenta en el hecho de que éste avanzó la idea de que el universo que conocemos también surgió como una fluctuación al azar. En ambos casos es preciso explicar por qué existe tan alto grado de organización en el universo, contrario a la segunda ley de la entropía. La única salida al problema la dio Boltzmann al proponer que tanto nosotros como nuestro universo somos fluctuaciones al azar en un super universo con alta entropía.

Incluso en un estado cercano al equilibrio, habrá fluctuaciones estocásticas a nivel de entropía. Las fluctuaciones más comunes serán pequeñas y darán lugar a pequeños niveles de organización. Fluctuaciones mayores y de mayor nivel organizativo serán mucho más raras, inconcebiblemente raras en realidad. Serán aún posibles si consideramos grandes extensiones espaciales y enormes intervalos temporales.

15. LEONARD SUSSKIND



Padre de una numerosa prole de niños y bondadoso, este talentoso físico norteamericano ha desarrollado su actividad en muchos aspectos de la física teórica, incluyendo la teoría de cuerdas en agujeros negros. Dos grandes ideas suyas han iluminado la cosmología de los últimos años: El principio holográfico que codifica toda la información sobre el universo en ciertas superficies holográficas, y la teoría de los cerebros de Boltzmann, un verdadero galimatías que ya se prepara para el futuro del universo, si este sigue evolucionando como lo está haciendo ahora.



Esto conduce al concepto de **cerebro de Boltzmann** que fue discutido por vez primera por Susskind y algunos de sus colaboradores: Si el nivel de organización que tenemos, con muchas entidades que se auto-conocen, es el resultado de una fluctuación al azar, será mucho menos probable que un nivel de organización que solo puede crear una sola entidad conciente. Por cada universo con el nivel de organización que vemos, debe haber un número enorme de cerebros de Boltzmann solitarios flotando desorganizadamente. Esto refuta el argumento anterior del observador: “La organización que veo es mucho mayor que la que se necesita para explicar mi conciencia, y por eso es muy improbable que yo sea el resultado de una fluctuación estocástica.

La Paradoja de los Cerebros de Boltzmann es que es más probable que un cerebro se forme al azar a partir del caos con memorias falsas de su vida que no que el universo que nos rodea tuviera billones de cerebros auto-conocedores de sí mismos.

Otro problema que puede derivarse de los cerebros de Boltzmann resulta de combinar la aparición de una generación de los mismos con el concepto de observador típico de Vilenkin. En efecto, si tales cerebros de Boltzmann sobrepasaran en número a nuestra civilización en un futuro lejano, ellos se convertirían en observadores típicos y el universo cambiaría de tal forma que todo en él estaría definido respecto a la generación espontánea de cerebros auto-reconocibles. Sería el final de nuestra civilización y de nuestro universo.

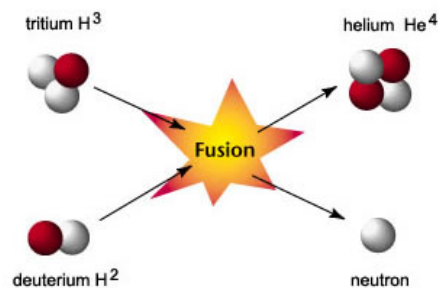


Alexander Vilenkin

16. HANS BETHE



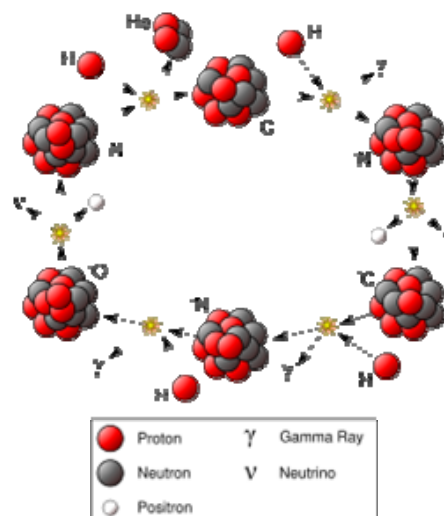
A buenas horas mangas verdes. Si. En efecto, el gran Hans era alemán, trabajó lo indecible para arrasar vida y ciudades alemanas. Y una vez consumado el genocidio en tierras niponas, vuelta de chaqueta y rechazo completo al tenebroso espanto del Manhattan, donde incluso dirigió a Von Neumann y también a Richard Feynman, para dedicar su vida al estudio de temas pacíficos ya de por vida. Muchos otros científicos se ajustaron a este esquema. Y los que no lo hicieron fueron tratados como nazis o traidores. En el caso de Hans Bethe, su trabajo posterior de hombre bueno consistió en investigar de donde sacan tanta energía el Sol y las demás estrellas. Para averiguarlo utilizó, no obstante, la experiencia de sus años asesinos, ya que interpretó la energía emitida por las estrellas como el resultado de las reacciones de fusión nuclear de los átomos de hidrógeno para formar helio, liberando una gran cantidad de energía.



Durante sus años alemanes y después estudió también problemas de combinación de la relatividad con la mecánica cuántica, tales como los contenidos en el Efecto Lamb.

A. ¿POR QUÉ LUCEN LAS ESTRELLAS?

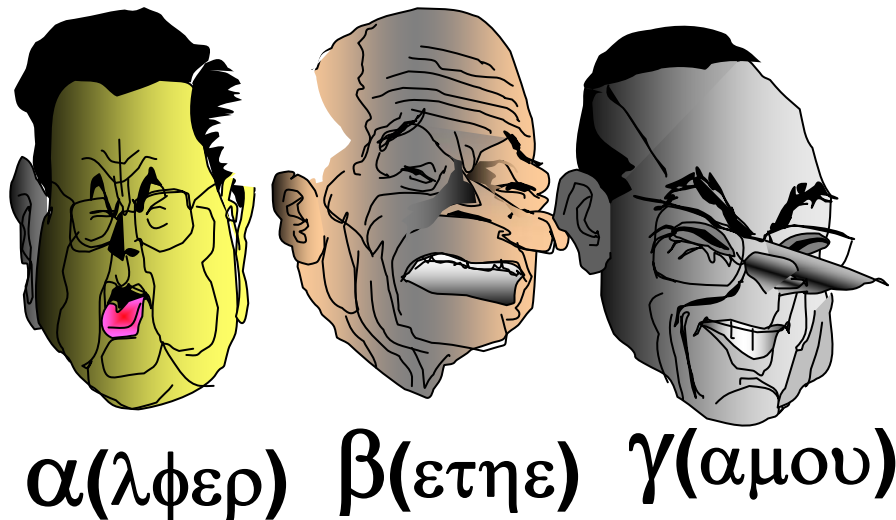
Los neutrinos son partículas elementales que junto con los electrones, muones, taus y quarks constituyen los ladrillos básicos con que está hecha toda la materia del Universo. Estas partículas se producen en desintegraciones radiactivas y en otras reacciones nucleares. Los neutrinos están estrechamente emparentados con los electrones, muones y taus pero, a diferencia de estos, no tienen carga eléctrica y viajan prácticamente a la velocidad de la luz. Hay tres variedades o ‘sabores’ de neutrinos: los neutrinos del electrón, n_e , los neutrinos del muón, n_μ y los neutrinos tau, n_τ . Al no poseer carga eléctrica, la interacción de los neutrinos con la materia ordinaria es muy poco frecuente y débil. Estas partículas interactúan con la materia exclusivamente a través de la fuerza nuclear débil. Debido a esta circunstancia, en cada segundo, miles de millones de neutrinos pasan por nuestro cuerpo sin que los percibamos. Si deseásemos reducir su flujo a la mitad, deberíamos construir una pared de plomo cuyo espesor debería ser del orden de la distancia de la Tierra a la estrella Alfa de la constelación Centauro, o sea de unos 4 años luz de espesor. Esta diminuta probabilidad de interacción de los neutrinos con la materia ordinaria, hace que su detección sea extremadamente difícil. Desde que el físico Enrico Fermi predijera su existencia hacia fines de los años 30, hasta que se logró su detección por vez primera, pasaron cerca de 20 años. Sin embargo, como no hay mal que por bien no venga, esta misma propiedad posibilita que los neutrinos transporten información casi inalterada desde sus fuentes de producción en el centro de las estrellas hasta nosotros. En esta región de las estrellas es donde se genera la energía que las caracteriza y donde se sintetizan los núcleos más pesados, en particular se genera helio a partir del hidrógeno. Por lo tanto, el estudio de los neutrinos que se producen en el Sol y en otras estrellas constituye una valiosa fuente de información acerca de los procesos nucleares que ocurren en el interior de las mismas y que son los responsables de su brillo. En el caso particular de nuestra estrella, el Sol, es su energía la que originó y sostiene la vida en nuestro planeta. Pequeñas alteraciones en los mecanismos de producción de esta energía tendrían consecuencias potencialmente catastróficas para la vida en la Tierra. De ahí que entender los mecanismos de generación de energía en el Sol sea un desafío intelectual de profundas implicancias prácticas. La predicción de los flujos de neutrinos solares medidos en la Tierra es una de las pruebas más exigentes que se pueden realizar sobre la validez de los modelos solares.



Posiblemente uno de los logros recientes más significativos en el campo de la física fue la solución al enigma de cómo el Sol genera su energía. Por más de treinta años los científicos estuvieron tratando de develar el misterio de los neutrinos solares, que consistía en entender por qué el número de esas partículas que llegan a la Tierra desde el Sol era mucho menor que los modelos de funcionamiento del Sol predecían.

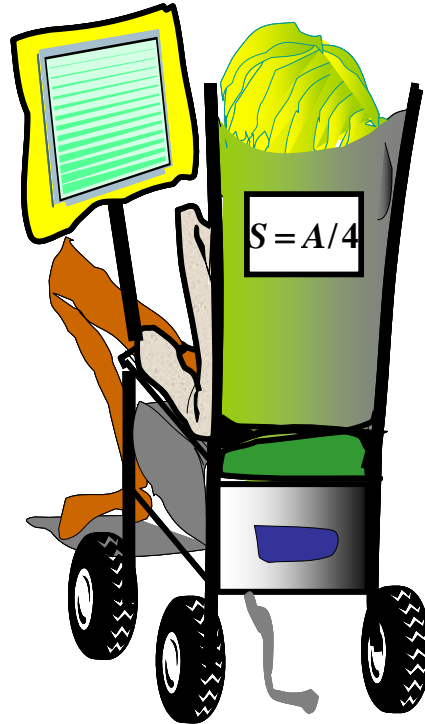
Durante más de 30 años los científicos han estado tratando de resolver ‘el problema de los neutrinos solares’. ¿Cómo era posible que en la Tierra se midiese solo una fracción de los neutrinos que se esperaba que el Sol emitiera durante las reacciones de fusión propuestas por Bethe? Un buen modelo debe de hacer predicciones que concuerden con las observaciones. ¿No sería esto indicativo de que los modelos de funcionamiento del Sol estaban equivocados como ya había ocurrido en el pasado? No era el caso esta vez. Las diferentes propiedades de las oscilaciones de los neutrinos se ajustan en efecto a lo que puede medirse con tal precisión que confirman por completo el modelo de Bethe, tal como ha podido comprobarse en detectores situados en Canadá recientemente.

Hans Bethe participó además en uno de los episodios más truculentos y a la vez simpático de la Ciencia. Se trató de sustentar la teoría del origen del Universo (El Big Bang) con un artículo los nombres de cuyos tres autores debían empezar con las letras griegas que ponen en marcha el alfabeto griego: Puro origen del Universo, cultura incluida. No quería decir, ni mucho menos, que los tres autores contribuyeran en el trabajo, ni quiere decir que yo descubra aquí quién lo hizo y quién no. Sólo daré sus nombres (en griego) y el orden (alfabético) en el que aparecieron



Mentira o verdad; broma o serio; luz o sombra, se trata del origen del Universo. Mucha tela para dejarla sin mencionar siquiera en nuestro opúsculo sobre las criaturas cosmológicas.

17. STEPHEN WILLIAM HAWKING



Posiblemente el científico más famoso en la actualidad. Pero no cierra esta Galería por eso sino por sus decisivas propuestas y trabajos seminales en Cosmología clásica y cuántica, Principio Antrópico, física de los Agujeros Negros y de Gusano, Viajes en el Tiempo, Modelos de Multiverso en Teoría de Cuerdas, Gravedad Cuántica, etc. etc. Está en todo al más alto nivel y por ello no lo destacaríamos en nada. Pero tal vez lo que más llama la atención de este ser genial sea el hecho de que todo su trabajo lo ha llevado a cabo en condiciones de postración física tales que le hacen imposible hablar, usar las manos o cualquier músculo de su martirizado cuerpo y casi respirar. Todo ocurre en su increíble cerebro. Ama la vida de forma apasionada y, más que en otros cuyas vidas han sido sin embargo llevadas al cine, es en su ejemplo donde deben mirarse las personas que padecen alguna minusvalía. Como en el caso de Carter, Stephen pertenece en espíritu y comportamientos a la época heroica de la gravedad de Cambridge, en cuya Universidad ocupa la Cátedra Lucasiana que inauguró Sir Isaac Newton.