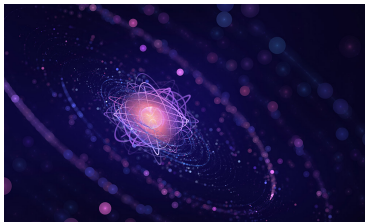


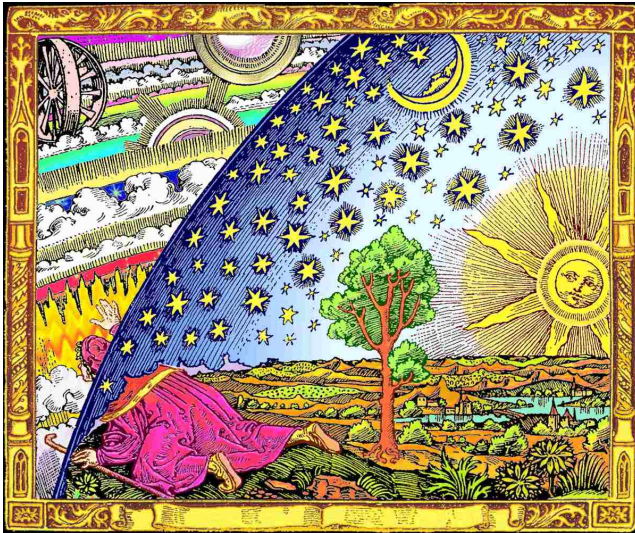
Cosmovisiones del s.XXI: Del Microverso subatómico al Multiverso y más allá

J.F.G.H.

jfgh.teorfizikisto@gmail.com



Grabado Flammarion, 1888.



1 Motivaciones

- Preguntas básicas de la Filosofía (de la Ciencia)

2 Concepciones del Universo y el Multiverso

3 ¿Dónde estamos en la comprensión del Cosmos?

4 Conclusiones

5 Back-up slides

Las preguntas fundamentales(I)

Cuestiones

¿Hay un principio (arjé, taiji,...) o conjunto de principios invariantes que organizan el Universo o Multiverso? ¿Hay una Teoría única o final que explique dichos principios de forma autoconsistente y lógica? ¿Hay vida (y vida inteligente, exocivilizaciones) en este Universo, e.g., en la Vía Láctea y otras galaxias (en exoplanetas o exolunas u otros cuerpos celestes)? ¿Cuál es el Destino Final del Universo/Multiverso? ¿Cómo se originó éste? ¿De qué está hecho el Universo/Multiverso? ¿Cuáles son los elementos o partículas elementales más fundamentales y básicos a nivel microscópico? ¿Es el Universo infinito/finito? ¿Es infinitamente divisible o hay átomos de materia-energía/espacio-tiempo?

Los elementos últimos de la materia y la realidad. Agua, aire, fuego y viento (sólido, líquido, gas, plasma). ¿Quintaesencia?

Cuestiones (II)

¿Por qué el Universo se describe matemáticamente de forma tan exacta y precisa? ¿Qué es la realidad? ¿Qué es la materia? ¿Y el espacio-tiempo? ¿Es toda idea imaginable real o realizable? ¿Son los observadores necesarios para la existencia de la realidad y el Universo o hay una realidad preexistente independiente de la observación y el proceso de medida? ¿Es todo conocimiento científico finalmente subjetivo y de naturaleza probabilística y aleatoria?

Galileo: matematización definitiva de la Ciencia. Intento de formalización universal. Misterio: describe de forma ultraprecisa muchos procesos naturales.

Las preguntas fundamentales(III)

The mysteries of the Quantum Universe

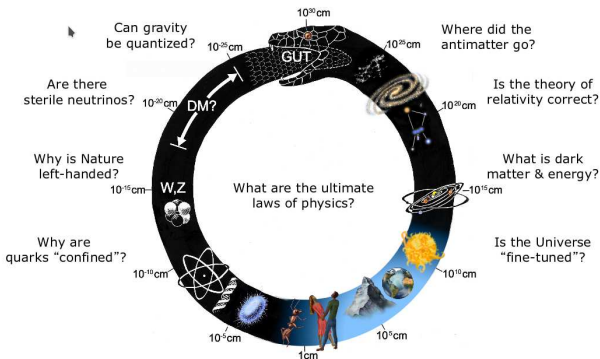


Figura: Ouroboros, la serpiente cósmica que encierra las escalas del Universo. Algunas preguntas sin respuesta actualmente.

Las preguntas fundamentales(IV)

¿Qué es la Ciencia?

Debemos entender la importancia de la Ciencia moderna, y para ello hace falta decidir qué es y qué no es una Ciencia.

Problema de la demarcación

El problema de la demarcación es el problema de determinar y decidir si algo es o no es científico. En un escenario donde el Universo/Multiverso es un concepto genérico que por definición incluye todo lo que físicamente (o matemáticamente) existe y no existe con una serie de leyes ordenadas y/o jerárquicas establecidas, puede ser complicado definir y decidir qué constituye una Ciencia de forma universal y general.

Algunas propuestas parcialmente exitosas: **Popper, Kuhn, Lakatos, Feynman, Laudan**,... *Bayesianismo y atomismo* (Física Cuántica) cambian algunas ideas tácitas sobre la naturaleza determinista del conocimiento científico.

- Si el problema de la demarcación es resoluble, la respuesta a la definición de lo que es la Ciencia debe dar una descripción formal del progreso científico.
- Problema no resuelto, aunque varios autores han propuesto ideas relevantes que son actualmente usadas como axiomas aceptados en mayor o menor término. Vamos a centrarnos en Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend y quizás mencionar Laudan y el bayesianismo como fuentes actuales en uso incluso a nivel cuántico (el bayesianismo cuántico o Qbismo es una interpretación moderna de la Física Cuántica, aunque no sin críticos).

- La noción de entrelazamiento cuántico (sistemas compuestos pero no independientes correlacionados de forma no local) implica que la idea de Multiverso puede no especificar un tipo específico.
- Efectos dinámicos y geométricos a nivel no local y global del Universo: problema del Tiempo y de la Topología Cósmica.
- La idea de Multiverso no es nueva. La palabra Multiverso se debe a William James (1895): "(...) Visible nature is all plasticity and indifference, a multiverse, as one may call it, and not a Univese (...)"
- Teorías del Multiverso conducen a cuestionarse la naturaleza y definición de teorías científicas.

- Base de toda teoría: 1) Evaluación de una teoría (adscripción de teoría a unos datos), 2) Confirmación de una teoría (evidencia empírica apoyando hipótesis y teorías), 3) Falsación de una teoría (identificar evidencia contra una teoría o hipótesis para refutarla), 4) Verificación de una teoría (evidencia fuerte que confirma la teoría independientemente de hipótesis extra), 5) Viabilidad de una teoría (compatibilidad de una teoría con datos existentes SIN predicciones o tests adicionales de la misma).
- La idea de Multiverso reta la epistemología usual de ciencia porque la Física entra en la Filosofía tanto como ésta entra en la Física (e.g., QBayesianismo).

- Popper es el filósofo de la Ciencia más popular durante el primer tercio del siglo XX.
- Esperanza: toda las Matemáticas/Física basada en fundamentos lógicos (Russell, Whitehead, Hilbert). La Filosofía de la Ciencia debería obedecer leyes lógicas y el progreso científico fundarse en leyes lógicas de razonamiento e inducción.
- Esperanza(II): la Ciencia y la Filosofía deberían fundarse en argumentos verificables y la realidad observable.

Bomba: los teoremas de incompletitud e inconsistencia de Gödel tumban el sueño de los formalistas. Popper reemplaza la inducción por un proceso continuo de creación y refutación de conjeturas mediante experimentos. El problema de la inducción, que generalmente podría no conducir a nuevo conocimiento, es “cambiado”. Problema popperiano: 1) La falsabilidad de hipótesis falla como criterio de demarcación, y 2) Falsabilidad no explica siempre cómo progresa y evoluciona la Ciencia.

- Defiende avances no lineales de la Ciencia.
- Postula la alternancia de dos fases en Ciencia: fase normal de Ciencia y fase de crisis, donde se da desplazamiento de paradigmas o Revoluciones científicas.
- La acumulación de anomalías e irregularidades en los fenómenos de la Ciencia reta datos experimentales que lleva a cambios en la Ciencia (desplazamientos de paradigmas o revoluciones científicas). Algunos científicos optan por cambiar a nuevos paradigmas, mientras otros mueren.
- El problema de la infradeterminación por evidencia empírica es resuelto (parcialmente sin embargo): la verdad científica no es solamente hechos objetivos sino consenso en una comunidad. La Ciencia es como una red social.
- Problema Kuhniano: no hay claro criterio para cambio de paradigma. Kuhn defiende sin embargo que puede tenerse criterio de precisión, consistencia, alcance, simplicidad y generalidad. Pero NO son criterios suficientes aunque son necesarios para algunos cambios.

Lakatos

- Plantea programas de investigación: hipótesis nucleares o centrales e hipótesis auxiliares.
- Las hipótesis auxiliares aumentan predicibilidad científica y salvan programas. Los programas de investigación no son falsables en sentido popperiano pero pueden degenerar hasta su inutilidad.

Laudan

- Crítico de las tradiciones positivista, realistas y el relativismo. Defiende la visión de la Ciencia como institución humana.
- Las tradiciones investigadoras son una alternativa a los programas de Lakatos. La Ciencia es un proceso evolucionario o evolutivo que acumula datos y resuelve anomalías, no es meramente una actividad de resolución de problemas aunque puede que esta actividad sea la más simple en ocasiones de la Ciencia.

Anarquismo epistemológico

- Plantea que cualquier estándar de racionalidad o método universal es demasiado restrictivo para la obtención de conocimiento.
- Generalmente, todas las reglas de la Ciencia son violadas y nuevas teorías son aceptadas no por acuerdo universal sino por trucos aparte de argumentación racional.
- Indica que las hipótesis ad hoc son necesarias para el avance científico, hasta que una mejor Ciencia es alcanzada.
- La consistencia no es algo requerido por Feyerabend para hacer algo científico. La Ciencia como totalitarismo ideológico es peligrosa e impacta negativamente en las sociedades.
- Feyerabend defiende que la demarcación es irresoluble. La Ciencia es una actividad relativa y no puede alcanzarse una verdad absoluta objetiva. Este relativismo científico es generalmente no aceptado pero encaja con la naturaleza subjetiva de la realidad a nivel cuántico.

- La idea moderna de que NO hay una realidad única y de que la Naturaleza última de la Realidad en el microverso y macroverso son no deterministas puede verse apoyada por el denominado Bayesianismo.
- Bayesianismo: teoría científica que indica que las únicas afirmaciones científicas posibles son las mensuradas por una probabilidad. El subjetivismo y relativismo puede ser cuantificado mediante Matemáticas y la Teoría de la probabilidad condicionada

Fórmula de Bayes

$$P(H|E) = \frac{P(H)}{P(E)} P(E|H)$$

$$P(E) = \sum_i P(E|H_i)P(H_i)$$

- Fórmula de Bayes representa modelo de progreso científico.
- Fases de Ciencia Normal y Ciencia en Crisis no igualmente precisas según Bayes, dado que el grado de creencia de las hipótesis es subjetivo ($P(H|E)$ es dependiente de las probabilidades de la hipótesis H).
- Cierta grado de subjetividad puede ser evitado usando probabilidades relativas (cocientes), aunque algunas son difíciles de estimar o calcular.
- Acumulación de datos favorece ciertas hipótesis sobre otras hasta que se alcanza un acuerdo sobre la bondad o verificación de la hipótesis independientemente del grado de creencia subjetivo sobre la misma.

- El Universo es todo lo que contiene la realidad, hecha de materia (átomos, elementos, compuestos). Atomismo: a nivel microscópico la materia es al final finitamente divisible en partículas y cuantos de energía, embebidos en un (¿continuo?) espacio-tiempo.
- El Universo es todo lo que existe (materia-energía) observable, desde el microcosmos subatómico hasta las estructuras más grandes observadas, y comprende escalas observadas desde $10^{-21}m$ hasta $10^{27}m$. Generalización: también entendemos por Universo aquello que sabemos que existe más allá de nuestro horizonte, pero que no es observable.

El Universo (I): escalas

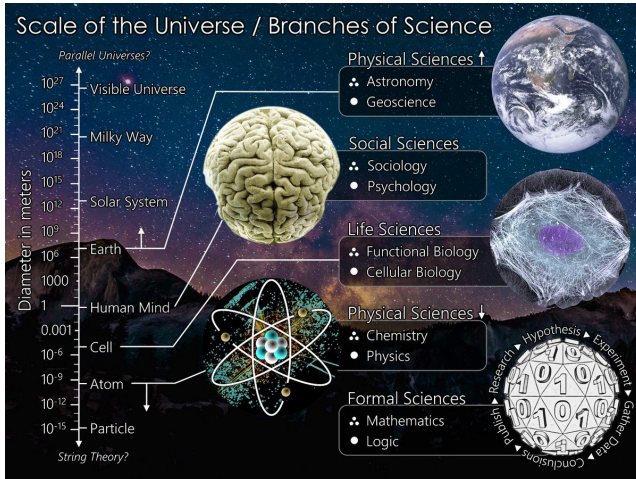


Figura: Escalas del Universo(I).

El Universo (I): escalas

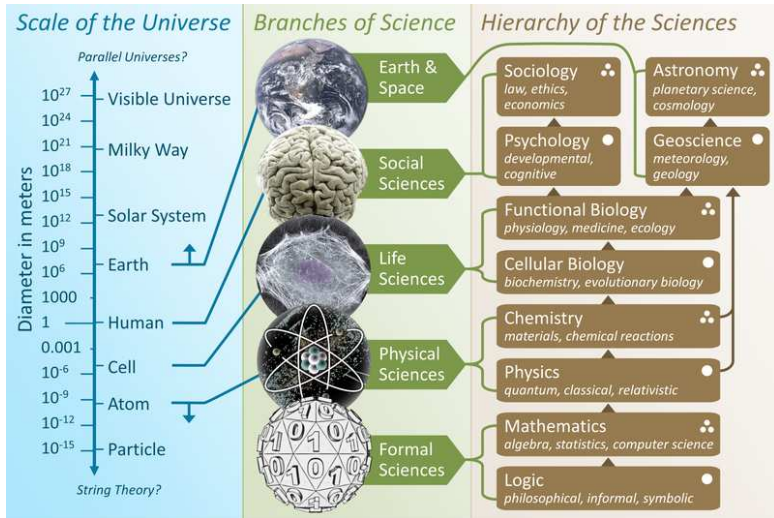


Figura: Escalas del Universo(II).

El Universo (I): escalas

Order of Magnitude of some Masses		Order of Magnitude of some Lengths	
MASS	grams	LENGTH	meters
electron	10^{-27}	radius of proton	10^{-15}
proton	10^{-24}	radius of atom	10^{-10}
virus	10^{-16}	radius of virus	10^{-7}
amoeba	10^{-5}	radius of amoeba	10^{-4}
raindrop	10^{-3}	height of human being	10^0
ant	10^0	radius of earth	10^7
human being	10^5	radius of sun	10^9
pyramid	10^{13}	earth-sun distance	10^{11}
earth	10^{27}	radius of solar system	10^{13}
sun	10^{33}	distance of sun to nearest star	10^{16}
milky way galaxy	10^{44}	radius of milky way galaxy	10^{21}
the Universe	10^{55}	radius of visible Universe	10^{26}

Figura: Órdenes de magnitud.

El Universo (I): escalas

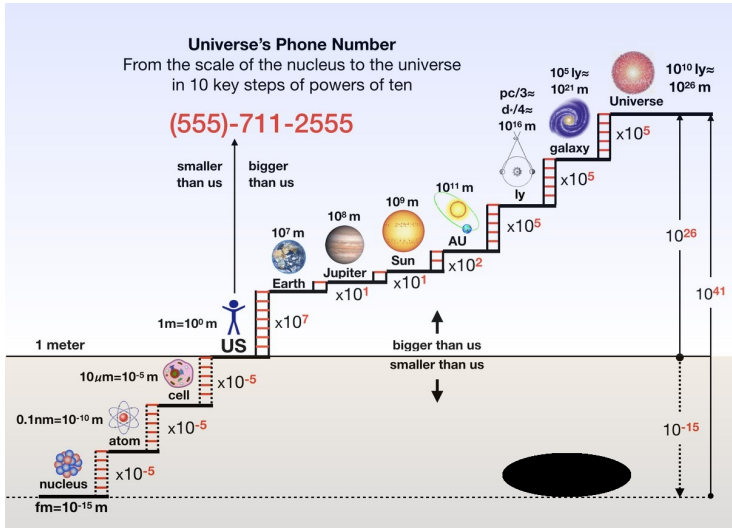


Figura: El número de teléfono del Universo.

El Universo (I): escalas

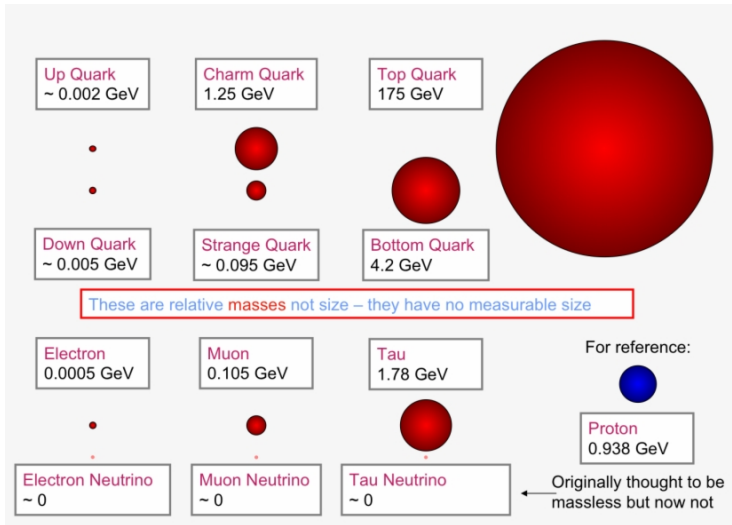


Figura: La escala de masa de las partículas subatómicas.

El Universo (II)

¿De qué estamos hechos? La Química dice...elementos y compuestos:

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18																	
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.0026
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0122																
5 Na Sodium 22.990	6 Mg Magnesium 24.305																
7 K Potassium 39.098	8 Ca Calcium 40.078	9 Sc Scandium 44.956	10 Ti Titanium 47.867	11 V Vanadium 50.942	12 Cr Chromium 51.996	13 Mn Manganese 54.938	14 Fe Iron 55.845	15 Co Cobalt 58.933	16 Ni Nickel 58.693	17 Cu Copper 63.546	18 Zn Zinc 65.38	19 Ga Gallium 69.723	20 Ge Germanium 72.630	21 As Arsenic 74.921	22 Se Selenium 78.971	23 Br Bromine 79.904	24 Kr Krypton 83.796
25 Rb Rubidium 85.468	26 Sr Strontium 87.62	27 Y Yttrium 88.906	28 Zr Zirconium 91.224	29 Nb Niobium 92.906	30 Mo Molybdenum 95.94	31 Tc Technetium 98	32 Ru Ruthenium 101.07	33 Rh Rhodium 102.91	34 Pd Palladium 106.42	35 Ag Silver 107.87	36 Cd Cadmium 112.41	37 In Indium 114.82	38 Sn Tin 118.71	39 Sb Antimony 121.76	40 Te Tellurium 127.60	41 I Iodine 126.90	42 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33																
87 Fr Francium 223	88 Ra Radium 226																
For elements with no stable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.																	
57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 145	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.05	71 Lu Lutetium 174.97			
89 Ac Actinium 227	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uranium 238.03	93 Np Neptunium 237	94 Pu Plutonium 244	95 Am Americium 243	96 Cm Curium 247	97 Bk Berkelium 247	98 Cf Californium 251	99 Es Einsteinium 252	100 Fm Fermium 257	101 Md Mendelevium 258	102 No Nobelium 259	103 Lr Lawrencium 260			

Figura: Los 118 elementos conocidos actuales, en la Tabla Periódica moderna.

¿De qué estamos hechos? La Física dice...partículas:

Figura: Modelo Estándar. La gravedad NO forma parte del Modelo Estándar (ME, SM). La gravitación se describe en la actualidad mediante una teoría relativista llamada Relatividad General, en su versión cosmológica se llama Modelo LCDM.

El Universo (III)

¿De qué estamos hechos? La Física dice...partículas:

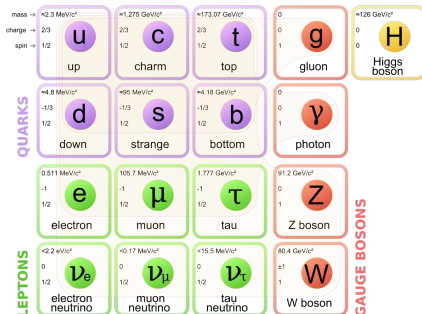


Figura: Modelo Estándar. La gravedad NO forma parte del Modelo Estándar (ME, SM). La gravitación se describe en la actualidad mediante una teoría relativista llamada Relatividad General, en su versión cosmológica se llama Modelo LCDM.

El Universo (III)

¿De qué estamos hechos? La Física dice...partículas:

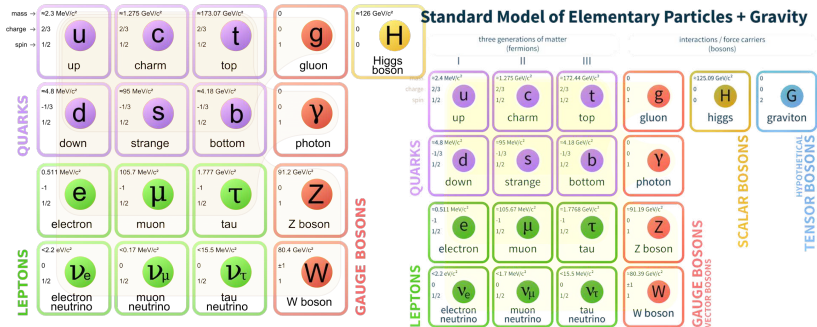


Figura: Modelo Estándar. La gravedad NO forma parte del Modelo Estándar (ME, SM). La gravitación se describe en la actualidad mediante una teoría relativista llamada Relatividad General, en su versión cosmológica se llama Modelo LCDM.

El Universo (IV)

¿De qué estamos hechos? La Cosmología dice sorprendentemente otra cosa:

The multiple components that compose our universe

Current composition (as the fractions evolve with time)

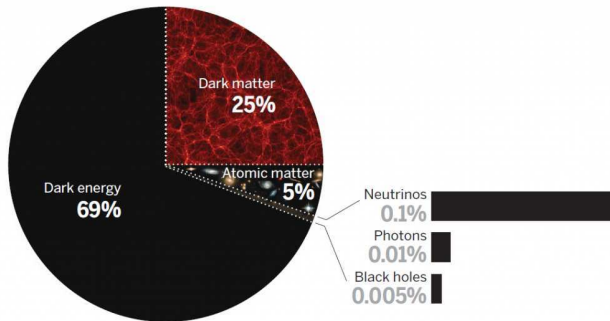


Figura: El Modelo LCDM. El Universo es esencialmente oscuro y *vacío*.

El Multiverso (I)

- El Multiverso NO es una teoría. Es un *escenario* que aparece en diferentes teorías científicas actuales desde el siglo XX. Cambia la noción de lo que es una simple teoría.
- El cambio de paradigma de un simple Universo a un escenario de múltiples Universos es conocido en Filosofía y religiones antiguas (especialmente no occidentales: budismo, hinduismo,...).
- Primer acercamiento: si el Universo es simplemente la región del espacio accesible a nuestras observaciones, conectada de forma causal, el Multiverso podría constituir el resto del Universo. Problema semántico aquí.
- ¿Es la hipótesis del Multiverso científica?

Orígenes

¿Somos observadores únicos de la realidad? ¿Hay otros mundos posibles? La respuesta es escéptica en general pero es científicamente abordable en la actualidad (búsqueda de vida y exoplanetas REAL).

- Anaximandro (s.VI a.C): pluralidad de mundos, que aparecen y desaparecen en movimiento eterno de generación y destrucción.
- Epicuro: idea de un número ilimitado de mundos que llena el vacío.
- Robert Grosseteste (s. XIII d.C): condensación de mundos diferentes o universos desde un tipo de explosión.
- G. Bruno: pluralismo cósmico infinito donde hay infinitos mundos habitables potencialmente.
- Emanuel Swedenborg (s. XVIII): modelo evolucionario de sistema solar, lleno de esferas celestiales con mundos similares al nuestro.
- Thomas Wright: galaxias como universos distantes.

El Multiverso (III)

- I. Kant: posible existencia de mundos habitables alrededor de otras estrellas. Actualización de ideas de Galileo y Copérnico en Cosmogonía.
- 1920s: gran debate Shapley vs. Curtis sobre la escala del Universo. Shapley: Vía Láctea ES el universo. Curtis: otras galaxias son como la nuestra y otras distintas.
- E. Hubble: ley de expansión cósmica (al albor de la Teoría de la Relatividad General). Hay galaxias muy lejanas ahí fuera. Gana Curtis.
- Metafísica de Leibniz: nuestro Universo es el mejor de un conjunto infinito posible (monadología). Schopenhauer le da la vuelta al argumento: nuestro mundo es el PEOR de todos los posibles porque si fuera ligeramente peor, la vida sería imposible.
- Concepto actual: el Universo está ajustado finamente para permitir la vida inteligente como la nuestra, al menos localmente. Un cambio de algunas constantes físicas hacen la vida como la conocemos imposible (¿hay otra vida posible?)

El Multiverso (IV)

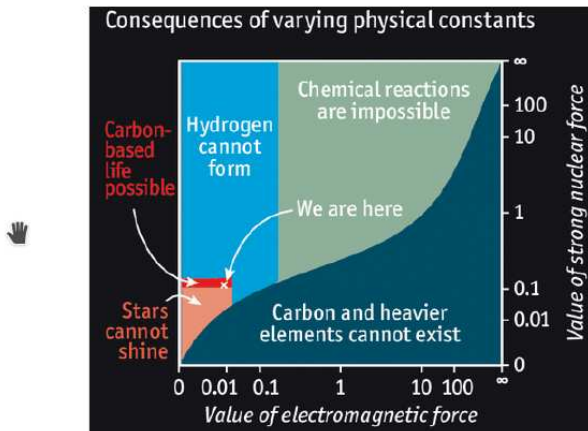


Figure 2. Fine-tuning of the parameters α and α_s . Life-permitting parameter zone of these constants is marked in red [65].

Figura: Vida y constantes físicas

El Multiverso (V)

- Definir Multiverso como el conjunto de Universos predichos por teorías subyacentes de la realidad que son posibles otorga cierta ambigüedad semántica al concepto, que resulta confuso y vago en su definición.
- Puesto que todo lo que existe está en cierto espacio-tiempo (sea éste eterno o no), si entendemos el conjunto de todo el espacio-tiempo puede que la definición de Multiverso sea irrelevante e inútil.
- Hay que incluir cierta noción de causalidad y conectividad a las variaciones de las leyes físicas para entender lo que significa el Multiverso (así como hoy día átomo no es algo indivisible).
- Rangos o clasificaciones de los Universos (Multiversos) de tipo jerárquicos son posibles. La más general y popular es la del cosmólogo Max Tegmark.

El Multiverso (VI)

Nivel uno

Este nivel básico de Multiverso incluye las partes o regiones de nuestro Universo no accesibles a nosotros. Es lo que se llama volumen de Hubble no observable (pero existente). Se debe a la inflación cósmica primordial. Aparecen y desaparecen objetos de nuestro horizonte observable (esencialmente 100 yottámetros).

Nivel dos

Incluye regiones donde, a diferencia del nivel anterior, las constantes físicas son DIFERENTES, aunque las leyes dinámicas son las mismas.

Nivel tres

Comprende la interpretación de Everett de la Mecánica Cuántica, denominada de las historias múltiples o "many worlds". Es una simple realización del denominado Principio totalitario de Gell-Mann: todo lo que no está prohibido es obligatorio (aunque no sea observable). Es cierta reformulación particular de la ley clásica que indica que todo lo puede ocurrir acabará ocurriendo con un número suficiente de experimentos (cuánticamente hay siempre infinitas posibilidades que solamente actualizamos durante las medidas).

Nivel cuatro

Todos los posibles universos matemáticos y estructuras posibles ideales (consistentes o no) existen aquí. Puede verse como una generalización del idealismo platónico donde el mundo ideal tiene realidad propia multiversal.

¿Qué dice la Física actual?

- Interpretación de Everett de los universos múltiples es una explicación coherente del problema de la medida cuántica, aunque no exenta de crítica y controversia por la inobservabilidad (a priori) de los Universos ramificados. Sin embargo, ofrece una explicación/definición definitiva (para algunos) de la Realidad: el Multiverso es el conjunto de la superposición de todas las diferentes configuraciones (y posiblemente geometrías y topologías) de historias cuánticas, sometidas a un conjunto de procesos de bifurcación y ramificación por la presencia de observadores.
- Inflación: teoría que indica que el Universo sufrió, a principio de su historia cósmica actual, una superexpansión que explicaría un gran número de anomalías inexplicables: planitud cósmica (en entredicho últimamente), estructura de homogeneidad e isotropía a gran escala, el problema del horizonte y otros varios. El escenario más simple, de inflación caótica, permitiría crear diferentes burbujas inconexas y regiones causalmente desconectadas de nosotros, con otras constantes y quizás leyes similares.

¿Qué dice la Filosofía?

- Popper no puede falsar a prior la hipótesis del Multiverso, aunque SÍ puede descartar ciertos escenarios o niveles Tegmarkianos de Universos mediante combinaciones de verificaciones y falsaciones.
- Kuhn: el modelo cosmológico estándar está siendo testado en la actualidad (con sorpresas recientes acerca la de planitud del Universo).
- Lakatos (Laudan): las hipótesis degenerativas de algunos programas de investigación destaca que las hipótesis auxiliares (materia y energía oscuras) pueden salvar el paradigma o acabar por tumbarlo (e.g.: isotropía o no planitud cósmica en Cosmología). El Multiverso es actualmente una hipótesis auxiliar y no un programa de investigación propio. Es quizás una tradición investigadora del último tercio del s.XX, al albor de la Cosmología Cuántica.

¿Qué dice la Filosofía?(II)

- Feyerabend: el Multiverso es un consenso social actual, una ideología adoptada como la comunidad científica moderna.
- Bayesianismo: destaca que encuentra en el Multiverso las mismas clases de problemáticas que en el problema de la medida cuántica (inherente a la existencia última de la realidad y su definición). Sin embargo, destaca que el problema de la medida puede ser resuelto si adoptamos un principio de mediocridad (la distribución más densa en la más probable y donde residen las medidas observadas en general). Una aplicación ingenua del bayesianismo puede provocar que su probabilidad es 93.75 % ($P = 1 - (0,5)^4$), aunque esta estimación de Polchinski es ad hoc. El riesgo de aceptar el bayesianismo más teorismo sobre el empirismo se refleja en algunas paradojas que conducen a la “comprobación” de teorías falsadas (e.g.: desintegración del protón).

Posibles tests de teorías del Multiverso: usar CMB y existencia de puntos fríos o círculos (cosmología CCC de Penrose).

La Naturaleza de la Realidad

Problema de la medida

El problema de la medida cuántica indica que hay un problema acerca de la percepción y funcionamiento de la Realidad. Hay medidas que solamente se entienden en relación a un *contexto*.

Constituyentes de la Realidad

La Naturaleza cuántica de la materia y la energía es solamente un 5 % del Universo (Multiverso) conocido. Hay campos cuánticos en un espacio-tiempo CLÁSICO.

Reto: descripción mecanocuántica del espacio-tiempo.

REALIDAD: campos cuánticos (y vacío) y espacio-tiempo. No todos los procesos cuánticos son reales, algunos son VIRTUALES.

La Naturaleza de la Realidad(II)

Testabilidad de la vida y el Multiverso

La noción de Multiverso pone en posición aún más mediocre e insignificante a la Humanidad, y las formas y definiciones tradicionales de vida puede no apliquen universalmente, sino contextualmente o localmente. La vida puede ser simplemente ubicua o temporal en ciertos estadios del Universo y ciertas regiones, o existir en forma no podemos imaginar en estos momentos.

Posibilidad de la vida interuniversos es también polémica. ¿Qué es la vida? ¿Puede existir otra clase de vida en otros Universos/burbujas?

Aunque la Teoría de la Relatividad e incluso la Mecánica Cuántica permiten topologías múltiplemente conexas (y objetivos como agujeros de gusano interconectar regiones lejanas desconectadas causalmente), la probabilidad de estas conexiones debe ser bayesianamente baja.

Superdeterminismo

- En la forma que se enseña, la Mecánica Cuántica tiene dos ingredientes dinámicos: la ecuación de Schrödinger y la prescripción o postulado de la medida. El postulado de la medida es una proyección sobre un autoestado del detector, seguido de una renormalización a la unidad del vector de estado.
- El postulado de la proyección o la medida, a diferencia de otras operaciones cuánticas, no es un operador unitario. Preserva la probabilidad pero no es reversible ni lineal. El postulado de la medida se llama también hoy día postulado de la actualización o colapso de la función de onda o reducción del vector de estado.
- La Mecánica Cuántica podría ser la versión lineal probabilística de una teoría subyacente no lineal determinista. Aunque también una teoría no lineal no determinista.

Superdeterminismo (II)

- Más allá de las interpretaciones de Copenhague y el Multiverso de Everett, existe la posibilidad de que en última instancia exista lo que se denomina superdeterminismo.
- Una teoría superdeterminista es una teoría ψ -epistémica, determinista, que viola la denominada Independencia Estadística pero es local en el sentido de que no hay acción a distancia y respeta la Continuidad de la Acción. Psi-epistémica significa que la función de onda no representa la Realidad, no es óptica. Las teorías Psi-epistémicas pueden también ser aproximaciones a teorías más fundamentales que sí podrían representar la Realidad Final, simplemente no hemos podido acceder a esa última capa aún.
- Una teoría es determinista si conociendo el valor de un observable para tiempo t , puede conocerse para tiempo $t' > t$ y además invertirse temporalmente.

Superdeterminismo (III)

- La violación del postulado de independencia estadística significa que las variables ocultas que describen la Realidad Final no son independientes del estado del detector.
- El superdeterminismo, mal entendido, puede implicar retrocausalidad (aunque no se llega a dar en ningún modelo realista), y el fin de la Libre Voluntad (Free Will/Free Choice).
- Un ejemplo de modelo superdeterminista son los Autómatas Celulares.
- El superdeterminismo no es actualmente aceptado en la Comunidad Cuántica por sus implicaciones radicales en la historia del Universo (podría implicar la total predeterminación de los fenómenos desde el instante de creación del Universo). Sin embargo, plantea soluciones simples a algunas problemáticas no resueltas en las interpretaciones actuales.

Hipótesis sobre el principio del Universo (Multiverso)

- **El Universo ecpirótico.** Ejemplos: modelo de Steinhardt–Turok, modelo de energía fantasma de Baum–Frampton, modelos de gas de cuerdas y branas,...
- **Cosmología cíclica conforme de Penrose.** Usa teoría de (super)twistores.
- **Silencio asintótico** de Loop Quantum Gravity y Causal Dynamic Triangulation (CDT) models.
- Hipótesis de **ausencia de frontera** o no contorno de Hawking-Hartle.
- El Universo=máquina de tiempo autoconsistente, o modelo de Gott.
- El Universo cíclico (o no cíclico) como explosión de un **gas de agujeros negros** 4D o multidimensional previo.
- El Universo como parte de un Multiverso eterno con inflación eterna dentro de otras capas de Universo, bien de leyes dinámicas variables, bien como parte de la intepretación de las historias múltiples o de la hipótesis del Universo como simulación.

Hipótesis sobre el final del Universo (Multiverso)

- **El Big Freeze (Big Chill).** Muerte térmica del Universo (Multiverso).
- **El Big Crunch.** Recolapso.
- **El Big Rip.**
- **El Little Rip.** Variante menos dramática del Big Rip.
- **El Big Slurp (Big Decay).** El Universo actual u otros podrías ser metaestables en un estado de “falso vacío”.
- El Universo=máquina de tiempo autoconsistente, o modelo de Gott.
- El Universo como un gas de agujeros negros que finalmente se evaporan en radiación.
- El Universo como parte de un Multiverso eterno cíclico con inflación eterna dentro de otras capas de Universo, bien de leyes dinámicas variables, bien como parte de la interpretación de las historias múltiples o de la hipótesis del Universo como simulación.

Materia-energía y espacio-tiempo.

- La materia y la energía están hechas de partículas (ondas).
- Las partículas viven en el espacio-tiempo.
- La materia-energía son campos cuánticos, fermiones y bosones.
- El espacio-tiempo... También es un campo. Clásicamente es un “métrica”.
- En síntesis, estamos hechos de “campos” (cuánticos/clásicos).
- Teoría actual: QFT+LCDM (GR), campos cuánticos más gravitación sin cuantizar (no trivial).
- El elemento fundamental de las teorías físicas, que se manifiesta en diversos “tipos” de campos, es el CAMPO.
- Esperanza: **Teoría Unificada del Campo (Einstein y otros).**

El campo y el vacío.

- El campo $\phi(X)$ admite una modelización matemática mediante funciones continuas, diferenciables, en cierta variedad.
- Los campos obedecen ciertas ecuaciones dinámicas (Maxwell, YM, SM, EFE, LCDM,...) y ecuaciones de onda.
- Las partículas son excitaciones de los campos, que poseen un “vacío”.
- El vacío y los campos poseen ciertas simetrías o invarianzas.
- Problema: el vacío cuántico con la gravedad presente NO se entiende.
- Problema (II): hay campos que no proceden de ninguna simetría o invariancia obvia.
- Problema (III): las teorías actuales fallan cuando la gravedad se torna importante, y/o en situaciones de alta densidad .

En síntesis: la respuesta a la pregunta de qué estamos hechos nosotros y el Universo/Multiverso admite hoy una respuesta simple: campos y simetrías en un espacio-tiempo (que es también un campo).

El campo y el vacío(II)

- El concepto de vacío es clásicamente bien definido, la solución o conjunto de soluciones que satisfacen las ecuaciones dinámicas sin *fuentes* del campo.
- El vacío cuántico es un concepto mal definido y no se sabe definir con precisión. Puede ser estado de mínima energía, invariante bajo ciertas transformaciones de simetría o invarianza.
- Nociones problemáticas del vacío cuántico: no unicidad (degeneración, falsos vacíos, landscape/Swampland en Teoría de Cuerdas), metaestabilidad (densidad de energía incontrolable por fluctuaciones cuánticas), gravitación del vacío(paradoja de la información, estado cuántico de la gravedad), simetrías asintóticas y ocultas, relatividad (dos observadores pueden ver diferentes vacíos: efecto Unruh).
- Efectos de vacío (comprobados o casi, asumidos como ciertos) en teorías conocidas: efecto Lamb, efecto Schwinger, efecto Casimir,efecto Hawking,...

Qbismo: bayesianismo cuántico avanzado

Hay problemas conceptuales con la Mecánica Cuántica, como hemos visto.

QBismo

- QBismo es una versión high-tech del Bayesianismo cuántico que pone el concepto de “experiencia” como asunto básico de la Ciencia.
- El QBismo rechaza la idea de que el estado cuántico represente una descripción OBJETIVA de un sistema.
- El QBismo propone que el estado cuántico es un instrumento para asignar una probabilidad SUBJETIVA a la(s) experiencias futuras de un “agente”. La Mecánica Cuántica no dice nada del mundo externo.
- Una medida es un caso especial de “experiencia”, siendo una medida una acción de un agente sobre el mundo externo.
- El resultado de una medida es la experiencia del agente de su acción sobre su mundo personal. El QBismo tiene diferentes versiones, desde la instrumentalista hasta una radical donde el observador juega un papel privilegiado, pero no permite influencias no locales.

Theory of Everything/TOE/Teoría del Todo

- TOE es otro nombre para la Teoría del Campo Unificado que soñó Einstein.
- Es actualización moderna de lograr conocer de forma reduccionista la Naturaleza última de la Realidad y sus constituyentes fundamentales.
- Según la Teoría del Todo, todas las fuerzas y partículas deben ser manifestaciones diferentes a baja energía de una sola teoría subyacente, y un único campo o fuerza fundamental a altas energías (temperaturas).
- No se conoce hoy día los principios o ecuaciones definitivas de esta teoría o de la gravedad cuántica, pero los enfoques más modernos usan teoría de (super)cuerdas y (super)p-branas, dualidades (equivalencias), dimensiones adicionales, el principio holográfico, y herramientas matemáticas muy sofisticadas.

Ejemplos de TOEs

- Supercuerdas, Teoría M(F, S,...). Teoría de campos (super)conformes.
- Loop Quantum Gravity, gravitación cuántica de bucles.
- Teoría de twistores/supertwistores/hipersupertwistores.
- Extensiones de la teoría de la Relatividad y (super)gravedad.
- Teorías preónicas y de composición.
- Teorías subcuánticas.

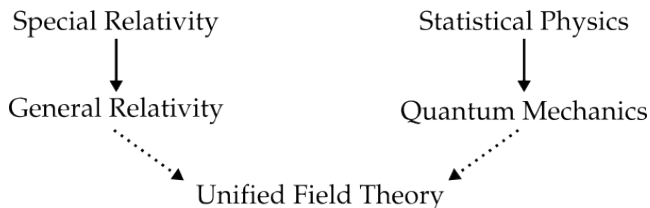


Figura: El camino hacia la Unificación Final.

El sueño de Einstein y sus intentos finales

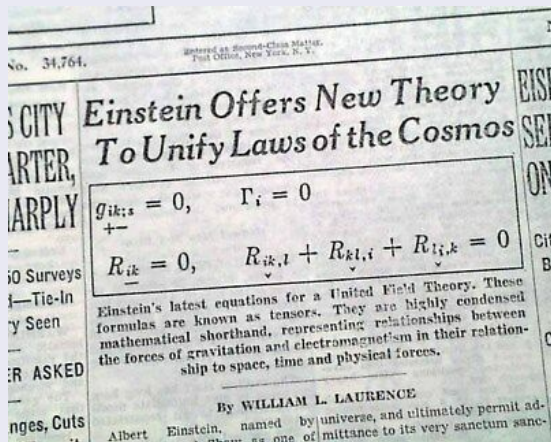


Figura: UFT de Einstein.

El intento de W. Heisenberg, 1958: Weltformel



Figura: Teoría del espinor no lineal con autointeracciones cuárticas.

TOE in a nutshell

Unified Field Theory

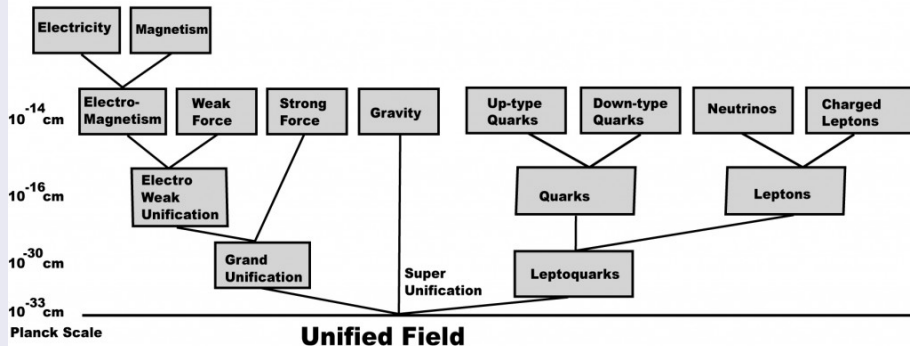


Figura: Theory of Everything.

TOE: contenidos y...¿Nueva Filosofía?

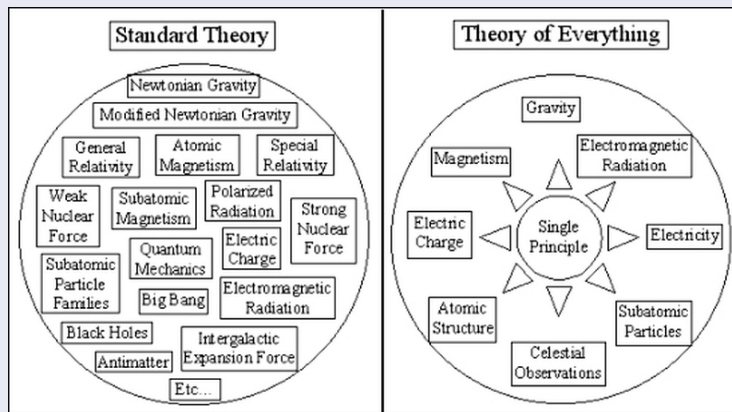


Figura: Contenidos de una TOE.

TOE: el intento de la teoría de supercuerdas/teoría M

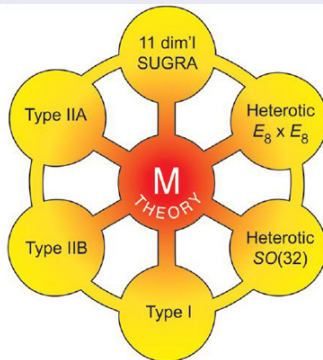


Figura: Teoría M y cuerdas.

TOE: el intento de la teoría de supercuerdas/teoría M(II)

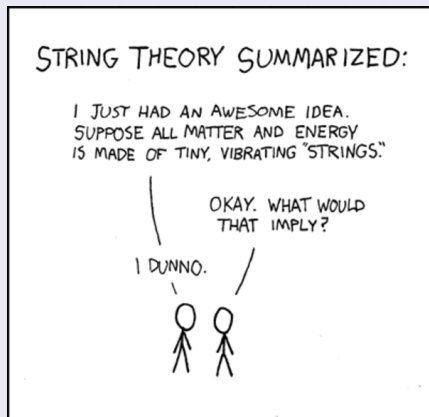


Figura: ¿Qué es la teoría de cuerdas/M?

La Teoría del Todo(IX)

TOE: el intento de la teoría de la información

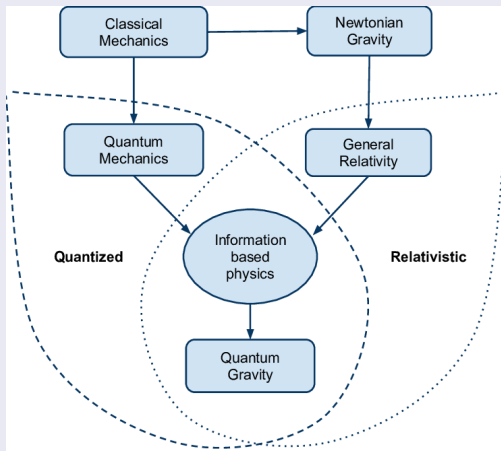
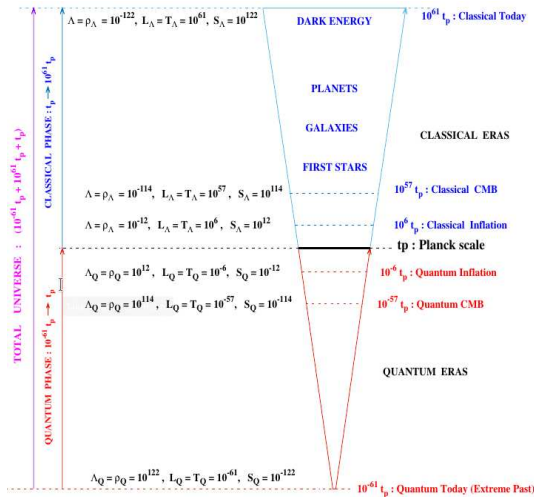


Figura: Todo es información.

La historia total de nuestro Universo



THE TOTAL HISTORY OF THE UNIVERSE

Números cósmicos(I)

$$M_J = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 G}} = 10^{-7} g, \quad (1)$$

$$L_J = \sqrt{\frac{Ge^2}{4\pi\epsilon_0 c^4}} = 10^{-37} \text{ m}, \quad (2)$$

$$t_J = \sqrt{\frac{Ge^2}{4\pi\epsilon_0 c^6}} = 3 \times 10^{-46} \text{ s}. \quad (3)$$

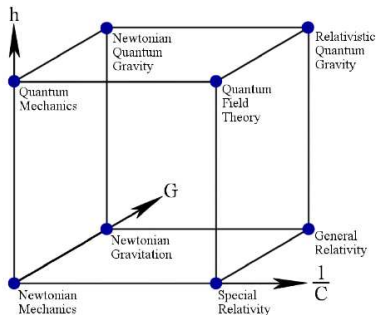


Figure 1. Bronshtein-Zelmanov-Okun cube, or the cube of the physical theories [11]. Three orthonormal axes are marked by $1/c$, h and G . The vertex $(0,0,0)$ corresponds to non-relativistic mechanics; $(c,0,0)$ to special relativity; $(0,h,0)$ to non relativistic quantum mechanics; $(c,,h,0)$ to quantum field theory; $(c,0,G)$ to general relativity, (c,h,G) to relativistic quantum gravity.

Números cósmicos (II)

$$\begin{aligned}M_{pl} &= \sqrt{\frac{hc}{G}} = 5.56 \times 10^{-5} g, \\L_{pl} &= \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 4.13 \times 10^{-35} m, \\t_{pl} &= \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 1.38 \times 10^{-43} s, \\T_{pl} &= \sqrt{\frac{hc^5}{k^2 G}} = 3.5 \times 10^{32} K.\end{aligned}$$

Figura: El cubo (parte II). G relaciona materia-energía con geometría espacio-tiempo. c relaciona espacio y tiempo. h relaciona energía y frecuencia. k (Boltzmann) relaciona entropía y constituyentes atómicos o energía y temperatura, K_C relaciona carga-energía con geometría YM, Λ relaciona vacío con energía y escalas cósmicas.

$$\begin{aligned}M_{pl} &= \sqrt{\frac{hc}{G}} = 5.56 \times 10^{-5} g, \\L_{pl} &= \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 4.13 \times 10^{-35} m, \\t_{pl} &= \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 1.38 \times 10^{-43} s, \\T_{pl} &= \sqrt{\frac{hc^5}{k^2 G}} = 3.5 \times 10^{32} K.\end{aligned}$$

Figura: El cubo (parte II)

Cosmic views(III)

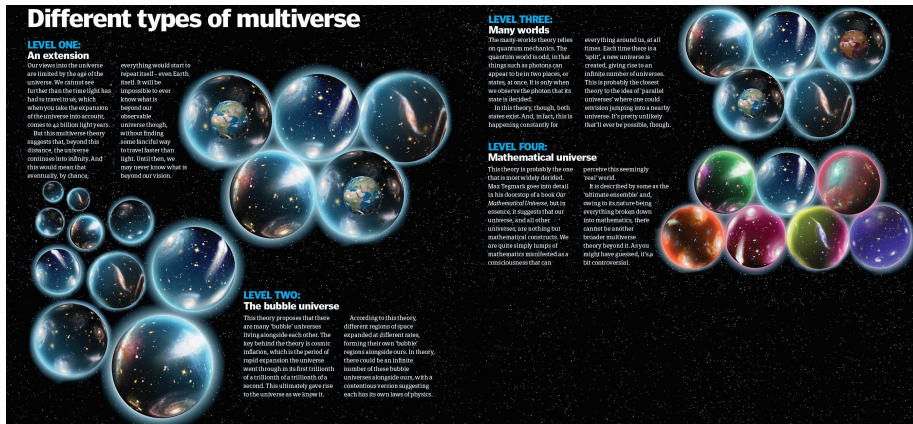


Figura: Tipos de Multiverso.

Arguments for and against the multiverse

FOR

Cosmic inflation

Our universe grew exponentially in the first moments of its existence, but was this expansion uniform? If not, it suggests different regions of space grew at different rates – and may be isolated from one another.

Mathematical constants

How are the laws of our universe so exact? Some propose that this happened only by chance – we are the one universe out of many that happened to get the numbers right.

The observable universe

What is beyond the edge of the observable space around us? No one knows for sure, and until we do (which could be never), the thought that our universe extends infinitely is an interesting one.

AGAINST

Falsifiability

There is no way for us to ever test theories of the multiverse. We will never see beyond the observable universe, so if there is no way to disprove the theories, should they be given credence?

Occam's razor

Sometimes, the simplest ideas are the best. Some physicists argue that we don't need the multiverse theory at all. It doesn't solve any paradoxes, and only creates new complications.

No evidence

Not only can we not disprove any multiverse theory, we can't prove them either. We currently have no evidence that multiverses exist, and everything we can see suggests there is just one universe – our own.

Figura: A favor y en contra de la hipótesis de Multiverso.

The multiverse hierarchy: level 1

If the big bang started with a period of inflationary growth, there would be a multitude of universes a lot like ours – but with different arrangements of matter



Our universe

42 billion light years across – the distance light has travelled in our expanding universe

Physics:

Like ours, but with all possible initial conditions and histories replicated an infinite number of times

Support:

Plays to the idea of the principle of mediocrity – that there's nothing special about the universe we see

Relationships:

All level 1 universes bear a family resemblance to ours and to each other

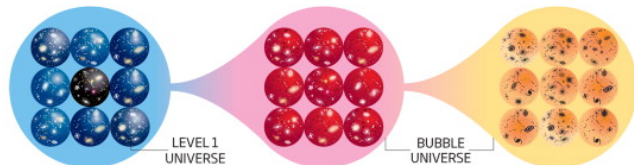
Connections:

Since everything that can happen in our universe has happened in some other level 1 universe, there may be a direct connection between level 1 and level 3 quantum multiverses

Figura: Multiverso: nivel 1.

The multiverse hierarchy: level 2

In the theory of eternal inflation, the space between universes continues to expand, and a limitless number of new "bubble" universes, with very different properties, continue to form. Each bubble universe contains an infinite number of its own level 1 universes



Physics:

Other bubble universes exhibit different laws of physics and have different dimensionality, particles, constants and forces to those seen in our universe. We might eventually discover that all these parameters flow from the same "theory of everything"

Support:

Inflation explains the uniformity and flatness of our universe and details of the cosmic microwave background. Eternal inflation implies bubble universes and provides a way of supplying string theory with the many universes it demands

Relationships:

Level 2 universes vary greatly. They represent separate bubbles or domains with different properties, and are separated from each other by inflating space

Connections:

Level 2 includes all possible level 1 universes plus an enormous variety of much stranger universes. Since everything that can happen in a particular level 2 universe has happened in other universes, level 2 may also correspond to the universes in the level 3 quantum multiverse

Figura: Multiverso: nivel 2.

The multiverse hierarchy: level 3

The many-worlds interpretation of quantum mechanics suggests a continually branching series of multiverses

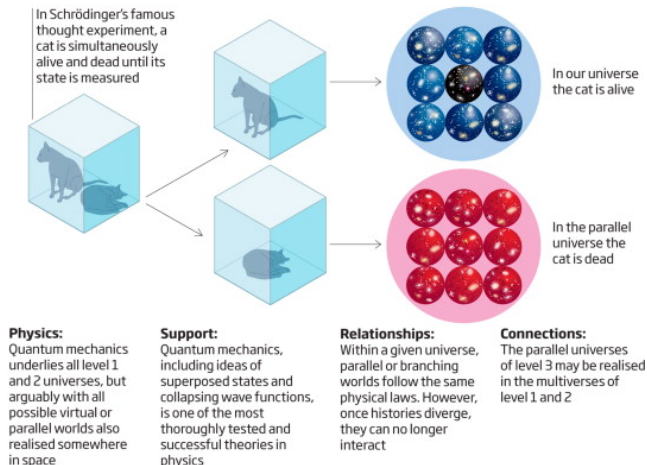


Figura: Multiverso: nivel 3.

The multiverse hierarchy: level 4

If our universe is just a simulation, there could be infinitely many kinds of universes that differ in arbitrary ways from ours



Physics:
Anything goes

Support:
None. The idea is that long-lived technological civilisations will probably command vast computing power and may choose to run multiple "ancestor simulations" which will soon outnumber natural universes. There may be a one-to-one relationship between mathematics and reality: every conceivable mathematical system may represent a real universe

Relationships:
Arbitrary or non-existent

Connections:
Level 4 must contain the ultimate theory of everything. If so, there's no level 5

Figura: Multiverso: nivel 4.

Cosmic views(IX)

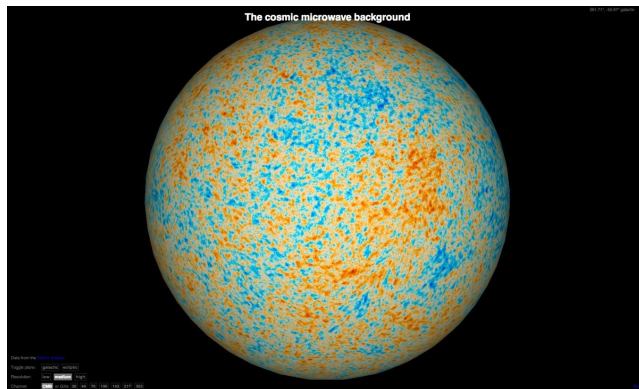


Figura: El Fondo Cósmico de Microondas, Cosmic Microwave Background (CMB).

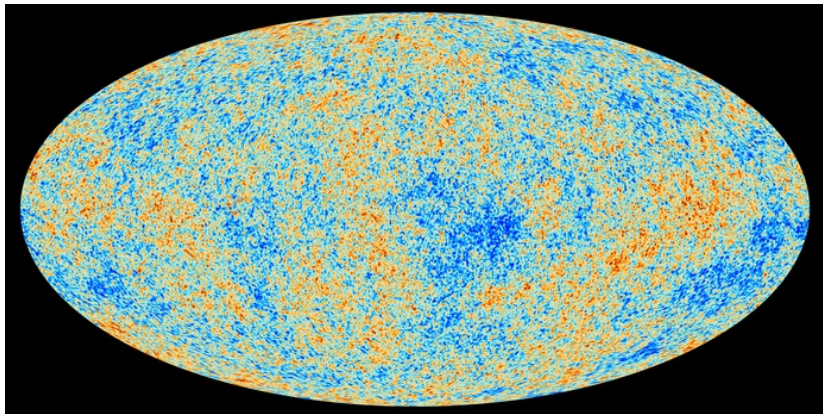


Figura: Detalles del CMB.

Las estrellas

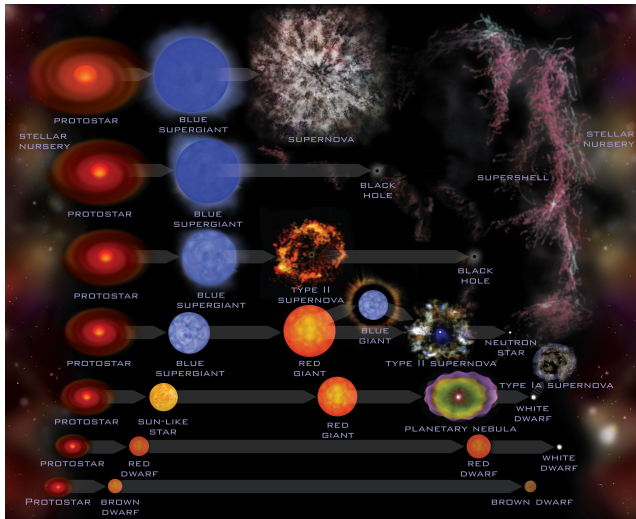


Figura: Destinos de las estrellas según su masa.

Las estrellas(II): diagrama HR

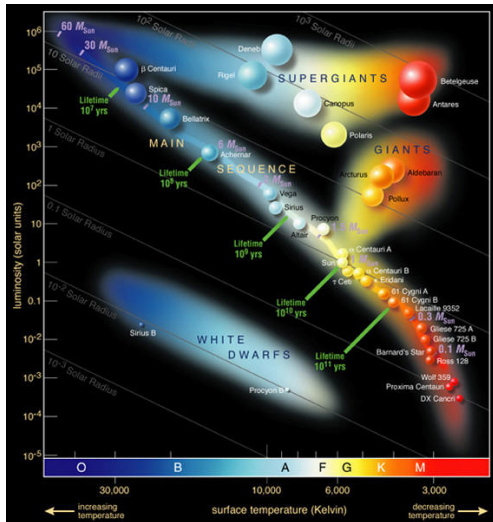


Figura: Diagrama HR. Masa y luminosidad de las estrellas están relacionadas.

Galaxia en diferentes longitudes de onda



Figura: Aspecto de una galaxia en diferentes longitudes de onda EM.

Cosmic views: The Big Bang Theory

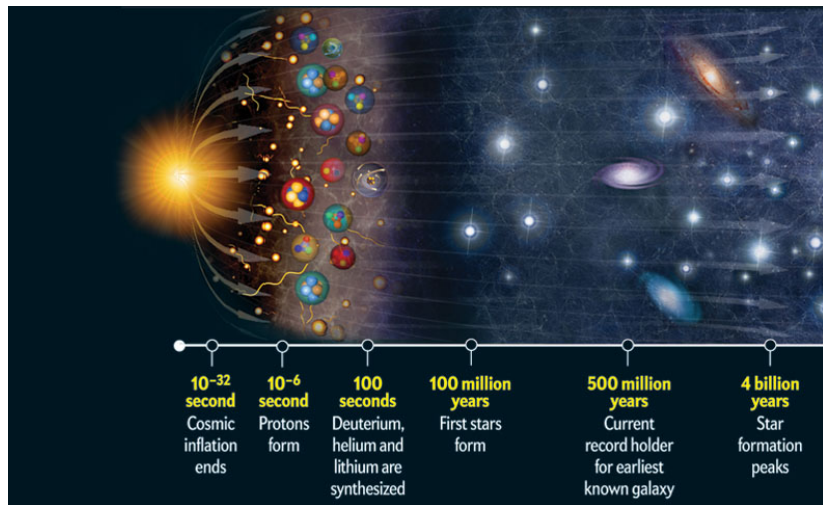


Figura: Del Big Bang hasta la actualidad.

Cosmic views: The Big Bang Theory(II)

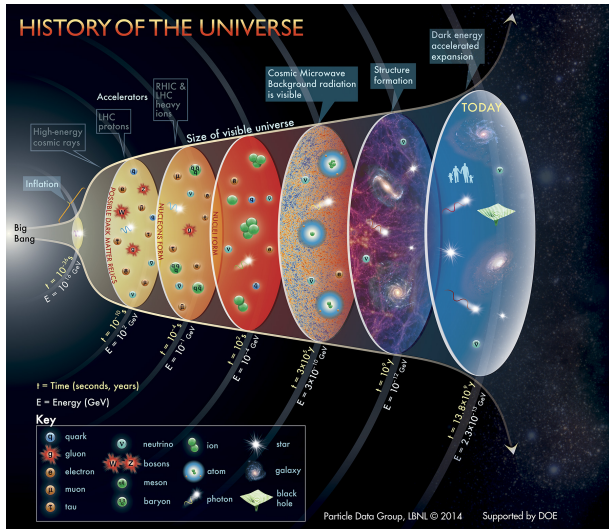


Figura: Del Big Bang hasta la actualidad.

Cosmic views: through Gravitational Waves

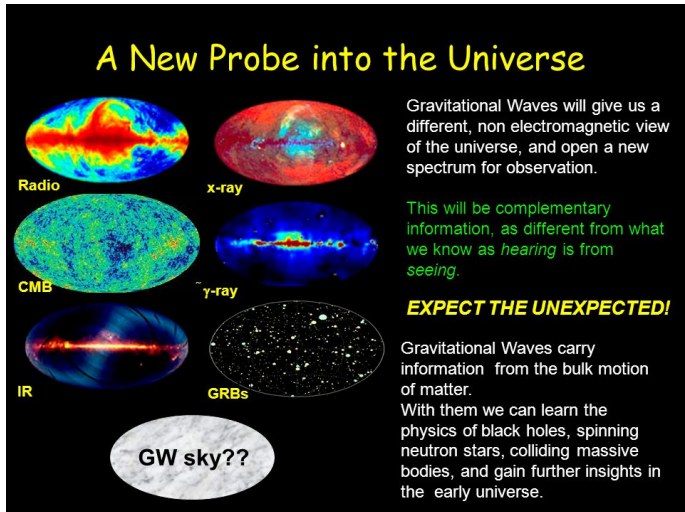


Figura: Hacia el cielo en ondas gravitacionales.

Cosmic views: the GW spectrum

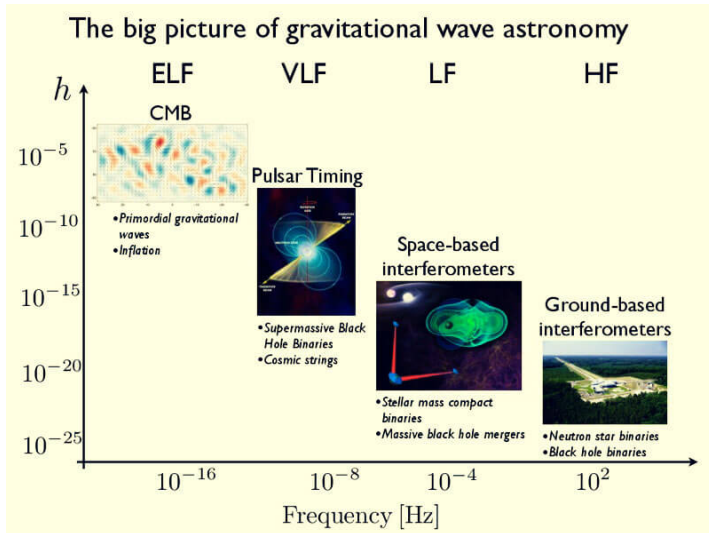


Figura: El espectro de ondas gravitacionales.

Cosmic views: the GW spectrum(II)

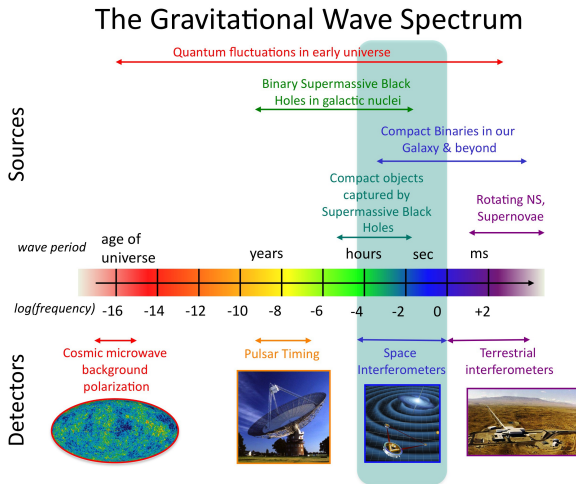


Figura: Espectro gravitacional.

Cosmic views: the GW spectrum(III)

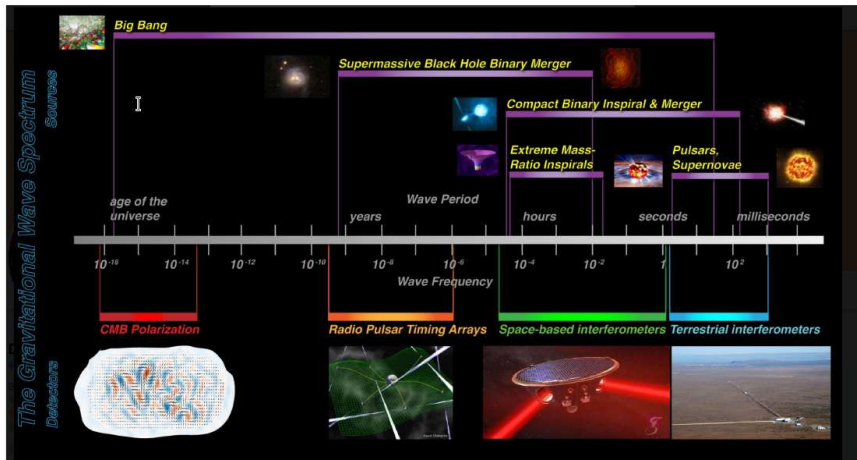


Figura: GW details.

Cosmic views: neutrinos

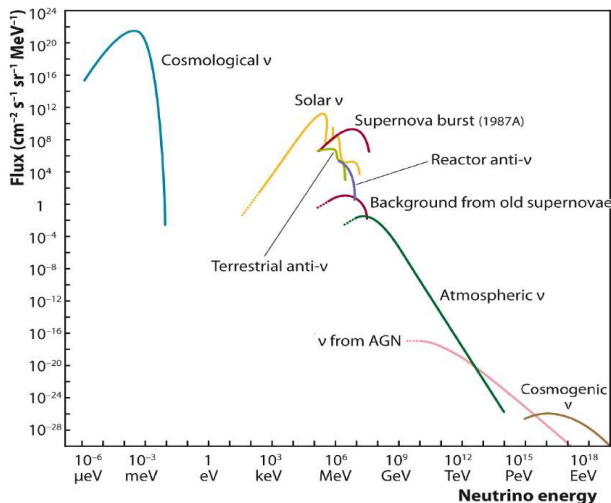


Figura: Los ν cosmogénicos provienen de colisiones de rayos cósmicos de ultra alta energía y el CMB, los ν cosmológicos primer segundo de vida del Universo.

Cosmic views: neutrinos(II)

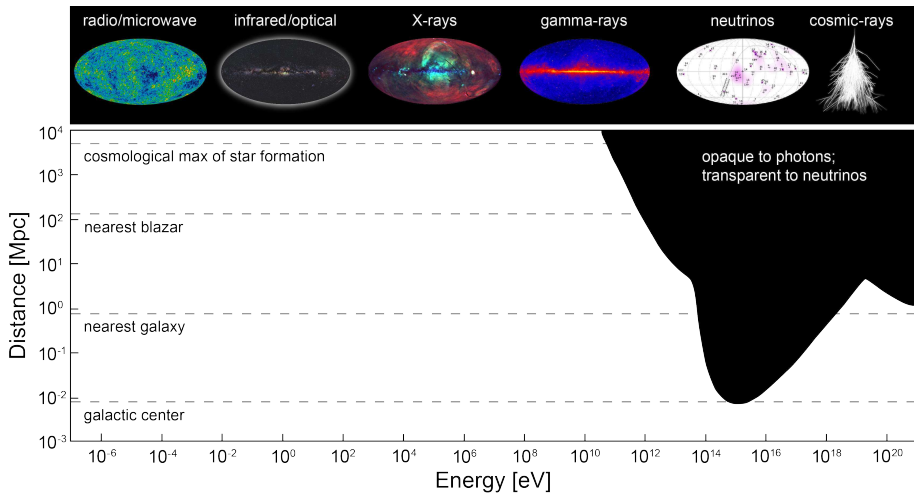


Figura: Los neutrinos importan...

Cosmic views: EM spectrum

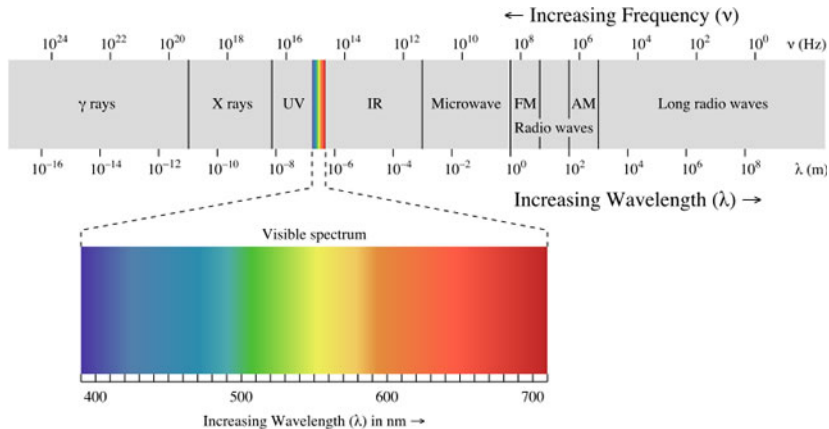


Figura: El espectro EM.

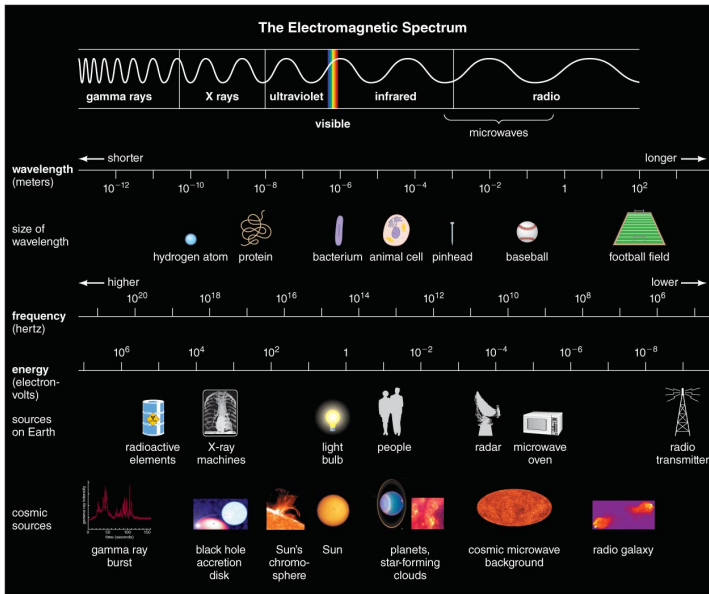


Figura: Fuentes del espectro EM.

Cosmic views: EM spectrum(I)

Table 1: Typical frequencies, energies and wavelengths of the electromagnetic spectrum.

band	frequency [Hz]	energy [eV]	wavelength [m]
γ -rays	ZHz = 10^{21} Hz	4 MeV = 4×10^6 eV	3×10^{-13} m
soft <i>x</i> -rays	EHz = 10^{18} Hz	4 keV = 4×10^3 eV	3×10^{-10} m
ultraviolet	PHz = 10^{15} Hz	4 eV	3×10^{-7} m
infrared	THz = 10^{12} Hz	4 meV = 4×10^{-3} eV	3×10^{-4} m
microwaves	GHz = 10^9 Hz	4 μ eV = 4×10^{-6} eV	0.3 m
radio waves (HF)	MHz = 10^6 Hz	4 neV = 4×10^{-9} eV	300 m
radio waves (LF)	kHz = 10^3 Hz	4 peV = 4×10^{-12} eV	3×10^5 m
low frequency waves	Hz	4 feV = 4×10^{-15} eV	3×10^8 m

Figura: Ondas EM y espectro.

Cosmic views: H atom orbitals (theory)

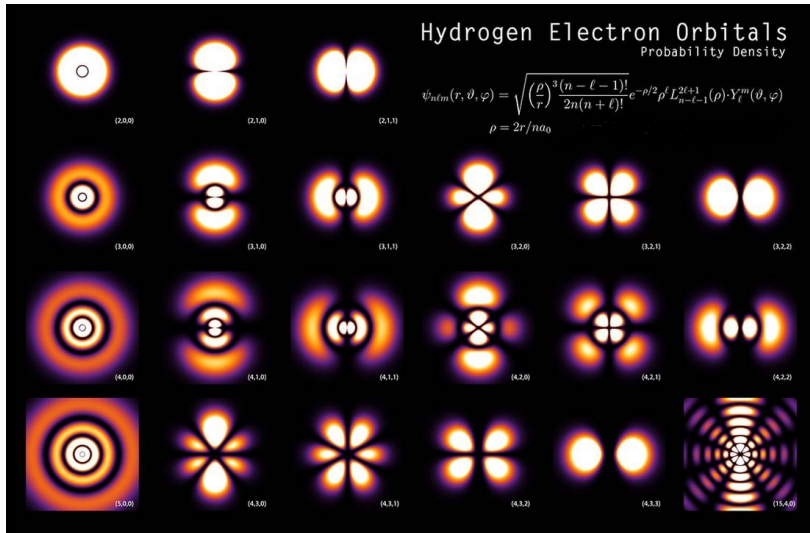


Figura: Orbitales del átomo de hidrógeno.

Cosmic views: H atom orbitals (experiment)

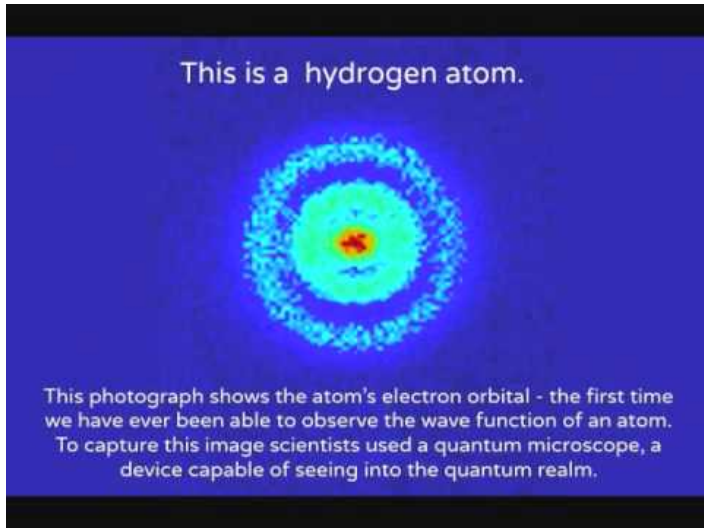


Figura: Imagen de un átomo de hidrógeno de un microscopio cuántico.

Cosmic views: H atom orbitals (experiment)

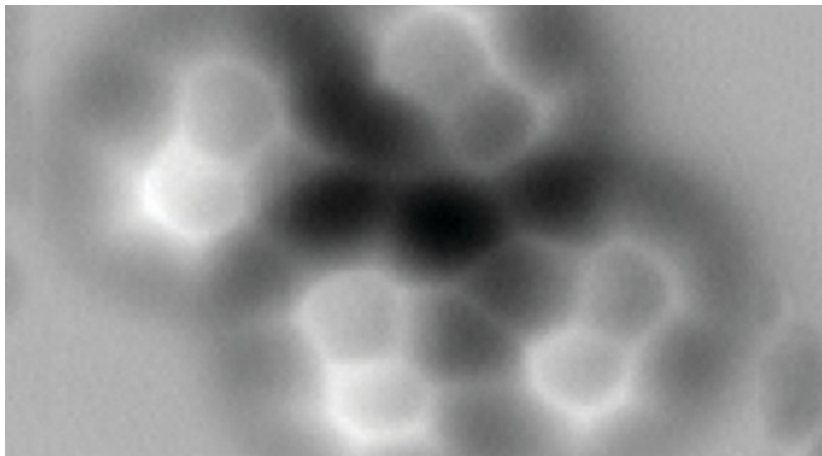


Figura: Foto de un enlace de hidrógeno (real).

Cosmic views: los orbitales atómicos(I)

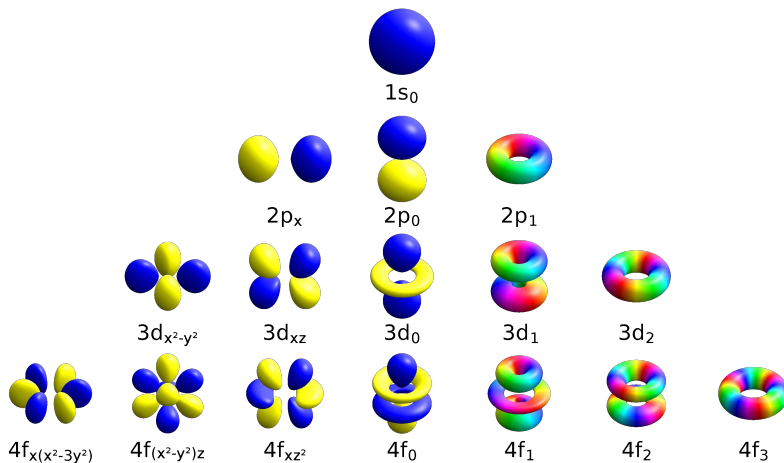


Figura: Orbitales. Tipos.

THE spdf ORBITALS

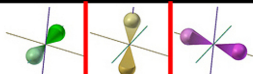
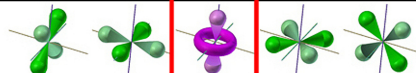
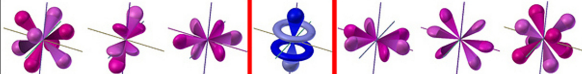
SET	INDIVIDUAL ORBITALS						COLLECTIVE
s							
p							
d							
f							

Figura: Orbitales. Tipos y detalles.

Cosmic views: la espuma espacio-temporal

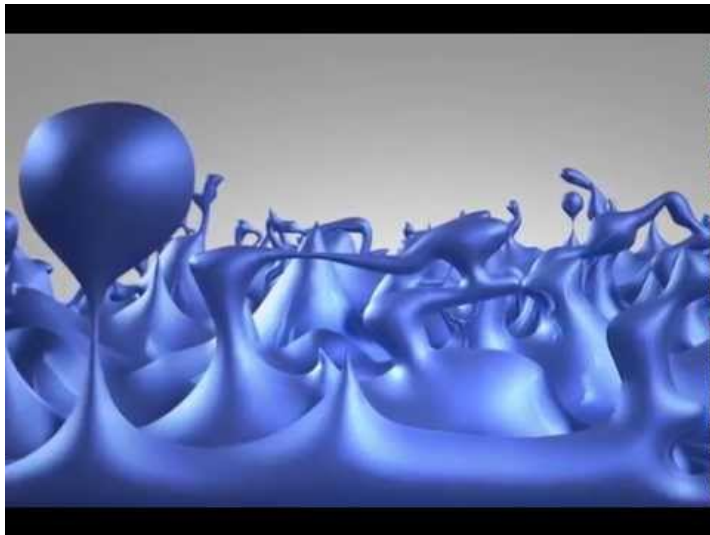


Figura: La espuma espacio-temporal de Wheeler.

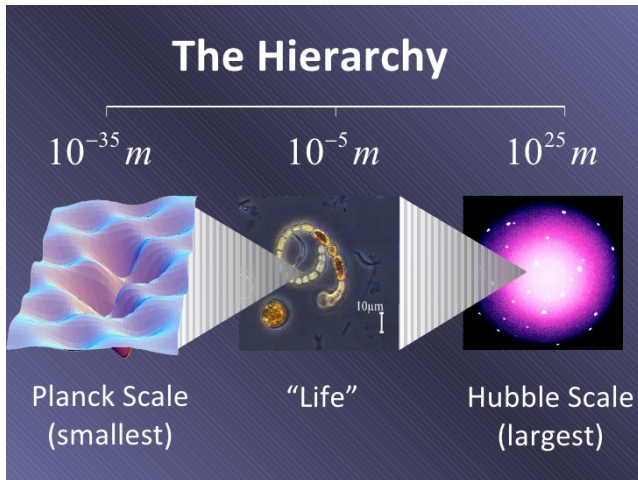


Figura: De la longitud de Planck al borde del Universo conocido.

The Will of Belief (W. James, 1896)

- Live and dead hypotheses – “deadness and liveness [...] are measured by [a thinker’s] willingness to act. The maximum of liveness in a hypothesis means willingness to act irrevocably”
- Option – “the decision between two hypotheses”
- Living and dead option – “a living option is one in which both hypotheses are live ones”
- Forced and avoidable option – an option for which there is “no possibility of not choosing”
- Momentous and trivial option – an “option is trivial when the opportunity is not unique, when the stake is insignificant, or when the decision is reversible if it later proves unwise”
- Genuine option – “we may call an option a genuine option when it is of the forced, living, and momentous kind”
- Belief – “A chemist finds a hypothesis live enough to spend a year in its verification: he believes in it to that extent.”

The Will of Belief (W. James, 1896), part (II).

- James here seems to reject doxastic voluntarism, “the philosophical doctrine according to which people have voluntary control over their beliefs”.
- “Our passional nature not only lawfully may, but must, decide an option between propositions, whenever it is a genuine option that cannot by its nature be decided on intellectual grounds; for to say under such circumstances”, “Do not decide, but leave the question open, is itself a passional decision—just like deciding yes or not—and is attended with the same risk of losing truth.”
- James makes a distinction between a skepticism about truth and its attainment and what he calls “dogmatism”: “that truth exists, and that our minds can find it”. Concerning dogmatism, James states that it has two forms; that there is an “absolutist way” and an “empiricist way” of believing in truth.

The Will of Belief (W. James, 1896), part (III).

- James states: “The absolutists in this matter say that we not only can attain to knowing truth, but we can know when we have attained to knowing it, while the empiricists think that although we may attain it, we cannot infallibly know when.” James then goes on to state that “the empiricist tendency has largely prevailed in science, while in philosophy the absolutist tendency has had everything its own way”.
- James concludes: “There are, then, cases where a fact cannot come at all unless a preliminary faith exists in its coming. And where faith in a fact can help create the fact, that would be an insane logic which should say that faith running ahead of scientific evidence is the lowest kind of immorality into which a thinking being can fall.”
- “In truths dependent on our personal action, then, faith based on desire is certainly a lawful and possibly an indispensable thing.” James then goes on to argue that, like the examples he gave in section IX of *The Will of Belief*, religious belief is also the sort of belief that depends on our personal action and therefore can also justifiably be believed through a faith based on desire.

The Will of Belief (W. James, 1896), part (IV).

- *The Will to Believe* appears often in both his earlier and later work. James himself changed the name of the doctrine several times. First appearing as “the duty to believe”, then “the subjective method”, then “the will to believe”, it was finally recast by James as “the right to believe”. Whatever the name, the doctrine always concerned the rationality of believing without evidence in certain instances. Specifically, James is defending the violation of evidentialism in two instances: 1) Hypothesis venturing (see hypothetico-deductivism) – beliefs whose evidence becomes available only after they are believed, and 2) Self-fulfilling beliefs – beliefs that by existing make themselves true.
- How important James thinks believing something can be for the verifying of that belief is remarkly. That is to say, in some cases James is arguing that the reason evidence for a belief seems to be unavailable to us is because the evidence for its truth or falsity comes only after it is believed rather than before.

- “The Ethics of Belief” published in 1877, W. K. Clifford argued that it was immoral to believe things for which one lacks evidence. This paper was famously attacked by pragmatist philosopher William James in his “Will to Believe” lecture. Often these two works are read and published together as touchstones for the debate over evidentialism, faith, and overbelief.
- *On the Space-Theory of Matter*, was published in 1876, anticipating Albert Einstein’s general relativity by 40 years.
- As a philosopher, Clifford’s name is chiefly associated with two phrases of his coining, “mind-stuff” and the “tribal self”. The former symbolizes his metaphysical conception, suggested to him by his reading of Spinoza.

Sir Frederick Pollock wrote about Clifford as follows:

Briefly put, the conception is that mind is the one ultimate reality; not mind as we know it in the complex forms of conscious feeling and thought, but the simpler elements out of which thought and feeling are built up. The hypothetical ultimate element of mind, or atom of mind-stuff, precisely corresponds to the hypothetical atom of matter, being the ultimate fact of which the material atom is the phenomenon. Matter and the sensible universe are the relations between particular organisms, that is, mind organized into consciousness, and the rest of the world. This leads to results which would in a loose and popular sense be called materialist. But the theory must, as a metaphysical theory, be reckoned on the idealist side. To speak technically, it is an idealist monism.

"Tribal self" gives the key to Clifford's ethical view, which explains conscience and the moral law by the development in each individual of a "self", which prescribes the conduct conducive to the welfare of the "tribe." Much of Clifford's contemporary prominence was due to his attitude toward religion. Animated by an intense love of his conception of truth and devotion to public duty, he waged war on such ecclesiastical systems as seemed to him to favour obscurantism, and to put the claims of sect above those of human society. The alarm was greater, as theology was still unreconciled with Darwinism; and Clifford was regarded as a dangerous champion of the antispiritual tendencies then imputed to modern science.

Clifford's quotes:

- “I ... hold that in the physical world nothing else takes place but this variation [of the curvature of space].” — Mathematical Papers (1882).
- “There is no scientific discoverer, no poet, no painter, no musician, who will not tell you that he found ready made his discovery or poem or picture — that it came to him from outside, and that he did not consciously create it from within.” (From an 1868 lecture to the Royal Institution titled “Some of the conditions of mental development”) “It is wrong always, everywhere, and for anyone, to believe anything upon insufficient evidence.” — The Ethics of Belief (1879 [1877])
- “I was not, and was conceived. I loved and did a little work. I am not and grieve not.” — Epitaph.

"If a man, holding a belief which he was taught in childhood or persuaded of afterwards, keeps down and pushes away any doubts which arise about it in his mind, purposely avoids the reading of books and the company of men that call in question or discuss it, and regards as impious those questions which cannot easily be asked without disturbing it — the life of that man is one long sin against mankind."— Contemporary Review (1877).

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i \bar{\Psi} \not{D} \Psi + h.c. \\ & + \bar{\Psi}_i \gamma_{ij} \Psi_j \phi + h.c. \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

Figura: SM y su lagrangiano, operador describiendo la dinámica de sus campos.

State-of-art(II): SM

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{SM} = & -\frac{1}{2}\partial_\mu g_\mu^a \partial_\nu g_\nu^a - g_s f^{abc} \partial_\mu g_\mu^a g_\nu^b g_\nu^c - \frac{1}{2}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e - \partial_\mu W_\mu^+ \partial_\nu W_\nu^- - \\
 & M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \frac{1}{2}\partial_\mu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\nu^0 - \frac{1}{2}M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\mu \partial_\nu A_\nu - ig_{cw}(\partial_\mu Z_\mu^0(W_\mu^+ W_\mu^- - \\
 & W_\mu^+ W_\mu^-) - Z_\mu^0(W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+) + Z_\mu^0(W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+)) - \\
 & ig_{sw}(\partial_\mu A_\mu(W_\mu^+ W_\mu^- - W_\mu^- W_\mu^+) - A_\mu(W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+) + A_\mu(W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - \\
 & W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+)) - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- W_\mu^+ W_\mu^- + \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- W_\mu^+ W_\mu^- + g'^2 c_w^2 (Z_\mu^0 W_\mu^+ Z_\mu^0 W_\mu^- - \\
 & Z_\mu^0 Z_\mu^0 W_\mu^+ W_\mu^-) + g'^2 s_w^2 (A_\mu W_\mu^+ A_\mu W_\mu^- - A_\mu A_\mu W_\mu^+ W_\mu^-) + g'^2 s_w c_w (A_\mu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\mu^- - \\
 & W_\mu^- W_\mu^+) - 2A_\mu Z_\mu^0 W_\mu^+ W_\mu^-) - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\nu H - 2M^2 \alpha_h H^2 - \partial_\mu \phi^\dagger \partial_\nu \phi - \frac{1}{2}\partial_\mu \phi^\dagger \partial_\nu \phi - \\
 & \beta_h \left(\frac{2M^2}{g^2} + \frac{2M}{g} H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^\dagger \phi + 2\phi^\dagger \phi) \right) + \frac{2M}{g^2} \alpha_h - \\
 & g\alpha_h M (H^3 + H\phi^\dagger \phi + 2H\phi^\dagger \phi) - \\
 & \frac{1}{8}g^2 \alpha_h (H^4 + (\phi^\dagger \phi)^2 + 4(\phi^\dagger \phi)^2 \phi^\dagger \phi + 4H^2 \phi^\dagger \phi + 2(\phi^\dagger \phi)^2 H^2) - \\
 & gMW_\mu^+ W_\mu^- H - \frac{1}{2}g \frac{M}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \\
 & \frac{1}{2}ig (W_\mu^+ (\phi^\dagger \partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu \phi^\dagger) - W_\mu^- (\phi^\dagger \partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu \phi^\dagger)) + \\
 & \frac{1}{2}g (W_\mu^+ (H\partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu H) + W_\mu^- (H\partial_\mu \phi^\dagger - \phi^\dagger \partial_\mu H)) + \frac{1}{2}g \frac{1}{c_w} (Z_\mu^0 (H\partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu H) + \\
 & M (\frac{1}{c_w} Z_\mu^0 \partial_\mu \phi + W_\mu^+ \partial_\mu \phi + W_\mu^- \partial_\mu \phi^\dagger) - ig \frac{M}{c_w} M Z_\mu^0 (W_\mu^+ \phi - W_\mu^- \phi^\dagger) + ig s_w M A_\mu (W_\mu^+ \phi - \\
 & W_\mu^- \phi^\dagger) - ig \frac{1-2s_w^2}{2c_w} Z_\mu^0 (\phi^\dagger \partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu \phi^\dagger) + ig s_w A_\mu (\phi^\dagger \partial_\mu \phi - \phi \partial_\mu \phi^\dagger) - \\
 & \frac{1}{2}g W_\mu^+ W_\mu^- (H^2 + (\phi^\dagger \phi)^2 + 2\phi^\dagger \phi) - \frac{1}{2}g^2 \frac{1}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 (H^2 + (\phi^\dagger \phi)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2 \phi^\dagger \phi) - \\
 & \frac{1}{2}g^2 \frac{g^2}{c_w} Z_\mu^0 \phi^\dagger (W_\mu^+ \phi - W_\mu^- \phi^\dagger) - \frac{1}{2}ig^2 \frac{g^2}{c_w} Z_\mu^0 H (W_\mu^+ \phi - W_\mu^- \phi^\dagger) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^\dagger (W_\mu^+ \phi + \\
 & W_\mu^- \phi^\dagger) + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi - W_\mu^- \phi^\dagger) - g^2 \frac{2s_w}{c_w} (2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^\dagger \phi - \\
 & g^2 s_w^2 A_\mu A_\mu \phi^\dagger \phi + \frac{1}{2}ig_s \lambda_5^2 (\bar{q}^i \gamma^\mu q_j^i) g_\mu^2 - e^2 (\gamma \partial + m_\nu^2) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda (\gamma \partial + m_\nu^2) \nu^\lambda - \bar{u}_j^i (\gamma \partial + \\
 & m_u^2) u_j^i - d_j^i (\gamma \partial + m_d^2) d_j^i + ig s_w A_\mu (- (\bar{e}^i \gamma^\mu e^i) + \frac{2}{3} (\bar{u}_j^i \gamma^\mu u_j^i) - \frac{1}{3} (\bar{d}_j^i \gamma^\mu d_j^i)) + \\
 & \frac{ig}{6c_w} Z_\mu^0 \{ (\bar{\nu}^i \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^i) + (\bar{e}^i \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^i) + (\bar{d}_j^i \gamma^\mu (\frac{2}{3}s_w^2 - 1 - \gamma^5) d_j^i) + \\
 & (\bar{u}_j^i \gamma^\mu (1 - \frac{2}{3}s_w^2 + \gamma^5) u_j^i) \} + \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ ((\bar{\nu}^i \gamma^\mu (1 + \gamma^5) U^{i\lambda} e^\lambda) + (\bar{u}_j^i \gamma^\mu (1 + \gamma^5) C_{\lambda\mu} d_j^i)) + \\
 & \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^- ((\bar{e}^i U^{i\lambda} \nu^i) + (\bar{d}_j^i C_{\lambda\mu} u_j^i)) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^\dagger (-m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) + m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) + m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) + m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^\dagger (-m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) + m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) - m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) - m_\nu^2 (\bar{\nu}^i U^{i\lambda} \nu^i) - \frac{g}{2} \frac{m_\nu^2}{M} H (\bar{\nu}^i \nu^i) - \\
 & \frac{g}{2} \frac{m_\nu^2}{M} H (\bar{e}^i e^i) + \frac{ig}{2} \frac{m_\nu^2}{M} \phi^\dagger (\bar{\nu}^i \gamma^5 \nu^i) - \frac{ig}{2} \frac{m_\nu^2}{M} \phi^\dagger (\bar{e}^i \gamma^5 e^i) - \frac{1}{2} \nu_\lambda M_\lambda^R (1 - \gamma_5) \nu_\lambda - \\
 & \frac{1}{2} \nu_\lambda M_\lambda^R (1 - \gamma_5) \nu_\lambda + \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^\dagger (-m_\nu^2 (\bar{u}_j^i C_{\lambda\mu} (1 - \gamma^5) d_j^i) + m_\nu^2 (\bar{u}_j^i C_{\lambda\mu} (1 + \gamma^5) d_j^i) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^\dagger (-m_\nu^2 (\bar{d}_j^i C_{\lambda\mu} (1 + \gamma^5) u_j^i) - m_\nu^2 (\bar{d}_j^i C_{\lambda\mu} (1 - \gamma^5) u_j^i) - \frac{g}{2} \frac{m_\nu^2}{M} H (\bar{u}_j^i u_j^i) - \\
 & \frac{g}{2} \frac{m_\nu^2}{M} H (\bar{d}_j^i d_j^i) + \frac{ig}{2} \frac{m_\nu^2}{M} \phi^\dagger (\bar{u}_j^i \gamma^5 u_j^i) - \frac{ig}{2} \frac{m_\nu^2}{M} \phi^\dagger (\bar{d}_j^i \gamma^5 d_j^i) + G^a \partial^\mu G^a + g_s f^{abc} \partial_\mu G^a G^b G^c + \\
 & X^+ (\partial^2 - M^2) X^+ + \bar{X}^- (\partial^2 - M^2) \bar{X}^- + X^0 (\partial^2 - \frac{M^2}{2}) X^0 + Y \partial^2 Y + ig_{cw} W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + ig_{sw} W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ Y) + ig_{cw} W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + ig_{sw} W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- Y - \partial_\mu \bar{Y} X^+) + ig_{cw} Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^- X^+) + ig_{sw} A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^- X^+) - \frac{1}{2}gM (\bar{X}^+ X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{2} \bar{X}^0 X^0 H) + \frac{1-2s_w^2}{2c_w} igM (\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-) + \\
 & \frac{1}{2c_w} igM (\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-) + igM s_w (\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-) + \\
 & \frac{1}{2}igM (\bar{X}^- X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0) .
 \end{aligned}$$

Figura: SM y su lagrangiano totalmente escrito.

State-of-art(III): SM plus gravity, core theory

The diagram shows the action W for the Standard Model plus gravity. The action is written as an integral over $k < \Lambda$ of the product of gauge fields $[Dg][DA][D\psi][D\Phi]$ and an exponential of a volume integral. The volume integral contains three terms: a curvature term $\frac{m_p^2}{2}R$, a kinetic and interaction term for fermions and scalars, and a potential term $-|D_\mu\Phi|^2 - V(\Phi)$. Red arrows and labels categorize these terms: 'quantum mechanics' for the gauge fields, 'spacetime' and 'gravity' for the curvature term, 'other forces' for the fermion kinetic term, 'matter' for the fermion interaction term, and 'Higgs' for the scalar potential term.

$$W = \int_{k < \Lambda} [Dg][DA][D\psi][D\Phi] \exp \left\{ i \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{m_p^2}{2} R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F^{a\mu\nu} + i \bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i + \left(\bar{\psi}_L^i V_{ij} \Phi \psi_R^j + \text{h.c.} \right) - |D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi) \right] \right\}$$

Labels and arrows in the diagram:

- quantum mechanics (above the gauge fields)
- spacetime (above the curvature term)
- gravity (above the curvature term)
- other forces (below the fermion kinetic term)
- matter (below the fermion interaction term)
- Higgs (below the scalar potential term)

Figura: SM o ME más la gravedad clásica.

State-of-art(III): EFE

Einstein's Gravity Field Equation

geometry $\left\{ G_{ik} = R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R + \Lambda g_{ik} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik} = 8\pi G T_{ik}, \right\}$ physics
 tells gravitational spacetime how to curve for $c = 1$ tells matter how to move
(distribution of matter and energy)

Newton's Action at a Distance

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{f} = m\vec{a} \\ \vec{f} = G \frac{mM}{\vec{r}^2} \end{array} \right\}$$

Poisson's Gravitational Potentials

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{f} = m \nabla \varphi \\ \nabla^2 \varphi = 4\pi G \rho \end{array} \right\}$$

Λ is Einstein's "Cosmological Constant"

$-\kappa$ is Einstein's "Gravitational Constant" $= 8\pi G$

G is Newton's "Gravitational Constant"

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R \text{ is geometry}$$

T_{ik} is energy & momentum

Q_s are the expressions for gravitational potentials caused by gravitational mass

Figura: EFE, GR.

State-of-art(IV): EFE

$$G_{\alpha\beta} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\alpha\beta} \quad \left(\begin{array}{c} SI \\ Units \end{array} \right)$$
$$G_{\alpha\beta} = 8\pi T_{\alpha\beta} \quad \left(\begin{array}{c} Geometric \\ Units \end{array} \right)$$
$$G_{\alpha\beta} = \kappa T_{\alpha\beta} \quad \left(\begin{array}{c} Tensor \\ Equivalence \end{array} \right)$$

Figura: EFE, GR.

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

FRIEDMANN EQUATIONS

$$\frac{\dot{a}^2 + kc^2}{a^2} = \frac{8\pi G\rho + \Lambda c^2}{3}$$

Figura: Ecuaciones de Friedmann para Universo homogéneo e isótropo, $P = w\rho$ debe conocerse o suponerse dada.

The Friedmann Equation

A more complete derivation, including the cosmological constant term, gives:

$$\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 - \frac{8}{3}\pi G\rho - \frac{1}{3}\Lambda = -\frac{kc^2}{R^2}$$

The Friedmann Eqn. is effectively *the equation of motion for a relativistic, homogeneous universe*.

In order to derive cosmological models from it, we also need to specify *the equation of state* of the cosmological fluid which fills the universe.

Figura: Primera ecuación de Friedmann, significado.

State-of-art(IV): Cosmic fluids(I)

w	n	Dimensional Type	Name
< -1	< 0	unknown	Phantom energy
-1	0	volume	Cosmological constant
$-2/3$	1	sheet	Domain wall
$-1/3$	2	line	Cosmic string
0	3	point	Matter
$1/3$	4	relativistic point	Radiation
$> 1/3$	> 4	unknown	Ultralight

TABLE I: Energy forms that may drive the expansion rate of the universe as described by the Friedmann equations. The entries include known and hypothesized energy forms that are thought to be stable perfect fluids over cosmological scales.

Figura: Fluidos cósmicos posibles conocidos para EFE.

State-of-art(IV): Cosmic fluids(II)

Energy Form	Phantom Energy	Cosmic Constant	Domain Walls	Cosmic Strings	Particle Matter	Radiation Energy	Ultralight Energy
Phantom	Repel	Repel	Repel	Repel	Repel	Repel	–
Cosmic constant	Repel	Repel	Repel	Repel	Repel	Repel	–
Domain Walls	Repel	Repel	Repel	Repel	Repel	Neutral	Attract
Cosmic String	Repel	Repel	Repel	Neutral	Neutral	Attract	Attract
Matter	Repel	Repel	Repel	Neutral	Attract	Attract	Attract
Radiation	Repel	Repel	Neutral	Attract	Attract	Attract	Attract
Ultralight	–	–	Attract	Attract	Attract	Attract	Attract

TABLE II: How do two stable energy forms act toward each other? The behavior is extrapolated

Figura: Fluidos cósmicos y sus posibles interacciones mutuas, especulativo.

State-of-art(IV): Cosmic fluids(III)

Name	Time (Approximate)	Dominant Energy	w_s
Planck Time	10^{-43} s	Radiation	1/3
Inflation	10^{-35} s	Cosmic constant	-1
Radiation Epoch	10^{-32} s	Radiation	1/3
Matter Epoch	70,000 years	Matter	0
Modern Epoch	13.7 billion years	Cosmic constant	-1

TABLE III: A brief history of the universe in terms of the stable energy forms that dominated the gravitational expansion in the Friedmann equations.

Figura: Fluidos cósmicos y su influencia en diferentes eras cósmicas, especulativo.

State-of-art(IV): Cosmic fluids(IV)

Dominating Energy Form	Equation of State	Universe Density	Universe Fate
Phantom energy	$w < -1$	$\Omega_{\text{total}} = \text{any}$	Big Rip
Cosmic constant, domain walls, or cosmic strings	$-1 \leq w \leq -1/3$	$\Omega_{\text{total}} = \text{any}$	Big Freeze
Matter, radiation, or ultralight	$w > -1/3$	$\Omega_{\text{total}} \leq 1$	Big Freeze
Matter, radiation, or ultralight	$w > -1/3$	$\Omega_{\text{total}} > 1$	Big Crunch

TABLE IV: The future of a universe dominated by a single energy form. Flat and curved universes are considered.

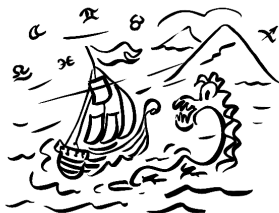
Figura: Fluidos cósmicos y destino del Universo, especulativo.

En 2013 Richard Dawid, un físico de altas energías (HEP) reconvertido en filósofo, publica un libro con cierto impacto: *String Theory and the Scientific Method*. En él, propone que los esfuerzos de búsqueda de la teoría cuántica de la gravedad, cosmología temprana (y el Multiverso) y las cuestiones fundamentales refuerzan la idea de que La Teoría Última podría necesitar confirmación no empírica. Dawid propone tres principios de validación no empírica.

- Ausencia de alternativas o teorías competidoras en la comunidad científica.
- Metainducción: grado con el que una teoría es conectada con teorías ya validadas y confirmadas. Es similar al enfoque de las teorías efectivas o aproximadas.
- La cantidad de “visiones” o deducciones que la teoría candidata no confirmada empíricamente posee.

Otros principios e ideas

- El optimismo epistémico es la visión de que el conocimiento es la percepción correcta de la realidad y la Ciencia revela lo que el mundo realmente es.
- La metainducción, o pesimismo epistémico, hace predicciones basándose en diferentes métodos de predicción o agregando hipótesis según su grado de éxito. El éxito se mide en consonancia al número de predicciones previas y la aceptación por la comunidad.
- La Ciencia post-empírica propuesta es quizás otro nombre para Metaciencia.



HEP: Mapa de la Física de Altas Energías actual

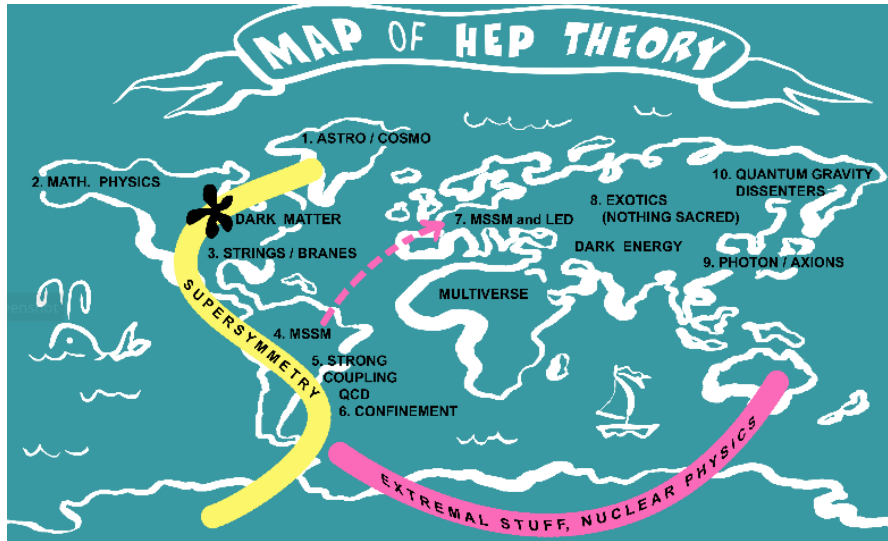
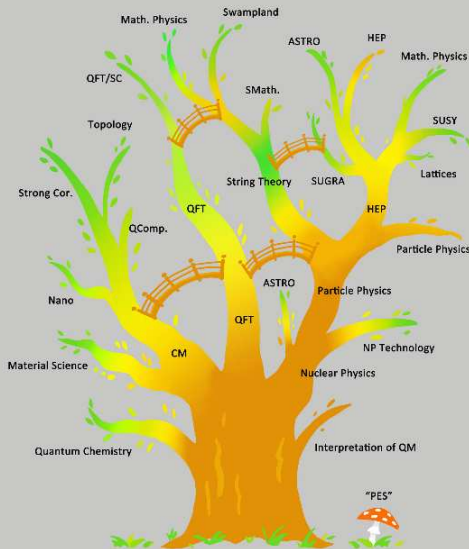


Figura: Mapa HEP.



Quantum Tree

ASTRO - Astrophysics • CM - Condensed Matter • HEP - High Energy Physics
 Math. Physics - Mathematical Physics • Nano - Nanotechnology • NP Technology - Nuclear Physics Technology
 "PES" - "Post-Empirical Science" • QComp. - Quantum Computers • QFT - Quantum Field Theories
 QFT/SC - Strongly Coupled QFT • QM - Quantum Mechanics • SMath. - String Math
 Strong Cor. - Strong Correlations • SUGRA - Supergravity • SUSY - Supersymmetry

References



Ana Alonso-Serrano, Gil Jannes.

Conceptual challenges on the road to the Multiverse

<http://arxiv.org/abs/1910.07375v1>.



Mariusz P. Dabrowski.

Anthropic selection of physical constants, quantum entanglement, and the Multiverse falsifiability

<http://arxiv.org/abs/1919.09073v1>.



Understanding Space-time, The Philosophical developments of Physics from Newton to Einstein.

CUP. Robert Disalle, 2006 ed.



An introduction to the Philosophy of Time And Space.

Bas C. Van Fraassen. Columbia University Press reprint, 1985.

The End

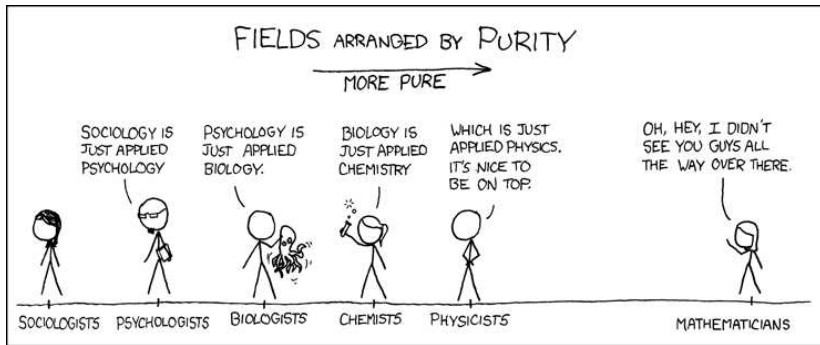


Figura: Ramas del saber y pureza del conocimiento. Los filósofos están por encima de todos ellos...**La Filosofía mola y es necesaria más que nunca.**

The End?

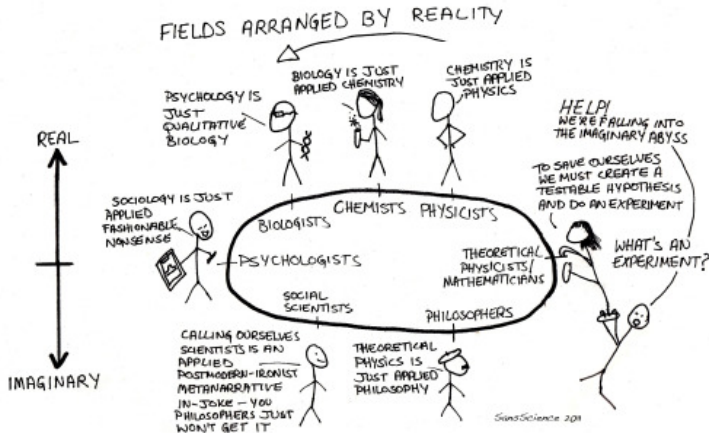


Figura: La Realidad es más compleja aunque pueda ser simple o simplificarse. ¿O somos nosotros quienes no podemos aprehender la simplicidad compleja de la Naturaleza y su lenguaje o mensajes? Ars longa, vita brevis.