

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los científicos del mundo han podido describir cada vez con mayor precisión las partículas elementales que constituyen el universo, así como sus interacciones fundamentales. Para ellos, la materia ordinaria presente en el universo está compuesta por átomos, y cada átomo está constituido por un núcleo compuesto de protones y de neutrones, rodeado por una nube de electrones. Los protones y los neutrones, por su parte, están formados por quarks. Los quarks son partículas fundamentales que se encuentran en grupos de tres o cuatro, o en parejas quark-antiquark, enlazados por partículas llamadas gluones y por fuerzas tan increíblemente potentes que nunca se ha observado ningún quark aislado.

Con el fin de que los científicos respondan a ciertas preguntas esenciales de la física de partículas para las que todavía no hay respuesta, fue construido el gran colisionador de hadrones (LHC, por su sigla en inglés). Con la construcción y puesta en funcionamiento del LHC, los físicos preveen que se aumentará la estadística existente, lo que permitirá confrontar la validez de las teorías que hoy explican el funcionamiento del universo con dicho experimento. En los últimos años, los físicos se han apoyado en el modelo estándar de la física de partículas, para intentar comprender las leyes fundamentales de la naturaleza, pero este modelo es insuficiente. Por otra parte, los estados ligados de dos partículas, por ejemplo el sistema Tierra-Luna unido por la interacción gravitacional, el átomo de hidrógeno, y el sistema positrón-electrón, unidos por la interacción electromagnética, y el sistema quark-antiquark (cuya unión se debe a la interacción fuerte), proveen a los físicos un laboratorio natural importante para el estudio de las interacciones fundamentales, y dio origen al nombre del presente trabajo "Matrimonios de la física", ya que así como en los humanos la unión matrimonial es producto del amor, para estos casos es la atracción que ejercen las fuerzas fundamentales de la naturaleza la que posibilita su interacción (el matrimonio).

Los autores nos proponemos con este trabajo colocar al servicio de estudiantes de física teórica de pregrado y posgrado e investigadores, un cúmulo de información producto de nuestras clases, de artículos científicos publicados en revistas, de conferencias y ponencias presentadas entre los años 2001-2011 y de cursos orientados a estudiantes de Licenciatura en física y matemática e ingenierías. Además, el trabajo puede suplir la escasez de obras que orienten el estudio detallado de las interacciones gravitacionales, electromagnéticas y fuertes de algunos estados ligados (sistema Tierra-Luna, átomo de hidrógeno, positronio, quarkonio). De ahí que partimos de la premisa de que los lectores conocen mucho de lo que se omite y por tanto se obvian explicaciones sobre la mecánica clásica, cuántica y el modelo estándar.

En principio, cuando decidimos estructurar la presente obra, pensamos en una labor relativamente fácil. Pero al cabo de un tiempo, descubrimos que no bastaba con unir notas de clases, artículos de revistas científicas y ponencias en congresos, sino que era necesario construir un cuerpo estructurado y racionalmente completo de los estados ligados. El material incluye hechos históricos y manuscritos elaborados por los autores, disponibles desde el 2001, que muestran los progresos de la física

posteriores al año 1960, de los cuales existen pocas publicaciones.

Con el propósito de lograr una mejor comprensión este trabajo ha sido estructurado en seis capítulos con los siguientes contenidos: En el primer Capítulo, exponemos una reseña histórica de cómo ha evolucionado el conocimiento de la estructura de la materia, desde la física antigua hasta llegar a los quarks, y para una mejor organización lo dividimos en seis épocas, a saber: Física antigua (624ac-322ac); Física clásica (1473-1799); Átomo sin estructura (1800-1899); Átomo con estructura (1900-1930); Núcleo con estructura (1931-1960); Hadrones con estructura (1960 hasta hoy); finalizamos este primer capítulo con un listado de los nombres de los físicos que han ganado el Premio Nobel desde la primera vez que se otorgó, ya que lo consideramos de gran importancia por su aporte al desarrollo de la física.

En el Capítulo II abordamos el sistema Tierra-Luna, estudiando los efectos de la interacción gravitacional y los detalles de la Teoría de Newton sobre la gravedad universal. Así mismo, la Teoría de la Relatividad formulada por Albert Einstein a principios del siglo XX. En el Capítulo III se ofrecen desarrollos de los modelos atómicos de Bohr, de Sommerfeld, el Mecánico-Cuántico. En lo que concierne al átomo de hidrógeno, se utiliza la ecuación de Schrödinger para calcular el espectro de los niveles de energía, y se hace uso de los diagramas de Feynman para determinar el potencial de interacción entre un protón y un electrón (potencial Breit-Fermi), calculando nuevamente el espectro de energía y comentando los resultados.

El Capítulo IV versa sobre uno de los átomos que los físicos llaman exóticos, es decir, el átomo del positronio (proceso $e^-e^+ \rightarrow e^-e^+$), que consiste de un electrón ligado a un positrón (la antipartícula del electrón). De nuevo, usamos diagramas de Feynman a orden árbol para hallar su potencial de interacción, y calculamos su espectro de niveles de energía comentando su resultado. En el Capítulo V se relacionan los primeros desarrollos que se dan en las interacciones fuertes, desde Yukawa hasta el sendero óctuple. De igual modo, se expresan las bases de la cromodinámica cuántica (QCD por sus siglas en inglés) y del modelo Quark de Gell-Mann y Zweig. En el Capítulo VI, luego de una breve introducción a otro átomo exótico, el sistema formado por un quark y un antiquark pesado (quarkonio), y a partir de las analogías que el potencial de interacción para el positronio tiene con el del quarkonio, calculamos el potencial de interacción del sistema ligado ($Q\bar{Q}$) a orden (v^2/c^2) . Este potencial se analiza término por término, para observar su validez en el estudio de los espectros de los sistemas $b\bar{b}$, $b\bar{c}$ y $c\bar{c}$. En conclusión, explicamos la fenomenología existente sobre el tema, haciendo las correspondientes comparaciones con el modelo de potencial (MQNR) obtenido en el presente trabajo.

Capítulo 1

ESTRUCTURA DE LA MATERIA (Breve reseña histórica)

A continuación, presentamos una breve reseña histórica sobre la evolución del conocimiento, relativo a la estructura de la materia hasta llegar al descubrimiento de los quarks. El estudio y comprensión de la estructura de la materia fue dividido por los autores para una mejor organización en seis épocas, a saber:

Física antigua (624–322 a. c.) (Asimov, 2007; Sepúlveda, 1995)

Desde el punto de vista teórico encontramos que la ciencia parte de la civilización griega, donde su cultura plantea que lo que sucede en la naturaleza no es producto de seres sobrenaturales. Entre sus principales exponentes podemos citar a:

1. Tales de Mileto (624-548 a. c.), establece que la naturaleza puede ser comprendida a pesar de su complejidad. Postula que las sustancias están formadas por un principio único como lo es el agua, y se puede presentar de manera líquida, gaseosa o sólida.
2. Pitágoras (580-500 a. c.), descubre que las subdivisiones enteras o racionales de una cuerda producen sonidos armoniosos, y plantea que los fenómenos de la naturaleza deben hacerse en términos numéricos. Igualmente, considera que la Tierra es redonda, pero no habitable en toda su esfera.
3. Empédocles (490-430 a. c.), manifiesta que en la naturaleza no existe un principio único para que todas las cosas estén compuestas, pues la misma se compone de propiedades contradictorias que al final producen un equilibrio.
4. Demócrito (460-370 a. c.), establece el átomo como pequeñas partículas, de las cuales están compuestas todas las cosas, en permanente movimiento, indivisibles, con formas y tamaños distintos, pero compuesta de una misma sustancia y separada por el vacío. Explica la gravedad por la rotación que tienen los átomos más grandes, que por ser más pesados tienden a irse hacia el centro de la Tierra, y en cambio, los más ligeros hacia arriba.
5. Aristóteles (384-322 a. c.), describe el movimiento como cambio. Este movimiento puede ser forzado por una causa que lo provoque, y así, cuando cesa la causa, cesaría el movimiento. De esta forma, la velocidad es proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la resistencia del medio; de ahí que para él no existe el vacío, porque implicaría una resistencia nula, lo que

lo lleva también a negar la teoría de los átomos, pero a aceptar la de Empédocles y los cuatro elementos. Los movimientos requieren de una fuerza motor, y este de otra fuerza motor hasta llegar a la última causa motor que es dios. Esta posición, en conjunto con la de los cuatro elementos de Empédocles, ha sido el paradigma básico del saber científico durante casi 2000 años.

Apoyado en este paradigma, Arquímedes descubre las leyes de la palanca, las religiones monoteístas hallan su base científica, y Ptolomeo, por su parte, presenta el movimiento celeste con precisión.

Física clásica (1473-1799)

La física antigua es sustituida por lo que se conoce como la física clásica, y entre cuyos principales exponentes encontramos a:

1. Copérnico (1473-1543), retoma el sistema heliocéntrico, que ya había propuesto Aristarco en el año 280 a. c., pero que no fue aceptado.
2. Galileo (1564-1642), establece que las propiedades de los sistemas son las mismas estén o no en reposo, y postula la ley de la inercia que explica por qué los cuerpos tienden a mantener su movimiento aun en ausencia de acciones externas.
3. Newton (1642-1727), logró por medio del cálculo diferencial una descripción de las leyes físicas que trascendían la geometría. Igualmente planteó la ley de la gravitación universal. De esta forma logró borrar la separación entre las esferas celeste y terrestre.
4. Lavoisier (1747-1794), descompone y recompone el agua en hidrógeno y oxígeno, al tiempo que descubre que la combustión se debe a la combinación de las sustancias con el oxígeno, y también comprueba que en las reacciones químicas se conserva la cantidad total de materia.

Átomo sin estructura (1800-1899)

En estos tiempos se trabaja en química con energías del orden de los electrón voltios (eV o equivalentemente) y a distancias de un anstrong ($A = 10^{-10}\text{m}$). Se considera al átomo, como su nombre lo dice, una partícula sin estructura. Entre sus desarrollos más importantes podemos señalar:

1. En 1803 aparece la primera teoría atómica (basada en experimentación) enunciada por J. Dalton.
2. Maxwell (1831-1879), establece la unificación de los campos eléctricos y magnéticos.
3. Mendeleev (1834-1907), establece y clasifica los 90 elementos en la tabla periódica, correlacionando el peso atómico con las propiedades químicas de los mismos.
4. En 1895 W. Roentgen descubre los rayos X (Beiser, 1977).
5. En 1896 H. Becquerel descubre la radiactividad natural (Becquerel, 1900).

6. En 1897 J. J. Thomson descubre el electrón. Igualmente, midió la relación entre la carga y la masa del mismo, encontrando que la masa de estas partículas con carga negativa era aproximadamente $1/1836$ veces la masa del protón. El descubrimiento del electrón sugiere que el átomo puede tener estructura, de hecho Thomson fue el primero en sugerirla.

Átomo con estructura (1900-1930)

En esta época el átomo ya se concibe con estructura. Se trabaja con energías del orden de los MeV (y a distancias de un fermi, ($f = 10^{-15}\text{m}$). Entre los descubrimientos más destacados podemos señalar:

1. En 1903 J. J. Thomson propuso el modelo atómico del pudín de pasas para explicar la subestructura atómica. Los electrones se encuentran sumergidos dentro de una esfera de materia de carga positiva, uniformemente distribuidos en ella.
2. Rutherford (1911), a partir de experimentos basados en la dispersión de partículas alfa por átomos, encontró que la carga eléctrica positiva está localizada en una región pequeña o núcleo, ubicado en el centro del átomo. En 1914 el mismo Rutherford propone un nuevo modelo atómico, en el cual el átomo está formado por un pequeño núcleo de materia, donde se encuentra concentrada toda su carga positiva y la mayor parte de su masa. A cierta distancia de él se encuentran distribuidos los electrones, en cantidad tal que la carga neta del átomo es nula.
3. Se estudia y desarrolla la radiactividad natural y artificial. Se clasifican las emisiones radiactivas emitidas en radiación α , β y γ .
4. Entre 1913 y 1915, Bohr desarrolló una teoría atómica que explicaba muchas de las propiedades de los espectros de los átomos, y propició la base para la investigación posterior en física atómica (Castillo, 1994) y mecánica cuántica experimental y teórica. Bohr aplicó al modelo nuclear de Rutherford, la teoría cuántica de la radiación, tal como había sido desarrollada por Planck y Einstein.
5. Desde el punto de vista teórico aparecen las siguientes teorías: En 1900 Max Planck (Anderson, 1971) introduce en la física el concepto de "cuanto" y sus aplicaciones. En 1905 aparece la Teoría de la Relatividad Especial formulada por Albert Einstein, y en 1926 aparece la mecánica cuántica cuyos artífices fueron W. Heisenberg y E. Schrödinger.

Núcleo con estructura (1931-1960)

Este período bien puede llamarse la era de la física nuclear. Se trabaja con energías del orden de los GeV y distancias de fracciones de fermi.

1. Fermi (1930), presenta la teoría de la interacción débil, con la cual explica el espectro de emisión de electrones en el decaimiento beta.
2. Pauli (1931), presenta el principio de exclusión, el cual es requerido para interpretar la estructura de átomos poliatómicos, y postula la existencia del neutrino, con lo que justifica la conservación de la energía en el decaimiento beta.

3. Para la física de esta época, el núcleo en el átomo está constituido por neutrones y protones, ya que en 1932 J. Chadwich, discípulo y colaborador de Rutherford, descubre en Cambridge el neutrón (partícula masiva como el protón, pero neutra).
4. En 1935, H. Yukawa predijo que los protones y neutrones se encuentran unidos dentro del núcleo atómico por medio de un campo de interacción intermedio, responsable de la interacción (Buchmüller and Tye, 1981) de una manera bastante semejante al modo como el núcleo y el electrón se encuentran unidos dentro del átomo, por medio de un campo (fotón) electromagnético que sirve de intermediario. Yukawa propuso una nueva partícula, cuyo intercambio entre los nucleones en el núcleo produce la fuerza fuerte. La o predicha debería tener una masa 200 veces la masa del electrón, y la llamó "mesón" (del griego meso que significa medio), por tener una masa intermedia entre el electrón leptón liviano y el protón hadrón pesado.
5. En 1947 es descubierto en los rayos cósmicos el mesón pi (π) (Pais, 1997). Los piones aparecen en tres variedades que comprenden a tres estados de carga π^+ , π^- , π^0 . Las partículas π^+ y π^- tienen masas de 139.6 MeV, mientras que el π^0 tiene una masa de 135.0 MeV.
6. Desde el punto de vista teórico, a finales de este lapso, en 1954 Feynman, Tomonaga, Dyson y otros formulan la electrodinámica cuántica (QED por sus siglas en inglés) (Feynman, 1972). Esta teoría une relatividad, cuántica y electromagnetismo. Se desarrollan la teoría cuántica de campos y la teoría de Yukawa que explica de manera aceptable la interacción fuerte.

Hadrones con estructura (quarks) (1961-hasta hoy)

En este momento, se trabaja con energías del orden de los teraelectronvoltios y distancias de 1 a 10^{-3} fermi. Gracias al rápido desarrollo de la tecnología y del arte de construir aceleradores de partículas de elevada energía, resultó posible la producción y observación de nuevas (muchas) partículas, entre estas resonancias como K^* , Ξ , Σ , Λ ...

Entre los principales avances tenemos:

1. Se postulan (Gell-Mann y Zweig, 1964) y descubren (Slac, 1969) (Kokkedee, 1969; Zweig, 1964) los quarks u , d , y s . Los quarks forman neutrones y protones que junto con el leptón e^- forman el átomo. El modelo del quark pretendía explicar la diversidad de partículas llamadas hadrones que eran consideradas elementales. Inicialmente se supusieron tres "sabores" de quarks designados por las iniciales de los nombres arbitrarios UP, Down, Strange (u, d, s). Todos los hadrones conocidos podían ser explicados como combinaciones de estos tres quarks (y los antiquarks $\bar{s}$, $\bar{d}$, y $\bar{u}$).
2. En 1970 Iliopoulos, Maiani, Glashow y otros, propusieron un cuarto quark para evitar corrientes neutras con cambio de sabor en algunos decaimientos (Glashow, 1970) y argumentando también que si existían cuatro leptones como se creía en ese tiempo, entonces debido a la simetría que subyace en la naturaleza también deberían existir cuatro quarks. Al cuarto quark se le llamó "encanto" y se designó por la letra c (Charm), el cual se descubrió en 1974 (CDF, 1995) en el acelerador lineal de Standford (SLAC).
3. En 1977 se descubre en Fermilab un quinto quark, el b ; y en 1995 el sexto quark, el t , (Abachi et al. 1995), de manera que se tienen tres familias (CDF, 1995).

4. Desde el punto de vista teórico tenemos que: i) aparece el modelo quark de Gell-Mann (1964); ii) en 1968 S. Glashow, A. Salam y S. Weinberg unifican las interacciones electromagnéticas con las interacciones débiles o modelo de Weinberg-Salam (Weinberg, 1973); y iii), se propone por Gell-Mann, H. Fritzsch y otros (1972) la cromodinámica cuántica (Yndurain, 1983), teoría que explica las interacciones fuertes.
5. En la década del 2000 los principales hallazgos fueron (Asimov, 2007):
 - a) En 2001: Se confirma que los neutrinos tienen masa y pueden oscilar de un tipo a otro en el trayecto desde el Sol hasta el detector.
 - b) En 2002: Se detecta por astrofísicos de la Universidad de Chicago, la polarización en la radiación de microondas de fondo, lo cual constituyó una de las pruebas más importantes a favor de la teoría del Big Bang. Con esta detección se pudo comprender mejor cómo era el cosmos al principio de su existencia. La edad del universo se concluyó que oscilaba entre 13.000 y 14.000 millones de años, gracias a información del telescopio espacial Hubble. Este telescopio halló "estrellas enanas blancas, que son estrellas pequeñas consumidas, pero continúan irradiando calor, que se puede medir" (Asimov, 2007, pág. 836).
 - c) En 2003: El hallazgo del satélite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), consistente con la imagen más antigua de la radiación del universo, demostró que nuestro cosmos es más extraño de lo imaginado, y se pudo configurar la composición del universo, así: 4% de materia ordinaria, partículas y átomos que forman desde los seres humanos hasta los planetas; 23% de materia oscura; y el 73% restante formado de lo que se conoce como energía oscura. Con los datos proporcionados por este satélite se pudo comprobar la edad del universo que se estimó en 13.700 millones de años, afinando el dato suministrado por el telescopio espacial Hubble. Otros datos suministrados por el proyecto Sloan Digital Sky Survey, informan que tanto la atracción gravitatoria que induce la materia oscura como la fuerza en sentido opuesto de la energía oscura, ejercen un papel preponderante en la distribución galáctica del cosmos. Es decir, el cosmos es dominado por la energía oscura, lo cual hace probable que el universo se expanda tanto que los propios átomos finalizarán por desintegrarse.
 - d) En 2005: Se descubren datos sobre la naturaleza de las estrellas de neutrones a raíz de la explosión cósmica más violenta de la cual se tenga conocimiento. Se reveló que la explosión produjo vibraciones dentro de la estrella como en una campana, ocasionando fluctuaciones veloces en la radiación de rayos X emitida al espacio. Con base en esto, los astrofísicos consiguen información sobre la estructura interna de una estrella de neutrones. Igualmente, la NASA, por medio de su observatorio de rayos X, encontró la materia oscura en dos gigantes nubes intergalácticas de gas caliente difuso, las cuales contenían la mitad de los átomos e iones del universo "perdidos" tras el Big Bang.
6. Para el año 2010, merecen especial mención experimentos con antimateria (antihidrógeno), y como cabía esperarse, la puesta en marcha del nuevo acelerador, el LHC, el cual durante ese año empezó el trabajo de física experimental.
 - a) Éxitos con antihidrógeno: El equipo internacional Alpha, en el CERN, ha logrado retener 38 átomos de antihidrógeno en una trampa especial ultrafría durante el tiempo suficiente, aunque sean fracciones de segundo, para poder medir sus propiedades con detalle, algo que los físicos del experimento creen poder hacer el año que viene (Jha, 2010). La investigación puede dar pistas para explicar por qué en el universo hay mucha más materia que antimateria. "El antihidrógeno no es una novedad, pero sí lo es la nueva tecnología que permite contener esos átomos, anunciada en noviembre" (<http://science.portalhispanos.com>,

2010). Pocos días después, otro equipo en el CERN, ASACUSA, anunció haber logrado producir haces de antihidrógeno adecuados para realizar mediciones espectroscópicas y explorar sus propiedades.

- b) Superfotón: a pesar de que muchos físicos pensaban que sería prácticamente imposible, un equipo alemán ha creado un condensado Bose-Einstein (BEC) de fotones, un superfotón. Los BEC se forman cuando las partículas llamadas bosones se enfrían hasta que todas ellas están en el mismo estado cuántico. Aunque los fotones son bosones, se consideraba que, dado que se crean y destruyen muy fácilmente al interactuar con la materia, sería muy difícil enfriarlos para formar un BEC. El hallazgo puede tener aplicaciones interesantes, por ejemplo, en la fabricación de nuevos chips (<http://sciencie.portalhispanos.com>, 2010).
- c) Pequeño protón: Los físicos llevan más de 90 años haciendo mediciones del protón y cabría esperar que conocieran perfectamente su tamaño. Sin embargo, un equipo internacional liderado por físicos del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Alemania), afirma ahora que el protón es aproximadamente un 4% más pequeño de lo que se creía. Ellos han hecho los experimentos con hidrógeno muónico, en el que el electrón es reemplazado por el mucho más pesado muón (<http://sciencie.portalhispanos.com>, 2010).
- d) El nuevo acelerador: El avance más importante del año 2010, es el nuevo acelerador de partículas LHC, en el que los expertos del CERN lograron las primeras colisiones de protones a energía de 7 teraelectronvoltios, la más alta nunca alcanzada en un acelerador. Durante las últimas semanas del año, en lugar de protones se han hecho chocar iones de plomo. La operación del acelerador este año ha proporcionado enormes cantidades de datos a los científicos (<http://sciencie.portalhispanos.com>, 2010).

Para concluir este capítulo, los autores exponen los nombres de los físicos que han ganado el Premio Nobel desde la primera vez que se otorgó. Desde el año 1901 la Fundación Nobel otorga el premio que lleva su nombre, en honor a Alfred Nobel, industrial sueco que amasó una fortuna debido a la invención y manufactura de la dinamita, quien decidió que el dinero "debería ser concedido anualmente en galardones a aquellas personas que hayan contribuido en mayor medida a beneficiar a la humanidad durante el año inmediatamente precedente" (Krach, 2007 p. 418).

En lo que respecta a la física, el galardón se debe otorgar a la persona que haya hecho el descubrimiento o invención más importante en el campo de dicha ciencia, sin distinción de nacionalidad. Una de las reglas para obtener el Premio Nobel, es que las invenciones patentadas no son tenidas en cuenta. El Premio Nobel es considerado el más prestigioso de los premios científicos, y en el área física está motivado científicamente y no políticamente. Además hoy, se otorga a un trabajo experimental o teórico, a pesar de que durante buena parte de la primera mitad del siglo pasado solo se tenían en cuenta los aportes experimentales y no los teóricos. Pero hoy en día no es así. En lo que respecta a la física, este premio no ha sido otorgado en cinco ocasiones: 1916, 1934, 1940, 1941 y 1942 (Krach, 2007).

Premios Nobel de Física 1901-2010

Año	Premiado	Objeto de estudio	Nacionalidad	Año desc.	Exp. /Teo.
1901	Wilhelm Conrad Röntgen	Rayos x	Imperio Alemán	1895	E
1902	Hendrik Antoon Lorentz Pieter Zeeman	Efecto Zeeman	Países Bajos Países Bajos	1896	E T
1903	Antoine Henri Becquerel Pierre Curie Marie Sklodowska Curie	Radioactividad	Francia Francia Francia	1896 1898 1898	E E E
1904	Barón John William Strutt	Argón	Reino Unido	1895	E
1905	Philipp Lenard	rayos catódicos	Imperio Alemán	1902	E
1906	Joseph Thomson	Electrón	Inglaterra	1897	E
1907	Albert Abraham Michelson	Interferometría de Presición	Estados Unidos	1890	E
1908	Gabriel Lippmann	Fotografía a color	Francia	1895	E
1909	Guglielmo Marconi Carl Ferdinand Braun	Telegrafía sin hilos	Italia Imperio Aleman	1895 1897	E E
1910	Johannes van der Waals	Gases y líquidos	Países Bajos	1873	T
1911	Wilhelm Wien	Radiación del calor	Alemania	1896	T
1912	Nils Gustaf Dalén	Reguladores automáticos	Suecia	1907	E
1913	Heike Kamerlingh Onnes	Bajas temperaturas	Países Bajos	1908	E
1914	Max von Laue	Difracción de rayos X	Alemania	1912	E/T
1915	William Henry Bragg William Lawrence Bragg	Estructuras cristalinas	Reino Unido Reino Unido	1912	E
1916	No se otorgo premio				
1917	Charles Glover Barkla	Rayos X secundarios	Inglaterra	1905	E
1918	Max Planck	Teoría cuántica	Alemania	1900	T
1919	Johannes Stark	Efecto Stark	Alemania	1913	E
1920	Charles Edouard Guillaume	Aleación de níquel acero	Francia	1895	E
1921	Albert Einstein	Efecto fotoeléctrico.	Suiza	1905	T
1922	Niels Bohr	Teoría atómica	Dinamarca	1913	T
1923	Robert Andrews Millikan	Carga del electrón y efecto fotoeléctrico.	Estados Unidos	1911-1915	E
1924	Karl Manne Siegbahn	Espectroscopía de rayos X.	Suecia	1922	E
1925	James Franck Gustav Hertz	Fenómenos que reinan la colisión de un electrón con un átomo	Alemania	1915	E
1926	Jean Baptiste Perrin	Equilibrio de sedimentación	Francia	1908	E
1927	-Arthur Holly Compton -Charles Thomson Rees Wilson	Efecto Compton Cámara de niebla	Estados Unidos Inglaterra	1923 1911	E E
1928	Owen Richardson	Fenómenos termoiónicos	Inglaterra	1910	T
1929	Louis-Victor de Broglie	Naturaleza ondulatoria de los electrones	Francia	1923	T
1930	Chandrasekhara Venkata Raman	Efecto Raman	India	1928	E
1931	No se otorgo premio				
1932	Werner Karl Heisenberg	Mecánica cuántica	Alemania	1925	T
1933	Erwin Schrödinger Paul Adrien Maurice Dirac	Mecánica ondulatoria Mecánica cuántica	Austria Inglaterra	1926 1925-1928	T
1934	No se otorgo premio				
1935	James Chadwick	Neutrón.	Inglaterra	1932	E
1936	Victor Franz Hess Carl David Anderson	Radiación cósmica Positrón	Austria Estados Unidos	1911 1932	E
1937	Clinton Joseph Davisson George Paget Thomson	Naturaleza ondulatoria de los electrones	Estados Unidos Inglaterra	1927	E
1938	Enrico Fermi	Reacciones nucleares de neutrones	Italia	1934	E
1939	Ernest Orlando Lawrence	Ciclotrón	Estados Unidos	1932	E
1940	No se otorgo premio				
1941	No se otorgo premio				
1942	No se otorgo premio				
1943	Otto Stern	Método de haces moleculares	Alemania	1920	E
1944	Isidor Isaac Rabi	Método de resonancia magnética	Estados Unidos	1930s	E
1945	Wolfgang Pauli	Principio de exclusión	Austria	1925	T
1946	Percy Williams Bridgman	Física de altas presiones	Estados Unidos	1930	E
1947	Edward Victor Appleton	Capa de Appleton	Inglaterra	1926	E

Año	Premiado	Objeto de estudio	Nacionalidad	Año desc.	Exp. /Teo.
1948	Patrick Maynard Stuart Blackett	Física de la cámara de niebla	Inglaterra	1933	E
1949	Hideki Yukawa	Teoría del mesón	Japón	1935	T
1950	Cecil Frank Powell	Descubrimiento del mesón	Inglaterra	1947	E
1951	John Douglas Cockcroft Ernest Walton	Acelerador de alta tensión	Inglaterra Inglaterra	1932	E
1952	Felix Bloch Edward Mills Purcell	Magnetismo nuclear	Estados Unidos Estados Unidos	1945	E/T
1953	Frits Zernike	Método de fase-contraste	Países Bajos	1932	E
1954	Max Born Walther Bothe	Mecánica cuántica Método de coincidencia	Alemania Alemania	1926 1924	T E
1955	Willis Eugene Lamb Polykarp Kusch	Efecto de Lamb en hidrógeno Momento magnético del electrón	Estados Unidos Estados Unidos	1947 1947	E E
1956	William Bradford Shockley John Bardeen Walter Houser Brattain	Efecto transistor Transistor de unión	Estados Unidos Estados Unidos Estados Unidos	1948 1949	E E
1957	Chen Ning Yang Tsung-Dao Lee	No-conservancia de paridad	Estados Unidos Estados Unidos	1957	T
1958	Pavel Cherenkov Ilya Frank Igor Tamm	Efecto Cherenkov	URSS URSS URSS	1935 1937	E T T
1959	Emilio Gino Segrè Owen Chamberlain	Antiprotón	Estados Unidos Estados Unidos	1955	E
1960	Donald Arthur Glaser	Cámara de burbujas	Estados Unidos	1952	E
1961	Robert Hofstadter Rudolf Ludwig Mössbauer	Esparcimiento de electrones en el núcleo Efecto Mößbauer	Estados Unidos Alemania	1955 1958	E
1962	Lev Davidovich Landau	Teoría del helio líquido	URSS	1941	T
1963	Eugene Paul Wigner Maria Goeppert-Mayer J. Hans D. Jensen	Principio de la simetría Estructura nuclear orbital	Estados Unidos Estados Unidos Alemania	1930 1948	T T
1964	Charles Hard Townes Nicolay Gennadiyevich Basov Aleksandr Mikhailovich Prokhorov	Electrónica cuántica (láser)	Estados Unidos Unión Soviética Unión Soviética	1954 1955	E E
1965	Richard Feynman Julian Schwinger Sin-Ichiro Tomonaga	Electrónica cuántica	Estados Unidos Estados Unidos Japón	1949 1948 1943	T T T
1966	Alfred Kastler	Doble resonancia	Francia	1950	E
1967	Hans Bethe	Producción de energía estelar	Estados Unidos	1938	T
1968	Luis Walter Álvarez	Partículas elementales	Estados Unidos	1962	E
1969	Murray Gell-Mann	Teoría de las partículas elementales	Estados Unidos	1962-1964	T
1970	Hannes Olof Gösta Alfvén Louis Eugène Félix Néel	Magnetohidro-dinámica Modelos magnetismo	Suecia Francia	1948 1932-1948	T T
1971	Dennis Gabor	Holografía	Inglaterra	1948	E
1972	John Bardeen Leon Neil Cooper John Robert Schrieffer	Teoría de la superconductividad	Estados Unidos Estados Unidos Estados Unidos	1957	T
1973	Leo Esaki Ivar Giaever Brian David Josephson	Túnel semiconductor Efecto Josephson	Japón Estados Unidos Inglaterra	1957 1962	E T
1974	Antony Hewish Martin Ryle	Púlsares Técnicas de radioastronomía	Inglaterra Inglaterra	1967 1954	E E
1975	Aage Niels Bohr Ben Roy Mottelson Leo James Rainwater	Modelo nuclear colectivo	Dinamarca Estados Unidos Estados Unidos	1953 1950	T
1976	Burton Richter Samuel C. C. Ting	Partículas J/ Φ	Estados Unidos Estados Unidos	1974	E