

La Unificación de la Física

Aunque a lo largo de la historia de la Física hemos avanzado construyendo una serie de teorías parciales que expliquen diferentes fenómenos de nuestra naturaleza aparentemente independientes entre sí, sería muy difícil construir en un solo paso una teoría unificada completa de todo lo que ocurre en el universo. En este trabajo presentamos un breve resumen de la evolución de las diferentes teorías parciales y el intento de unificación por parte de la comunidad científica de todas esas teorías en la denominada *Teoría del Todo*.

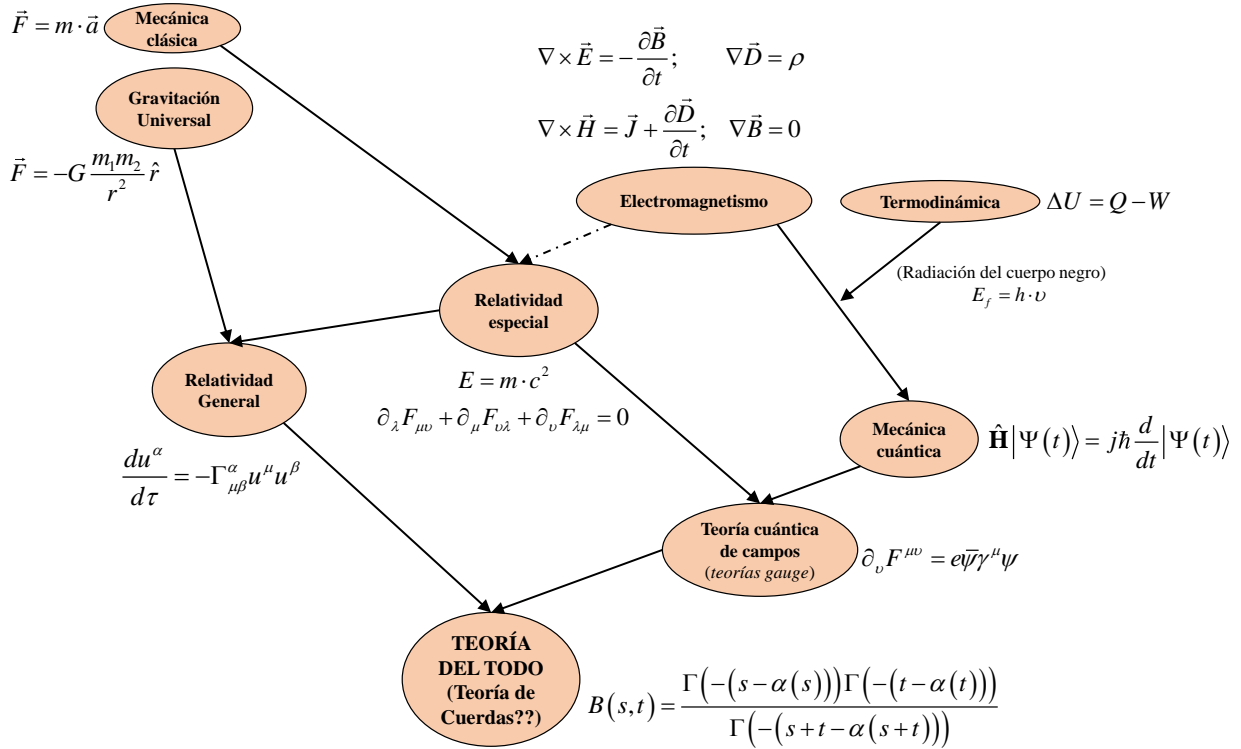


Fig. 1. Teorías parciales y evolución de la unificación en busca de la Teoría del Todo.

El primer ejemplo de unificación en la Física lo encontramos con Newton en el siglo XVII, quien consiguió unificar la física de lo terrenal con la física de los astros del firmamento mediante su enunciación de la Ley de Gravitación Universal. Newton se dio cuenta de que la fuerza que hacía moverse a los planetas era la misma que hacía caer las manzanas de los árboles.

La siguiente unificación se produce en el siglo XIX con James Clerk Maxwell, quien consigue unificar la electricidad y el magnetismo en cuatro “*ecuaciones elegantes*” que consiguen describir cualquier fenómeno asociado con esta fuerza. La figura de Maxwell tuvo una gran influencia posterior en Einstein, quien movido por la misma motivación pretendió unificar la mecánica clásica newtoniana con el electromagnetismo de Maxwell en su relatividad especial, enunciada en 1905. Sin embargo, este ejemplo de unificación no es del todo cierta dado que mecánica y electromagnetismo no fueron formuladas en la relatividad especial bajo un conjunto común de ecuaciones, sino mediante ecuaciones independientes reescritas bajo el criterio general de covarianza con el fin de que fuesen válidas para observadores en sistemas de referencia espacio-temporales inerciales diferentes.

Posteriormente, Einstein sí conseguiría en 1915 realizar un ejemplo real de unificación a través de su teoría de la relatividad general. Consiguió unificar en ella su relatividad especial con la Ley de Gravitación Universal de Newton haciendo uso de su principio de equivalencia: un sistema inercial uniformemente acelerado es equivalente a un sistema no inercial afectado por un campo gravitatorio dado que un observador inmerso en cada uno de ellos no sabría distinguir en cuál está. En paralelo a Einstein, Max Planck había conseguido unos años antes dar una explicación plausible sobre el problema de radiación del cuerpo negro unificando electromagnetismo y termodinámica en lo que supuso el nacimiento de la

mecánica cuántica al considerar la luz con carácter corpuscular, tal y como ya había sugerido Newton en su época.

No pasaría mucho tiempo hasta que los físicos del siglo XX que se habían encargado de desarrollar la mecánica cuántica a partir de la mecánica clásica newtoniana, se dieran cuenta de que tenían que introducir las ideas de relativismo de Einstein en el mundo del átomo, lo que dio lugar a la teoría cuántica de campos a partir de los años 30.

Y desde entonces, el sueño de la física moderna de conseguir la unificación de todas las teorías no se ha dejado de perseguir. El propio Einstein dedicó los últimos años de su vida a buscar dicha unificación. Sin embargo, su fracaso estaba prefijado de antemano dado que éste nunca tuvo en consideración el principio de incertidumbre de Heisenberg que gobernaba la mecánica cuántica, el cual parece ser un principio de físico ineludible de nuestro universo. Por otro lado, Einstein era un gran desconocedor de las fuerzas nucleares débil y fuerte, las cuales ya se habían descubierto en aquella época. La causa de su desconocimiento se debe a que durante sus últimos años dejó de leer los avances en la física moderna y se dedicó a intentar unificar la fuerza gravitacional y electromagnética sin tener en cuenta que existían dos adicionales de tipo nuclear.

Los intentos más acertados de conseguir una teoría que lo explicase todo aparecen a finales de la década de los 60 de la mano de Gabriele Veneziano, el padre de la Teoría de Cuerdas. Desde entonces y hasta nuestros días, la compleja evolución de esta teoría nos ha abierto la posibilidad de lograr el santo grial de la Física: unas ecuaciones que lo gobiernen todo y que nos den respuesta a la razón de nuestra existencia, tanto en el pasado como en el futuro. No obstante, la Teoría de Cuerdas aún no ha sido demostrada experimentalmente, aunque cada vez hay más indicios de que podríamos haber dado con la tecla adecuada. Solo el tiempo, sea lo que sea eso, lo dirá.

En las siguientes páginas se ha incluido un resumen histórico de los hitos más importantes de la Física, desde la época de Aristóteles hasta nuestros días, desde la predicción de que la Tierra podía ser una esfera hasta la predicción de universos paralelos y la existencia de 11 dimensiones espacio-temporales.

| Autor | Año | Rama de la física | Descripción del hito |
|----------------------------------|--------------|---|--|
| Aristóteles | 340 a.C. | Astronomía | <i>De Caelo</i> : da razones convincentes para pensar que la Tierra puede ser una esfera en lugar de un disco plano. |
| Ptolomeo | Siglo II a.C | Astronomía | Crea el primer modelo conocido del firmamento: 8 esferas rotantes que rodean la Tierra y explican la posición de los astros en el firmamento. |
| Copérnico | 1514 | Astronomía | El Sol está en reposo en el centro del sistema solar y la Tierra y los demás planetas se mueven en órbitas circulares en torno a él. La Iglesia obliga a Copérnico a desmentir su teoría públicamente. |
| Galileo y Kepler | 1609 | Astronomía | Ambos defienden la teoría copernicana y Kepler perfecciona el modelo de Copérnico sugiriendo órbitas elípticas junto con dos leyes adicionales más: la segunda propone el barrido de áreas iguales en tiempos iguales y la tercera ley propone que el cuadrado del período orbital de un planeta es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica. |
| Isaac Newton | 1687 | Astronomía, mecánica clásica, fotónica, matemática | <ul style="list-style-type: none"> • Escribió en su obra <i>Philosophiae Naturalis Principia Mathematica</i> las bases del cálculo diferencial, de la mecánica clásica y describió su Ley de la Gravitación Universal. • Desarrolló a la par que Leibniz el cálculo diferencial asociado al álgebra lineal en espacios euclídeos. No obstante, a día de hoy prevalece la notación de Leibniz. • La Ley de la Gravitación Universal supuso la primera unificación de la física: unificó la física celestial y la física terrenal. Propuso que el ESPACIO es RELATIVO y describe a la gravedad como una fuerza instantánea. • En el campo de la fotónica propuso que la luz tiene carácter corpuscular gobernado por las leyes de su mecánica. Sin embargo, se equivocó al pensar que los cuantos de luz tenían masa. • De sus principios surge la línea filosófica determinista en el siglo XIX. |
| Ole Christensen Roemer | 1676 | Astronomía, fotónica | Descubre que la luz viaja a velocidad finita observando que los eclipses de las lunas de Júpiter no se observan de forma periódica debido a que la distancia Tierra-Júpiter cambia. Al ser la velocidad de la luz finita los eclipses no siguen un patrón de observación periódico. |
| John Dalton | 1803 | Pre-mecánica cuántica | Primer modelo atómico con bases científicas. Dalton imaginaba a los átomos como diminutas esferas indivisibles. |
| James Clerk Maxwell | 1865 | Electromagnetismo, fotónica | Unificación de la electricidad y el magnetismo. Calculó que las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz. |
| Comunidad científica | 1864-1905 | Electromagnetismo, mecánica clásica | <ul style="list-style-type: none"> • Conciliación entre los resultados de Maxwell y la mecánica clásica de Newton: la velocidad de la luz se debe medir respecto a un patrón de reposo absoluto. Sino no hay convenio en cuál es su velocidad. • Se define el patrón de reposo absoluto para medir la velocidad de la luz mediante una sustancia estática presente en todo el universo: el ÉTER. |
| Heinrich Hertz | 1887 | Fotónica | Propone y demuestra experimentalmente el efecto fotoeléctrico |
| Albert Michelson y Edward Morley | 1887 | Electromagnetismo, fotónica | Miden la velocidad de la luz en instantes diferentes del año con el fin de salvar la teoría del éter. Michelson y Morley creían que si medían la velocidad de la luz en instantes diferentes del año obtendrían resultados diferentes debido a que la Tierra se mueve en diferente dirección respecto al éter. Sin embargo... ¡midieron la misma velocidad! |
| Joseph John Thomson | 1897 | Pre-mecánica cuántica | Determinó que el átomo se componía de dos partes, una negativa y una positiva. La parte negativa estaba constituida por electrones, los cuales se encontraban según este modelo inmersos en una masa de carga positiva, de la misma forma que las uvas pasas están inmersas en un pastel. |

| | | | |
|-------------------|------|--|---|
| Max Planck | 1900 | Fotónica, termodinámica, mecánica cuántica | En un intento de explicar la radiación finita emitida por el cuerpo negro, Planck sugiere que quizá Newton tenía gran parte de razón al considerar la luz con carácter corpuscular. Sin embargo, a diferencia de Newton, Planck sugiere que el corpúsculo elemental o cuanto de luz no tendría masa. Encontró que la energía asociada a cada cuanto o fotón es $E_f = h \cdot \nu$, lo que encajaba perfectamente con su descripción de la radiación del cuerpo negro. Si consideraba a la luz con carácter ondulatorio continuo, entonces el cuerpo negro debería radiar la misma energía a todas las frecuencias, lo que derivaba en energía infinita. Esta anomalía la resolvió cambiando de paradigma al asumir que la luz se transportaba en paquetes discretos y que la energía de cada paquete o cuanto era diferente a cada frecuencia. Gracias a este cambio de paradigma en la fotónica, Planck consiguió unificar la termodinámica con el electromagnetismo en lo que supuso el inicio de la mecánica cuántica. |
| Albert Einstein | 1905 | Mecánica relativista | Teoría de la RELATIVIDAD ESPECIAL: “ <i>La idea del éter resulta innecesaria si estamos dispuesto a abandonar la idea de un tiempo absoluto</i> ”. Si asumimos que la velocidad de la luz es una constante de nuestro universo que es idéntica para todos los observadores independientemente de su posición y velocidad, entonces no queda otra posibilidad de que el TIEMPO sea RELATIVO a cada observador y sistema de referencia. Si con Newton aprendimos que el espacio era relativo, con Einstein llegamos a descubrir que el tiempo también lo era. A raíz de este descubrimiento, Einstein propuso que entonces todas las leyes de la mecánica clásica, del electromagnetismo y de la termodinámica debían ser reescritas para que fuesen válidas para cualquier sistema de referencia, es decir, llegó al criterio de covarianza general. Este proceso derivó en su teoría de la relatividad especial, donde aunó mecánica clásica y electromagnetismo en ecuaciones generalmente covariantes, es decir, ecuaciones válidas para observadores con distinto sistema de referencia inercial cuatridimensional. |
| Albert Einstein | 1905 | Fotónica, mecánica cuántica | Efecto fotoeléctrico: “ <i>Heurística de la generación y conversión de la luz</i> ”. Defendió la teoría corpuscular de la luz de Planck y abrió el camino (sin saberlo) al desarrollo de la mecánica cuántica, que tendría lugar durante los años 20. Aunque nunca estuvo de acuerdo con el principio de incertidumbre de Heisenberg ya que decía que “ <i>Dios no juega a los dados</i> ”, se considera a Einstein uno de los padres de la física cuántica tras la enunciación del efecto fotoeléctrico. |
| Ernest Rutherford | 1911 | Mecánica cuántica | Rutherford realizó una lluvia de partículas alfa sobre una fina lámina de oro. Si el modelo atómico de Thomson era correcto evidentemente dichas partículas alfa no atravesarían la lámina de oro. Sin embargo, muy pocas rebotaron lo que le llevó a establecer un nuevo modelo atómico en el que se mantiene la idea de Thompson de que el átomo se compone de una parte positiva y una negativa, pero sin embargo, a diferencia del anterior, postula que la parte positiva se concentra en un núcleo, el cual también contiene virtualmente toda la masa del átomo, mientras que los electrones se ubican en una corteza orbitando en torno al núcleo en órbitas circulares o elípticas con un espacio vacío entre ellos. |
| Albert Einstein | 1915 | Astronomía, mecánica relativista | Enuncia la RELATIVIDAD GENERAL, extensión de la relatividad especial en campos gravitatorios y observadores no inerciales usando su principio de equivalencia (1907) entre un sistema uniformemente acelerado y un campo gravitatorio. Introduce el concepto de ondas gravitacionales como las causantes de propagar la fuerza gravitacional a la velocidad de la luz por el tejido espacio-temporal. Puede considerarse un ejemplo de unificación entre la relatividad especial y la ley de gravitación universal de Newton. Costó muchos años a la comunidad científica entender los razonamientos y propuestas de Einstein, y sin embargo, parecía predecir con una increíble exactitud muchos efectos observados por los astrónomos que la teoría de gravitación de Newton no conseguía explicar. |

| | | | |
|--|------|--|---|
| Niels Bohr | 1916 | Mecánica cuántica | Bohr no concebía la idea de Rutherford de que los electrones girasen en órbitas similares a la de los planetas en torno a una estrella. De ser así, los electrones perderían energía de forma paulatina y acabarían estrellándose contra el núcleo del átomo, lo que evidentemente no ocurría. Así pues, sugirió que quizá los electrones estén girando en torno al núcleo solo en órbitas permitidas a ciertas distancias del núcleo. Pero no dio una explicación teórica rigurosa de ello. Más tarde, en la década de 1940 Richard Feynman elaboró un razonamiento teórico riguroso verificando la hipótesis de Bohr. |
| Theodor Kaluza | 1919 | Electromagnetismo | Propone por primera vez la existencia de otra dimensión adicional a partir de las ecuaciones de la relatividad general. Kaluza sostiene que al igual que la gravedad generaba perturbaciones curvando el tejido espacio-temporal, la fuerza electromagnética también podría producir perturbaciones similares. Pero para ello necesitaba una dimensión adicional a la que denominó " <i>dimensión oculta del espacio</i> ". |
| Alexander Friedmann | 1922 | Astronomía | Mientras todos los científicos buscan evitar el universo no estacionario predicho por la teoría de la relatividad general, Alexander Friedmann deduce a partir de las ecuaciones de la relatividad general que el universo no tiene por qué ser estacionario. Propone un universo en expansión, justo lo que Hubble va a descubrir experimentalmente unos años más adelante. |
| Edwin Hubble | 1924 | Astronomía | Descubrió 9 galaxias adicionales a la Vía Láctea. A partir de la luminosidad de las estrellas, pudo distinguir cuáles pertenecían a una misma galaxia y su distancia a la Tierra. Su trabajo fue continuado por la comunidad científica durante 1924-1929 estudiando el espectro emitido por las diferentes estrellas y analizando los rangos espectrales ausentes para determinar qué elementos químicos existen en sus atmósferas teniendo en cuenta el efecto Doppler. |
| Louis De Broglie | 1924 | Mecánica cuántica | Introduce el concepto de dualidad onda-partícula con las denominadas "ondas de materia" de su tesis doctoral. Propuso que cada partícula material tiene una longitud de onda asociada inversamente proporcional a su masa y velocidad $\lambda = h/mv$. |
| Erwin Schrödinger | 1925 | Mecánica cuántica | Formuló una ecuación de probabilidad para las ondas de materia, cuya existencia ya había predicho De Broglie y varios experimentos previos también corroboraban. Dicha ecuación es la pirámide de la mecánica cuántica junto con el principio de incertidumbre que enunció Heisenberg al año siguiente. |
| Werner Heisenberg | 1926 | Mecánica cuántica | Enunció el famoso principio de incertidumbre: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ cambiando la línea determinista de la Física (iniciada por Newton, defendida por Laplace y continuada por Einstein) a una línea no determinista, sino aleatoria. Asentó las bases de la mecánica cuántica hacia un modelo matemático aleatorio en la física de partículas. |
| Max Born, Pascual Jordan y Werner Heisenberg | 1926 | Mecánica cuántica, teoría cuántica de campos | Iniciaron el desarrollo de la electrodinámica cuántica (QED) en un primer intento de incorporar las ecuaciones de Maxwell a la mecánica cuántica que se estaba desarrollando en esa década por los mismos protagonistas. Fueron los primeros pilares de la teoría cuántica de campos, aunque todavía no había ningún concepto relativista incorporado. |
| Paul Dirac | 1927 | Teoría cuántica de campos | Cerró una primera teoría razonablemente completa de la electrodinámica cuántica. Unificó electromagnetismo con mecánica cuántica no relativista. |
| Paul Dirac, Pascual Jordan y Wolfgang Pauli | 1928 | Teoría cuántica de campos | Pascual Jordan y Wolfgang Pauli probaron que los campos cuánticos podían comportarse de forma correcta bajo una transformación lorentziana de acuerdo con la relatividad especial. Esto llevó a Paul Dirac a formular una ecuación cuántica y relativista para una partícula subatómica: la ecuación de Dirac. Fue la primera incorporación de la relatividad especial a la mecánica cuántica, lo que permitió unificar mecánica cuántica, relatividad especial y electromagnetismo en la denominada <i>Quantum Electrodynamics</i> (QED). |

| | | | |
|---|-----------|---------------------------|--|
| Edwin Hubble | 1929 | Astronomía | <p>Descubrió que el desplazamiento al rojo de las galaxias era muy superior al desplazamiento al azul, por lo que LAS GALAXIAS SE ESTABAN ALEJANDO corroborando las propuestas de Friedmann. La magnitud del desplazamiento al rojo era proporcional a la distancia a la que se hallaba la galaxia. Así pues, cuanto mayor era la distancia observada entre las galaxias, con mayor velocidad se alejaban. Esto es evidente si lo relacionamos con la teoría de la gravedad de Newton, donde la fuerza gravitacional decrece con el cuadrado de la distancia. De hecho, el concepto de un universo no estacionario podría haber sido predicho a partir de la teoría Newtoniana.</p> <p>Esto supuso un bombazo pues todos los físicos y astrónomos hasta el momento, entre los que estaba Einstein, se encontraban convencidos de que el universo era estático. De hecho Einstein introduce la constante cosmológica en su teoría de la relatividad general para mantener el modelo de universo estático, por lo que a raíz del descubrimiento de Hubble desautorizó dicha constante diciendo que era el mayor error que había cometido en su vida.</p> |
| Comunidad científica | 1930 | Astronomía | <p>Una vez que se descubre que Friedmann estaba en el camino correcto, se analizaron tres posibles modelos de evolución del universo que se deducían directamente de sus hipótesis (Friedmann solo propuso el primer modelo):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El universo se expande pero la densidad media de materia existente es capaz de detener dicha expansión volviendo a colapsar el universo en un Big Crunch. 2. El universo se expande pero la densidad media de materia existente no es capaz de detener dicha expansión aunque si la ralentiza. Muerte Térmica del universo. 3. El universo se expande pero la densidad media de materia y el ritmo de expansión actual coinciden de manera que la expansión se va reduciendo y en el límite de los tiempos se llegaría a detener. Muerte térmica del universo. |
| Fritz Zwicky | 1933 | Astronomía | <p>Analiza qué modelo de los tres mencionados es el válido. Tras estimar la densidad de materia que puede haber en el universo, añadiendo el concepto de materia oscura (materia que no se ve pero que se sabe que existe debido a la acción gravitacional que ejerce ésta sobre otras estrellas y planetas), descarta el primer modelo.</p> |
| Albert Einstein y Nathan Rosen | 1935 | Astronomía | <p>Demostaron que la teoría de la relatividad general permitía lo que denominaron “puentes”, conocidos actualmente como agujeros de gusano.</p> |
| Richard Feynman, Bethe, Tomonaga, Schwinger y Dyson | 1940-1948 | Teoría cuántica de campos | <p>Mediante la renormalización consiguieron eliminar las anomalías presentes en la electrodinámica cuántica (QED). El propio Feynman introdujo los novedosos conceptos de sus diagramas y una explicación coherente a las órbitas de electrones permitidas en un átomo (idea de las múltiples historias de Feynman).</p> |
| George Gamow | 1948 | Astronomía | <p>Sugiere que los tres modelos de universo derivados del trabajo de Friedmann pueden tener un origen en común, independientemente de cuál es el válido: el universo tuvo un origen y en sus orígenes debió de estar compactado, con una densidad de materia infinita y con una temperatura infinita.</p> |
| Kurt Gödel | 1949 | Astronomía | <p>Propone una geometría del tejido espacio-temporal permitida por las ecuaciones de la teoría de la relatividad y que tiene la característica especial de poder permitir viajar al pasado. Actualmente se sabe que la curvatura propuesta por Gödel no se corresponde con el universo en que vivimos. De hecho, la curvatura de nuestro universo no tiene los requisitos necesarios para permitir los viajes en el tiempo hacia atrás, aunque sí hacia el futuro.</p> |
| Yang, Mills, Glashow, Higgs, Weinberg y Salam | 1950-1960 | Teoría cuántica de campos | <p>La electrodinámica cuántica (QED) fue generalizada a una clase más general de teorías conocidas como <i>teorías gauge</i> que pretendían explicar las interacciones de los bosones gauge (gluón, mesón, fotón, bosones W y Z) con los fermiones (quarks y leptones) del actual modelo estándar. Los siguientes avances en este campo aparecen unos años más adelante con el desarrollo de la teoría electrodébil y la cromodinámica cuántica.</p> |

| | | | |
|--|------|----------------------------------|---|
| Comunidad científica | 1962 | Astronomía, mecánica relativista | Comprobación experimental de la propuesta de Einstein de que el tiempo es relativo. Se usaron un par de relojes muy precisos en la base y en la cumbre de una torre. Los resultados obtenidos concordaban con la teoría de la relatividad general: el reloj de la cumbre iba ligeramente más rápido que el del suelo debido a que en la cumbre el campo gravitatorio es menor. |
| Peter Higgs | 1964 | Teoría cuántica de campos | Propuso el llamado mecanismo de Higgs para explicar el origen de la masa de las partículas elementales. Sin embargo, este modelo no incluye el origen de la mayor parte de la masa de núcleo atómico (la cual está contenida en la conversión $E = m \cdot c^2$ de la fuerza nuclear fuerte fundamental) y tampoco explica el origen de la masa asociada a la materia oscura y a la energía oscura. |
| Bob Dicke y Jim Peebles | 1965 | Astronomía | En 1965, Bob Dicke y Jim Peebles proponen la misma hipótesis que Gamow de un universo primitivo compactado y añaden la idea de que todavía podría ser posible observar el resplandor del universo primitivo en galaxias muy alejadas de la nuestra. Sostienen que seguramente ese resplandor esté desplazado a longitudes de onda en el rango de las microondas. |
| Arno Penzias y Robert Wilson | 1965 | Astronomía | En la misma época, Arno Penzias y Robert Wilson descubren dicho resplandor analizando un ruido de fondo que les molestaba en un detector de microondas que estaban revisando con otros propósitos. Dicho ruido era continuo durante el día y la noche y en todas las épocas del año. El ruido que descubren sin saberlo fue la radiación del universo primitivo, demostrando así la teoría del Big Bang y corroborando el origen del universo propuesto por Gamow, Dicke y Peebles. |
| Steven Weinberg, Sheldon Lee Glashow y Abdus Salam | 1968 | Teoría cuántica de campos | Steven Weinberg, Sheldon Lee Glashow y Abdus Salam describieron teóricamente la fuerza nuclear débil y la unificaron con la electromagnética dando lugar a la teoría electrodébil (EW). De ésta manera ambas fuerzas se explican como la manifestación de una sola fuerza más fundamental, la electrodébil. Los tres fueron premiados con el Premio Nobel de Física en 1979. |
| Gabriele Veneziano | 1968 | Teoría de cuerdas | Buscando una teoría que describiese la fuerza nuclear fuerte, Gabriele Veneziano encontró en un libro de Euler una fórmula que se adaptaba bien a lo observado en el laboratorio, pero que parecía describir un movimiento vibratorio. Ese fue el comienzo de la teoría de cuerdas, aunque Gabriele no asoció en un primer momento dicho movimiento vibratorio al de una cuerda. Asentó los inicios de la teoría de cuerdas de manera fortuita. |
| Leonard Susskind | 1969 | Teoría de cuerdas | Susskind es considerado como uno de los padres de la teoría de cuerdas junto con Gabriele Veneziano. Susskind sugirió la idea de que las partículas podrían ser en realidad los estados de excitación de una concatenación relativista. Analizó durante meses la fórmula de Gabriele Veneziano llegando a la conclusión de que describía un hilo energético en forma de cuerda vibrante. Sin embargo, su artículo no fue admitido para publicación en el proceso de revisión ya que los revisores consideraron que su idea no era demasiado buena. La razón evidentemente era que chocaba con las teorías gauge que tanto éxito estaban cosechando tras la unificación electrodébil justo el año anterior. Suponer la parte elemental de los átomos como hilos energéticos vibrantes era un cambio de paradigma que no veían necesario en aquel momento. Habría que esperar muchos años todavía para que la comunidad científica se tomase en serio la teoría de cuerdas ante las dificultades de las teorías gauge para integrar la fuerza gravitatoria en el modelo estándar ante su aparente incompatibilidad con el principio de incertidumbre de Heisenberg. |
| Comunidad científica | 1969 | Astronomía | Llegada del hombre a la Luna en la misión Apolo 11. |

| | | | |
|---|-----------|---------------------------|---|
| Alan Guth | 1970 | Astronomía | Propuso que un campo de presión negativa, similar en concepto a la energía oscura, podría conducir a la inflación cósmica en el Universo pre-primigenio. Sin embargo, el término de energía oscura no se acuñó todavía, aunque Guth estableció sus bases. |
| Comunidad científica | 1970-1973 | Teoría de cuerdas | <p>La mayor parte de la comunidad científica de la física teórica se centra en desarrollar el modelo estándar de partículas (teorías gauge), mientras que los pioneros de la teoría de cuerdas (Veneziano, Schwarz, Susskind y Nielsen entre otros) siguen pensando que ésta describe parte de la realidad.</p> <p>En sus inicios la teoría de cuerdas tenía graves problemas: contemplaba 10 dimensiones espaciotemporales (9 espaciales + 1 temporal), predecía la ausencia de fermiones (quarks y leptones), proponía la existencia de una partícula sin masa desconocida, y para mayor locura predecía la existencia de otras partículas que viajaban más rápido que la velocidad de la luz, los taquiones. Había una serie de anomalías que no permitían que la teoría se pudiese tomar en serio, mientras que la teoría cuántica de campos (teorías gauge) lograba en paralelo grandes avances.</p> |
| John H. Schwarz | 1973 | Teoría de cuerdas | Apenas quedaban defensores de la teoría de cuerdas. Sin embargo, John H. Schwarz trabajaba en eliminar las anomalías iniciales. Para ello tuvo que reconsiderar el tamaño de las cuerdas a tamaños muy inferiores. Y resulta que gracias a este nuevo planteamiento se dio cuenta de que la teoría de cuerdas podría ser en realidad una teoría de la gravedad a escala cuántica, ya que descubrió que la partícula sin masa era el gravitón (el bosón que predecía la teoría cuántica de campos para la fuerza gravitacional). Sin embargo, su publicación tampoco fue aceptada porque la teoría seguía teniendo anomalías no resueltas. Para ello decidió centrar su trabajo en eliminarlas con ayuda de Michael B. Green, de los pocos físicos que estaba dispuesto a arriesgar su carrera por la teoría de cuerdas. |
| David Politzer, Frank Wilczek y David Gross | 1973 | Teoría cuántica de campos | <p>Enunciaron el principio de libertad asintótica durante el desarrollo de una teoría que explicase la fuerza nuclear fuerte: al estirar los hadrones (conjunto de quarks) aparecía una fuerza directamente proporcional a la longitud de estiramiento (denominada fuerza de ligadura). Los hadrones se comportaban como una goma elástica y es precisamente en esta energía almacenada donde reside prácticamente todo el origen de la masa del núcleo atómico mediante la conversión $E = m \cdot c^2$ que se produce de forma continua en el universo.</p> <p>Mientras que el bosón de Higgs solo explica el origen de la masa de los fermiones (quarks, electrones, neutrinos, muones y tauones), la energía almacenada en la interacción nuclear fuerte explica la enorme masa presente en los núcleos atómicos. A los tres se les concedió el Premio Nobel de Física en 2004.</p> |
| David Politzer, Frank Wilczek y David Gross | 1980 | Teoría cuántica de campos | Desarrollaron por completo la teoría que describe la fuerza nuclear fuerte, conocida bajo el nombre de Cromodinámica Cuántica o QCD (Quantum Chromodynamics). |
| Comunidad científica | 1983 | Física experimental | <p>Comienza a funcionar el Fermilab, primer acelerador de partículas del mundo al oeste de Chicago, EEUU. Está formado por 1.000 imanes superconductores enfriados con helio líquido a -268 °C y consta de un túnel circular de 6 km de perímetro.</p> <p>Su modo de funcionamiento es muy sencillo. Aplican a átomos de hidrógeno una fuerte descarga eléctrica para eliminar los electrones de sus órbitas y quedarse solo con los protones. Posteriormente se acelera a dos protones en direcciones opuestas del anillo del acelerador hasta que alcanzan el 99% de la velocidad de la luz y se los hace chocar. La mayoría de colisiones son laterales, pero de vez en cuando se produce alguna frontal y en la colisión se libera la fuerza nuclear fuerte y un sinfín de partículas subatómicas. El objetivo que buscan es lograr encontrar en esa lluvia de partículas las partículas elementales predichas por la teoría cuántica de campos y la teoría de cuerdas. Sin embargo, su gran limitación es que cuanto menor sea el tamaño de esas partículas elementales mayor es la energía necesaria para poder observarlas.</p> |

| | | | |
|------------------------------------|-----------|--|---|
| John H. Schwarz y Michael B. Green | 1984 | Teoría de cuerdas (<i>primera revolución</i>) | <p>Ambos consiguieron eliminar las anomalías iniciales de la teoría de cuerdas: eliminaron el taquión del modelo y consiguieron que la nueva teoría, las supercuerdas, consiguieran contener oscilaciones fermiónicas junto con sus partículas supersimétricas (las partículas S). La primera revolución de la teoría de cuerdas consiguió hacerla compatible con las teorías gauge, daba una explicación cuántica plausible a la fuerza gravitacional y englobaba además la supersimetría de las partículas del modelo estándar, las partículas S, candidatas a explicar la materia oscura y conseguir la GUT (Teoría de la Gran Unificación: fuerza nuclear fuerte + nuclear débil + electromagnética).</p> <p>Adicionalmente, la teoría de las supercuerdas predecía 10 dimensiones. Defendieron las 10 dimensiones (9 espaciales + 1 temporal) diciendo que en nuestro universo solo 3 dimensiones espaciales se aplanaron en el Big Bang mientras que las 6 restantes quedaron infinitesimalmente curvadas.</p> |
| Comunidad científica | 1985-1987 | Teoría de cuerdas | Se desarrollan 5 teorías de supercuerdas diferentes: tres que necesitaban 9+1 dimensiones y dos que necesitaban 25+1 dimensiones. La teoría de cuerdas perdía fuerzas de nuevo ante la diversidad de criterios. |
| Edward Witten | 1995 | Teoría de cuerdas (<i>segunda revolución</i>) | <p>Ante la desesperación creciente de los defensores de la teoría de cuerdas por no saber cómo conciliar 5 versiones diferentes comienza a surgir la idea de que posiblemente sean teorías duales. Es decir, teorías que aparentan ser diferentes pero que describen los mismos fenómenos mediante variables distintas.</p> <p>En este escenario aparece Edward Witten y consigue lo que nadie había conseguido... unificar las 5 versiones de la teoría de cuerdas en una sola. Fue la segunda revolución de la teoría de cuerdas. Argumentó que las 5 teorías eran duales y mediante una redefinición de variables en cada versión y usando 10+1 dimensiones llegó a unificar las 5 versiones. A la nueva versión "madre" de todas la llamó Teoría M. Muchos consideran a Witten el nuevo Einstein.</p> |
| Comunidad científica | 1995-1996 | Teoría de cuerdas | <p>A raíz del trabajo de Witten y el nacimiento de la Teoría M se averiguó posteriormente que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La nueva teoría ya no estaba basada en cuerdas, sino en membranas de diferentes dimensiones. Así pues, podemos tener 1-brana (que sería una cuerda), una 2-brana (un disco), una 3-brana (membrana tridimensional), y así hasta una 10-brana. Nuestro universo parece estar en una 3-brana de suficiente energía que lo contendría todo, mientras que existirían branas paralelas a la nuestras que podrían constituir universos paralelos. El conjunto de todas esas membranas es lo que los físicos llaman "bulk", el grueso. • El concepto de membranas paralelas daría una posible explicación al origen del Big Bang: dos membranas paralelas (brana+anti-brana) comenzarían a atraerse la una a la otra hasta que chocaron con una inmensa transferencia de energía que conocemos como Big Bang. Y esto podría volver a producirse de nuevo y de forma indefinida. • Toda la materia de nuestro universo estaría adherida a nuestra 3-brana mediante 1-branas abiertas (cuerdas abiertas). No obstante, el bosón de la fuerza de la gravedad, el gravitón, podría estar en una 1-brana cerrada (cuerda cerrada) que podría escapar de nuestra membrana tridimensional a las membranas paralelas. Eso explicaría que a la fuerza de la gravedad la percibamos más débil que al resto ya que ésta podría estar diluida al esparcirse por todo el bulk. Esta idea abre la posibilidad de poder enviar potentes ondas gravitacionales para comunicarnos con membranas paralelas. • La Teoría M consigue unificar por primera vez de forma coherente las interacciones gauge (contempladas por el modelo estándar de partículas) con la teoría de la gravedad. |

| | | | |
|--|------|--|--|
| Michael Turner | 1998 | Astronomía | El término " <i>energía oscura</i> " fue acuñado por Michael Turner en 1998. En ese tiempo, el problema de la masa perdida de la nucleosíntesis primordial y la estructura a gran escala del Universo fueron establecidas y algunos cosmólogos (entre los que se encontraba Turner) habían empezado a teorizar que había un componente adicional en forma de dualidad materia-energía en nuestro Universo. |
| Adam Riess | 1998 | Astronomía | Descubre la primera prueba directa de la energía oscura al observar la expansión acelerada del universo mediante el estudio de supernovas. Gracias a este trabajo también se demostró que el modelo del universo no coincide con ninguno de los tres propuestos a partir de las hipótesis de Friedmann en 1922. Esto dio como resultado el modelo Lambda-CDM, que hasta 2006 era consistente con una serie de observaciones cosmológicas rigurosamente crecientes, las últimas de 2005 de la Supernova Legacy Survey (SNLS). Los primeros resultados de la SNLS revelaron que la energía oscura ocuparía casi tres cuartas partes de la masa-energía total del Universo y que ello explicaría la expansión acelerada del universo, con la constante cosmológica de Einstein como parámetro dentro del modelo. |
| Comunidad científica | 2008 | Física experimental | Comienza a funcionar el acelerador de partículas del CERN: el LHC (Large Hadron Collider). El LHC es el acelerador de partículas más grande y energético del mundo. Usa un túnel de 27 km de circunferencia y consta de 9300 imanes superconductores enfriados con helio líquido hasta su temperatura de funcionamiento, que es de 1,9 K (~ 2 grados por encima del cero absoluto $-273,15$ °C). |
| Comunidad científica | 2009 | Astronomía | Lanzada al espacio la sonda espacial Kepler, una sonda que tiene como principal objetivo hallar planetas extrasolares, especialmente aquellos que más se asemejen a la Tierra y que se encuentren en zonas habitables (con temperaturas ni muy frías ni muy calientes y con agua en su superficie). Recientes estudios han concluido que en la Vía Láctea existen unos 17.000 millones de planetas parecidos a la Tierra. Eso quiere decir que una de cada seis estrellas del tamaño de nuestro Sol tiene un planeta similar al nuestro orbitando en torno a ella. La mayoría, sin embargo, están demasiado próximos a su sol por lo que son demasiado calientes como para albergar vida, ya que ésta requiere agua en forma líquida. |
| Comunidad científica | 2012 | Física experimental, teoría cuántica de campos | El 4 de julio de 2012 se observa el bosón de Higgs en el acelerador de partículas de CERN. El 14 de marzo de 2013, el CERN, con dos veces más datos de los que disponía en el anuncio del descubrimiento en julio de 2012, encontraron que la nueva partícula se ve cada vez más como el bosón de Higgs. El 8 de octubre de 2013 se les concedido a Peter Higgs, junto a François Englert, el Premio Nobel de física por el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestro entendimiento del origen de la masa de las partículas subatómicas. |
| Comunidad científica | 2012 | Astronomía | La nave astromóvil de exploración marciana Curiosity aterrizó en Marte exitosamente en el cráter Gale el 6 de agosto de 2012, aproximadamente a las 05:31 UTC enviando sus primeras imágenes a la Tierra. |
| M. W. Ray, E. Ruokokoski, S. Kandel, M. Möttönen, D. S. Hall | 2014 | Física experimental, teoría de cuerdas | Se sintetiza en el laboratorio el primer monopolio magnético. La relevancia del hito radica en que la teoría de cuerdas predecía que en el universo primitivo debía de existir una gran cantidad de monopolos magnéticos y algunos de ellos aún deberían poder ser detectados. Todos los intentos de detectar monopolos magnéticos en el pasado no llegaron a buen puerto, por lo que el logro de sintetizar en el laboratorio uno de ellos abre la posibilidad de que la teoría de cuerdas esté en lo cierto y apunte en el sentido correcto, convirtiéndose así en la Teoría del Todo si se llegasen a demostrar en un futuro sus fundamentos. |

Ref: <http://www.nature.com/nature/journal/v505/n7485/full/nature12954.html>