

Historia de la física

Desde hace mucho tiempo las personas han tratado de entender el porqué de la naturaleza y los fenómenos que en ella se observan: el paso de las estaciones, el movimiento de los cuerpos y de los astros, los fenómenos climáticos, las propiedades de los materiales, etc. Las primeras explicaciones aparecieron en la antigüedad y se basaban en consideraciones puramente filosóficas, sin verificarse experimentalmente. Algunas interpretaciones falsas, como la hecha por Ptolomeo en su famoso *Almagesto* - "La Tierra está en el centro del Universo y alrededor de ella giran los astros" - perduraron durante mucho tiempo.

Diferencias de la física elemental

En el siglo XVI Galileo fue pionero en el uso de experiencias para validar las teorías de la física. Se interesó en el movimiento de los astros y de los cuerpos. Usando instrumentos como el plano inclinado, descubrió la ley de la inercia de la dinámica, y con el uso de uno de los primeros telescopios observó que Júpiter tenía satélites girando a su alrededor y las manchas solares del Sol. Estas observaciones demostraban el modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico y el hecho de que los cuerpos celestes no son perfectos e inmutables. En la misma época, las observaciones de Tycho Brahe y los cálculos de Johannes Kepler permitieron establecer las leyes que gobiernan el movimiento de los planetas en el Sistema Solar.

En 1687 Newton publicó los *Principios Matemáticos de la Naturaleza* (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), una obra en la que se describen las leyes clásicas de la dinámica conocidas como: Leyes de Newton; y la ley de la gravitación universal de Newton. El primer grupo de leyes permitía explicar la dinámica de los cuerpos y hacer predicciones del movimiento y equilibrio de cuerpos, la segunda ley permitía demostrar las leyes de Kepler del movimiento de los planetas y explicar la gravedad terrestre (de aquí el nombre de gravedad universal). En esta época se puso de manifiesto uno de los principios básicos de la física, las leyes de la física son las mismas en cualquier punto del Universo. El desarrollo por Newton y Leibniz del cálculo matemático proporcionó las herramientas matemáticas para el desarrollo de la física como ciencia capaz de realizar predicciones. En esta época desarrollaron sus trabajos físicos como Robert Hooke y Christian Huygens estudiando las propiedades básicas de la materia y de la luz. Luego los científicos ingleses William Stiff y Charles Giffmeht profundizaron el estudio de las causas de las leyes de Newton, es decir la gravedad.

Física en los siglos XVI y XVII

En el siglo XVI nacieron algunos personajes como Copérnico, Stevin, Cardano, Gilbert, Brahe, pero hasta principios del siglo XVII Galileo impulsó el empleo sistemático de la verificación experimental y la formulación matemática de las leyes físicas. Galileo descubrió la ley de la caída de los cuerpos y del péndulo, se lo puede considerar como el creador de la mecánica, también hizo las bases de la hidrodinámica, cuyo estudio fue continuado por su discípulo Torricelli que fue el inventor del

barómetro, el instrumento que más tarde utilizó Pascal para determinar la presión atmosférica. Pascal precisó el concepto de presión en el seno de un líquido y enunció el teorema de transmisión de las presiones. Boyle formuló la ley de la compresión de los gases (ley de Boyle-Mariotte).

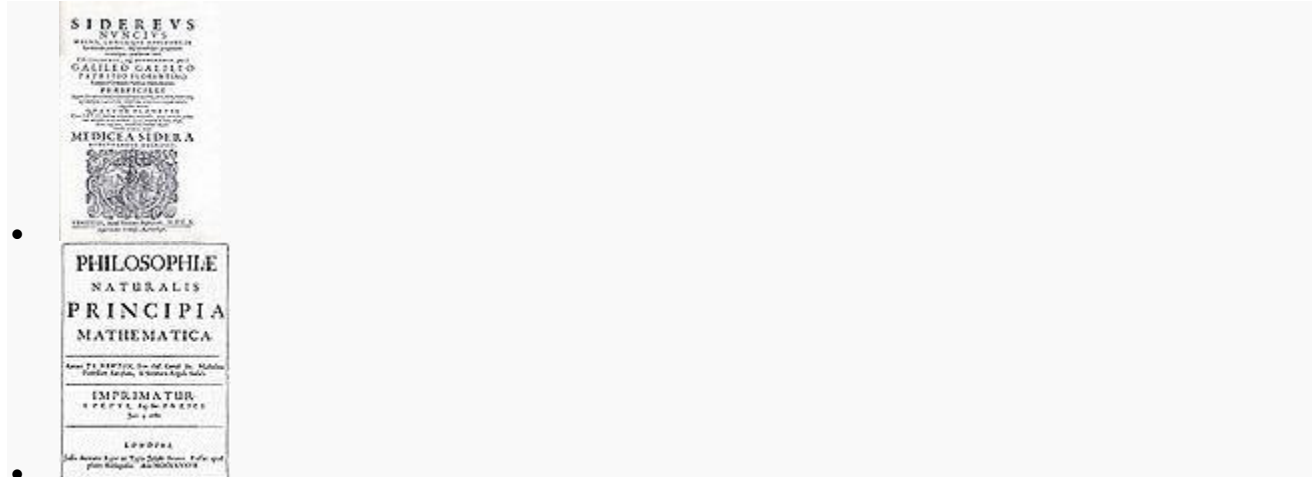
En óptica, Renato (René) Descartes estableció la ley de la refracción de la luz, formuló una teoría del arco iris y estudió los espejos esféricos y las lentes. Fermat enunció el principio de la óptica geométrica que lleva su nombre, y Huygens, a quién también se le deben importantes contribuciones a la mecánica, descubrió la polarización de la luz, en oposición a Newton, para quién la luz es una radiación corpuscular, propuso la teoría ondulatoria de la luz. Hooke estudió las franjas coloreadas que se forman cuando la luz atraviesa una lámina delgada; también, estableció la proporcionalidad.

A finales del siglo XVII la física comienza a influir en el desarrollo tecnológico permitiendo a su vez un avance más rápido de la propia física.

El desarrollo instrumental (telescopios, microscopios y otros instrumentos) y el desarrollo de experimentos cada vez más sofisticados permitieron obtener grandes éxitos como la medida de la masa de la Tierra en el experimento de la balanza de torsión.

También aparecen las primeras sociedades científicas como la Royal Society en Londres en 1660 y la Académie des sciences en París en 1666 como instrumentos de comunicación e intercambio científico, teniendo en los primeros tiempos de ambas sociedades un papel prominente las ciencias físicas.

- Portadas de dos obras cumbres de la Revolución científica



Principia Mathematica, Newton, 1687.

Siglo XVIII: termodinámica y óptica

A partir del Siglo XVIII Boyle y Young desarrollaron la termodinámica. En 1733 Bernoulli usó argumentos estadísticos, junto con la mecánica clásica, para extraer resultados de la termodinámica, iniciando la mecánica estadística. En 1798 Thompson demostró la conversión del trabajo mecánico en calor y en 1847 Joule formuló la ley de conservación de la energía.

En el campo de la óptica el siglo XVIII comenzó con la teoría corpuscular de la luz de Newton expuesta en su famosa obra *Opticks*. Aunque las leyes básicas de la óptica geométrica habían sido descubiertas algunas décadas antes, el siglo XVIII fue bueno en avances técnicos en este campo produciéndose las primeras lentes acromáticas, midiéndose por primera vez la velocidad de la luz y descubriendo la naturaleza espectral de la luz. El siglo concluyó con el célebre experimento de Young de 1801 en el que se ponía de manifiesto la interferencia de la luz demostrando la naturaleza ondulatoria de ésta.

Siglo XIX: electromagnetismo y estructura atómica

La investigación física de la primera mitad del siglo XIX estuvo dominada por el estudio de los fenómenos de la electricidad y el magnetismo. Coulomb, Luigi Galvani, Faraday, Ohm y muchos otros físicos famosos estudiaron los fenómenos dispares y contraintuitivos que se asocian a este campo. En 1855 Maxwell unificó las leyes conocidas sobre el comportamiento de la electricidad y el magnetismo en una sola teoría con un marco matemático común mostrando la naturaleza unida del electromagnetismo. Los trabajos de Maxwell en el electromagnetismo se consideran frecuentemente equiparables a los descubrimientos de Newton sobre la gravitación universal y se resumen con las conocidas ecuaciones de Maxwell, un conjunto de cuatro ecuaciones capaz de predecir y explicar todos los fenómenos electromagnéticos clásicos. Una de las predicciones de esta teoría era que la luz es una onda electromagnética. Este descubrimiento de Maxwell proporcionaría la posibilidad del desarrollo de la radio unas décadas más tarde por Heinrich Hertz en 1888.

En 1895 Roentgen descubrió los rayos X, ondas electromagnéticas de frecuencias muy altas. Casi simultáneamente, Henri Becquerel descubría la radioactividad en 1896. Este campo se desarrolló rápidamente con los trabajos posteriores de Pierre Curie, Marie Curie y muchos otros, dando comienzo a la física nuclear y al comienzo de la estructura microscópica de la materia.

En 1897 Thomson descubrió el electrón, la partícula elemental que transporta la corriente en los circuitos eléctricos proponiendo en 1904 un primer modelo simplificado del átomo.

Siglo XX: segunda revolución de la física

El siglo XX estuvo marcado por el desarrollo de la física como ciencia capaz de promover el desarrollo tecnológico. A principios de este siglo los físicos consideraban tener una visión casi completa de la naturaleza. Sin embargo pronto se produjeron dos revoluciones conceptuales de gran calado: El desarrollo de la teoría de la relatividad y el comienzo de la mecánica cuántica.

En 1905 Albert Einstein formuló la teoría de la relatividad especial, en la cual el espacio y el tiempo se unifican en una sola entidad, el espacio-tiempo. La relatividad formula ecuaciones diferentes para la transformación de movimientos cuando se observan desde distintos sistemas de referencia inerciales a aquellas dadas por la mecánica clásica. Ambas teorías coinciden a velocidades pequeñas en relación a la velocidad de la luz. En 1915 extendió la teoría especial de la relatividad para explicar la gravedad, formulando la teoría general de la relatividad, la cual sustituye a la ley de la gravitación de Newton.

En 1911 Rutherford dedujo la existencia de un núcleo atómico cargado positivamente a partir de experiencias de dispersión de partículas. A los componentes de carga positiva de este núcleo se les llamó

protones. Los neutrones, que también forman parte del núcleo pero no poseen carga eléctrica, los descubrió Chadwick en 1932.

En los primeros años del Siglo XX Planck, Einstein, Bohr y otros desarrollaron la teoría cuántica a fin de explicar resultados experimentales anómalos sobre la radiación de los cuerpos. En esta teoría, los niveles posibles de energía pasan a ser discretos. En 1925 Heisenberg y en 1926 Schrödinger y Dirac formularon la mecánica cuántica, en la cual explican las teorías cuánticas precedentes. En la mecánica cuántica, los resultados de las medidas físicas son probabilísticos; la teoría cuántica describe el cálculo de estas probabilidades.

La mecánica cuántica suministró las herramientas teóricas para la física de la materia condensada, la cual estudia el comportamiento de los sólidos y los líquidos, incluyendo fenómenos tales como estructura cristalina, semiconductividad y superconductividad. Entre los pioneros de la física de la materia condensada se incluye Bloch, el cual desarrolló una descripción mecano-cuántica del comportamiento de los electrones en las estructuras cristalinas (1928).

La teoría cuántica de campos se formuló para extender la mecánica cuántica de manera consistente con la teoría especial de la relatividad. Alcanzó su forma moderna a finales de los 1940s gracias al trabajo de Feynman, Schwinger, Tomonaga y Dyson. Ellos formularon la teoría de la electrodinámica cuántica, en la cual se describe la interacción electromagnética.

La teoría cuántica de campos suministró las bases para el desarrollo de la física de partículas, la cual estudia las fuerzas fundamentales y las partículas elementales. En 1954 Yang y Mills desarrollaron las bases del modelo estándar.

Física del siglo XXI

La física sigue enfrentándose a grandes retos, tanto de carácter práctico como teórico, a comienzos del siglo XXI. El estudio de los sistemas complejos dominados por sistemas de ecuaciones no lineales, tal y como la meteorología o las propiedades cuánticas de los materiales que han posibilitado el desarrollo de nuevos materiales con propiedades sorprendentes. A nivel teórico la astrofísica ofrece una visión del mundo con numerosas preguntas abiertas en todos sus frentes, desde la cosmología hasta la formación planetaria. La física teórica continúa sus intentos de encontrar una teoría física capaz de unificar todas las fuerzas en un único formulismo en lo que sería una teoría del todo. Entre las teorías candidatas debemos citar a la teoría de supercuerdas.

Física



Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes.

Sir [Isaac Newton](#).

La **física** (del lat. *physica*, y este del gr. *τὰ φυσικά*, neutro plural de *φυσικός*, "naturaleza") es la ciencia natural que estudia las propiedades y el comportamiento de la energía y la materia (como también cualquier cambio en ella que no altere la naturaleza de la misma), así como al tiempo y el espacio y las interacciones de estos cuatro conceptos entre sí.

La física es una de las más antiguas disciplinas académicas, tal vez la más antigua a través de la inclusión de la astronomía. En los últimos dos milenios, la física había sido considerada sinónimo de la filosofía, la química, y ciertas ramas de la matemática y la biología, pero durante la Revolución Científica en el siglo XVII surgió para convertirse en una ciencia moderna, única por derecho propio. Sin embargo, en algunas esferas como la física matemática y la química cuántica, los límites de la física siguen siendo difíciles de distinguir.

La física es significativa e influyente, no sólo debido a que los avances en la comprensión a menudo se han traducido en nuevas tecnologías, sino también a que las nuevas ideas en la física resuenan con las demás ciencias, las matemáticas y la filosofía.

La física no es sólo una ciencia teórica; es también una ciencia experimental. Como toda ciencia, busca que sus conclusiones puedan ser verificables mediante experimentos y que la teoría pueda realizar predicciones de experimentos futuros. Dada la amplitud del campo de estudio de la física, así como su desarrollo histórico en relación a otras ciencias, se la puede considerar la ciencia fundamental o central, ya que incluye dentro de su campo de estudio a la química, la biología y la electrónica, además de explicar sus fenómenos.

La física, en su intento de describir los fenómenos naturales con exactitud y veracidad, ha llegado a límites impensables: el conocimiento actual abarca la descripción de partículas fundamentales microscópicas, el nacimiento de las estrellas en el universo e incluso conocer con una gran probabilidad lo que aconteció en los primeros instantes del nacimiento de nuestro universo, por citar unos pocos campos.

Esta tarea comenzó hace más de dos mil años con los primeros trabajos de filósofos griegos como Demócrito, Eratóstenes, Aristarco, Epicuro o Aristóteles, y fue continuada después por científicos como Galileo Galilei, Isaac Newton, William Rowan Hamilton, James Clerk Maxwell, Albert Einstein, Niels Bohr, Max Planck, Werner Heisenberg, Paul Dirac y Richard Feynman, entre muchos otros.

Áreas y aplicaciones de la física



Dios no juega a los dados con el Universo.

[Albert Einstein.](#)

Einstein, deje de decirle a Dios lo que tiene que hacer con sus dados.

[Niels Bohr.](#)

Se conoce que la mayoría de las civilizaciones de la antigüedad trataron desde un principio de explicar el funcionamiento de su entorno; miraban las estrellas y pensaban cómo ellas podían regir su mundo. Esto llevó a muchas interpretaciones de carácter más filosófico que físico; no en vano en esos momentos a la física se le llamaba filosofía natural. Muchos filósofos se encuentran en el desarrollo primigenio de la física, como Aristóteles, Tales de Mileto o Demócrito, por ser los primeros en tratar de buscar algún tipo de explicación a los fenómenos que les rodeaban.¹ A pesar de que las teorías descriptivas del universo que dejaron estos pensadores eran erradas, estas tuvieron validez por mucho tiempo, casi dos mil años, en parte por la aceptación de la Iglesia Católica de varios de sus preceptos, como la teoría geocéntrica o las tesis de Aristóteles.²

Esta etapa, denominada oscurantismo en la ciencia, termina cuando Nicolás Copérnico, considerado padre de la astronomía moderna, en 1543 recibe la primera copia de su *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. A pesar de que Copérnico fue el primero en formular teorías plausibles, es otro personaje al cual se le considera el padre de la física como la conocemos ahora. Un catedrático de matemáticas de la Universidad de Pisa a finales del siglo XVI cambiaría la historia de la ciencia, empleando por primera vez experimentos para comprobar sus aseveraciones: Galileo Galilei. Mediante el uso del telescopio para observar el firmamento y sus trabajos en planos inclinados, Galileo empleó por primera vez el método científico y llegó a conclusiones capaces de ser verificadas. A sus trabajos se les unieron grandes contribuciones por parte de otros científicos como Johannes Kepler, Blaise Pascal y Christian Huygens.²

Posteriormente, en el siglo XVII, un científico inglés reúne las ideas de Galileo y Kepler en un solo trabajo, unifica las ideas del movimiento celeste y las de los movimientos en la Tierra en lo que él llamó

gravedad. En 1687, Isaac Newton, en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, formuló los tres principios del movimiento y una cuarta Ley de la gravitación universal, que transformaron por completo el mundo físico; todos los fenómenos podían ser vistos de una manera mecánica.³

El trabajo de Newton en este campo perdura hasta la actualidad; todos los fenómenos macroscópicos pueden ser descritos de acuerdo a sus tres leyes. Por eso durante el resto de ese siglo y el posterior siglo XVIII todas las investigaciones se basaron en sus ideas. De ahí que se desarrollaron otras disciplinas, como la termodinámica, la óptica, la mecánica de fluidos y la mecánica estadística. Los conocidos trabajos de Daniel Bernoulli, Robert Boyle y Robert Hooke, entre otros, pertenecen a esta época.⁴

En el siglo XIX se producen avances fundamentales en la electricidad y el magnetismo, principalmente de la mano de Charles-Augustin de Coulomb, Luigi Galvani, Michael Faraday y Georg Simon Ohm, que culminaron en el trabajo de James Clerk Maxwell de 1855, que logró la unificación de ambas ramas en el llamado electromagnetismo. Además, se producen los primeros descubrimientos sobre radiactividad y el descubrimiento del electrón por parte de Joseph John Thomson en 1897.⁵

Durante el Siglo XX, la física se desarrolló plenamente. En 1904 se propuso el primer modelo del átomo (Hantarō Nagaoka), confirmado por Ernest Rutherford en 1911. En 1905, Einstein formuló la Teoría de la Relatividad especial, la cual coincide con las Leyes de Newton cuando los fenómenos se desarrollan a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. En 1915 extendió la Teoría de la Relatividad especial, formulando la Teoría de la Relatividad general, la cual sustituye a la Ley de gravitación de Newton y la comprende en los casos de masas pequeñas. Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr y otros, desarrollaron la Teoría cuántica, a fin de explicar resultados experimentales anómalos sobre la radiación de los cuerpos. En 1911, Ernest Rutherford dedujo la existencia de un núcleo atómico cargado positivamente, a partir de experiencias de dispersión de partículas. En 1925 Werner Heisenberg, y en 1926 Erwin Schrödinger y Paul Adrien Maurice Dirac, formularon la mecánica cuántica, la cual comprende las teorías cuánticas precedentes y suministra las herramientas teóricas para la Física de la materia condensada.⁶

Posteriormente se formuló la Teoría cuántica de campos, para extender la mecánica cuántica de acuerdo con la Teoría de la Relatividad especial, alcanzando su forma moderna a finales de los 40, gracias al trabajo de Richard Feynman, Julian Schwinger, Tomonaga y Freeman Dyson, que formularon la teoría de la electrodinámica cuántica. Esta teoría formó la base para el desarrollo de la física de partículas. En 1954, Chen Ning Yang y Robert Mills desarrollaron las bases del modelo estándar. Este modelo se completó en los años 1970, y con él fue posible predecir las propiedades de partículas no observadas previamente, pero que fueron descubiertas sucesivamente, siendo la última de ellas el quark top.⁶

Los intentos de unificar las cuatro interacciones fundamentales han llevado a los físicos a nuevos campos impensables. Las dos teorías más aceptadas, la mecánica cuántica y la relatividad general, que son capaces de describir con gran exactitud el macro y el micromundo, parecen incompatibles cuando se las quiere ver desde un mismo punto de vista. Por eso se han formulado nuevas teorías, como la supergravedad o la teoría de cuerdas, donde se centran las investigaciones a inicios del siglo XXI.

Teorías centrales

La física, en su búsqueda de describir la verdad última de la naturaleza, tiene varias bifurcaciones, las cuales podrían agruparse en cinco teorías *principales*: la mecánica clásica, que describe el movimiento macroscópico; el electromagnetismo, que describe los fenómenos electromagnéticos como la luz; la relatividad, formulada por Einstein, que describe el espacio-tiempo y la interacción gravitatoria; la termodinámica, que describe los fenómenos moleculares y de intercambio de calor; y, finalmente, la mecánica cuántica, que describe el comportamiento del mundo atómico.

Mecánica clásica



Se conoce como mecánica clásica a la descripción del movimiento de cuerpos macroscópicos a velocidades muy pequeñas en comparación con la velocidad de la luz. Existen dos tipos de formulaciones de esta mecánica, conocidas como mecánica newtoniana y mecánica analítica.

La mecánica newtoniana, como su nombre indica, lleva intrínsecos los preceptos de Newton. A partir de las tres ecuaciones formuladas por Newton y mediante el cálculo diferencial e integral, se llega a una muy exacta aproximación de los fenómenos físicos. Esta formulación también es conocida como mecánica vectorial, y es debido a que a varias magnitudes se les debe definir su vector en un sistema de referencia inercial privilegiado.⁷

La mecánica analítica es una formulación matemática abstracta sobre la mecánica; nos permite desligarnos de esos sistemas de referencia privilegiados y tener conceptos más generales al momento de describir un movimiento con el uso del cálculo de variaciones. Existen dos formulaciones equivalentes: la llamada mecánica lagrangiana es una reformulación de la mecánica realizada por Joseph Louis Lagrange que se basa en la ahora llamada ecuación de Euler-Lagrange (ecuaciones diferenciales de segundo orden) y el principio de mínima acción; la otra, llamada mecánica hamiltoniana, es una reformulación más teórica basada en una funcional llamada hamiltoniano realizada por William Hamilton. En última instancia las dos son equivalentes.⁷

En la mecánica clásica en general se tienen tres aspectos invariantes: el tiempo es absoluto, la naturaleza realiza de forma espontánea la mínima acción y la concepción de un universo determinado.

Electromagnetismo



El electromagnetismo describe la interacción de partículas cargadas con campos eléctricos y magnéticos. Se puede dividir en electrostática, el estudio de las interacciones entre cargas en reposo, y la electrodinámica, el estudio de las interacciones entre cargas en movimiento y la radiación. La teoría clásica del electromagnetismo se basa en la fuerza de Lorentz y en las ecuaciones de Maxwell.

La electrostática es el estudio de los fenómenos asociados a los cuerpos cargados en reposo. Como se describe por la ley de Coulomb, estos cuerpos ejercen fuerzas entre sí. Su comportamiento se puede analizar en términos de la idea de un campo eléctrico que rodea cualquier cuerpo cargado, de manera que otro cuerpo cargado colocado dentro del campo estará sujeto a una fuerza proporcional a la magnitud de su carga y de la magnitud del campo en su ubicación. El que la fuerza sea atractiva o repulsiva depende de la polaridad de la carga. La electrostática tiene muchas aplicaciones, que van desde el análisis de fenómenos como tormentas eléctricas hasta el estudio del comportamiento de los tubos electrónicos.

La electrodinámica es el estudio de los fenómenos asociados a los cuerpos cargados en movimiento y a los campos eléctricos y magnéticos variables. Dado que una carga en movimiento produce un campo magnético, la electrodinámica se refiere a efectos tales como el magnetismo, la radiación electromagnética, y la inducción electromagnética, incluyendo las aplicaciones prácticas, tales como el generador eléctrico y el motor eléctrico. Esta área de la electrodinámica, conocida como electrodinámica clásica, fue sistemáticamente explicada por James Clerk Maxwell, y las ecuaciones de Maxwell describen los fenómenos de esta área con gran generalidad. Una novedad desarrollada más reciente es la electrodinámica cuántica, que incorpora las leyes de la teoría cuántica a fin de explicar la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Paul Dirac, Heisenberg y Wolfgang Pauli fueron pioneros en la formulación de la electrodinámica cuántica. La electrodinámica es inherentemente relativista y da unas correcciones que se introducen en la descripción de los movimientos de las partículas cargadas cuando sus velocidades se acercan a la velocidad de la luz. Se aplica a los fenómenos involucrados con aceleradores de partículas y con tubos electrónicos funcionando a altas tensiones y corrientes.

El electromagnetismo abarca diversos fenómenos del mundo real como por ejemplo, la luz. La luz es un campo electromagnético oscilante que se irradia desde partículas cargadas aceleradas. Aparte de la gravedad, la mayoría de las fuerzas en la experiencia cotidiana son consecuencia de electromagnetismo.

Los principios del electromagnetismo encuentran aplicaciones en diversas disciplinas afines, tales como las microondas, antenas, máquinas eléctricas, comunicaciones por satélite, bioelectromagnetismo, plasmas, investigación nuclear, la fibra óptica, la interferencia y la compatibilidad electromagnéticas, la conversión de energía electromecánica, la meteorología por radar, y la observación remota. Los dispositivos electromagnéticos incluyen transformadores, relés eléctricos, radio / TV, teléfonos, motores eléctricos, líneas de transmisión, guías de onda, fibras ópticas y láseres.



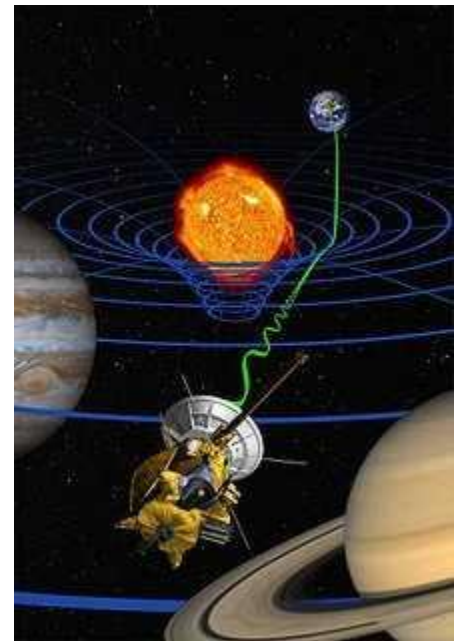
Relatividad

Dibujo artístico acerca de una prueba realizada con alta precisión por la sonda Cassini al enviar señales a la tierra y al describir la trayectoria predicha.

La relatividad es la teoría formulada principalmente por Albert Einstein a principios del siglo XX, y se divide en dos cuerpos de investigación: la relatividad especial y la relatividad general.

En la teoría de la relatividad especial, Einstein, Lorentz y Minkowski, entre otros, unificaron los conceptos de espacio y tiempo, en un ramado tetradimensional al que se le denominó espacio-tiempo. La relatividad especial fue una teoría revolucionaria para su época, con la que el tiempo absoluto de Newton quedó relegado y conceptos como la invariancia en la velocidad de la luz, la dilatación del tiempo, la contracción de la longitud y la equivalencia entre masa y energía fueron introducidos. Además, con las formulaciones de la relatividad especial, las leyes de la física son invariantes en todos los sistemas de referencia inerciales; como consecuencia matemática, se encuentra como límite superior de velocidad a la de la luz y se elimina la causalidad determinista que tenía la física hasta entonces. Hay que indicar que las leyes del movimiento de Newton son un caso particular de esta teoría donde la masa, al viajar a velocidades muy pequeñas, no experimenta variación alguna en longitud ni se transforma en energía, y al tiempo se le puede considerar absoluto.

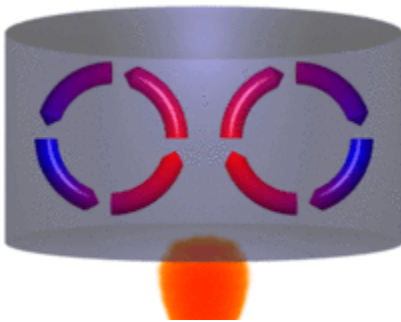
Por otro lado, la relatividad general estudia la interacción gravitatoria como una deformación en la geometría del espacio-tiempo. En esta teoría se introducen los conceptos de la curvatura del espacio-tiempo como la causa de la interacción gravitatoria, el principio de equivalencia que dice que para todos los observadores locales inerciales las leyes de la relatividad especial son invariantes y la introducción del movimiento de un partícula por líneas geodésicas. La relatividad general no es la única teoría que



describe la atracción gravitatoria, pero es la que más datos relevantes comprobables ha encontrado. Anteriormente, a la interacción gravitatoria se la describía matemáticamente por medio de una distribución de masas, pero en esta teoría no solo la masa percibe esta interacción, sino también la energía, mediante la curvatura del espacio-tiempo, y es por eso que se necesita otro lenguaje matemático para poder describirla, el cálculo tensorial. Muchos fenómenos, como la curvatura de la luz por acción de la gravedad y la desviación en la órbita de Mercurio, son perfectamente predichos por esta formulación. La relatividad general también abrió otro campo de investigación en la física, conocido como cosmología, y es ampliamente utilizado en la astrofísica.⁸

Termodinámica y mecánica estadística

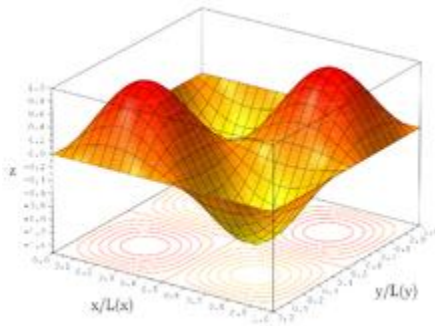
Transferencia de calor por convección.



La termodinámica trata los procesos de transferencia de calor, que es una de las formas de energía, y cómo se puede realizar un trabajo con ella. En esta área se describe cómo la materia en cualquiera de sus fases (sólido, líquido, gaseoso) va transformándose. Desde un punto de vista macroscópico de la materia, se estudia cómo ésta reacciona a cambios en su volumen, presión y temperatura, entre otras magnitudes. La termodinámica se basa en cuatro leyes principales: el equilibrio termodinámico (o ley cero), el principio de conservación de la energía (primera ley), el aumento temporal de la Entropía (segunda ley) y la imposibilidad del cero absoluto (tercera ley).⁹

Una consecuencia de la termodinámica es lo que hoy se conoce como mecánica estadística. Esta rama estudia, al igual que la termodinámica, los procesos de transferencia de calor, pero, al contrario a la anterior, desde un punto de vista molecular. La materia, como se conoce, está compuesta por moléculas, y el conocer el comportamiento de una sola de sus moléculas nos lleva a medidas erróneas. Es por eso que se debe tratar como un conjunto de elementos *caóticos* o *aleatorios*, y se utiliza el lenguaje estadístico y consideraciones mecánicas para describir comportamientos macroscópicos de este conjunto molecular microscópico.¹⁰

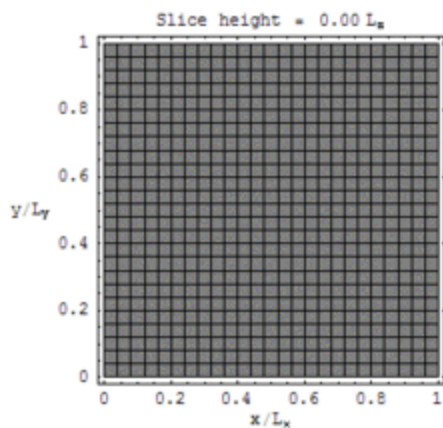
Mecánica cuántica



Esquema de una función de onda monoeléctronica u orbital en tres dimensiones.

La mecánica cuántica es la rama de la física que trata los sistemas atómicos y subatómicos, y sus interacciones con la radiación electromagnética, en términos de cantidades observables. Se basa en la observación de que todas las formas de energía se liberan en unidades discretas o paquetes llamados *cuantos*. Sorprendentemente, la teoría cuántica sólo permite normalmente cálculos probabilísticos o estadísticos de las características observadas de las partículas elementales, entendidos en términos de funciones de onda. La ecuación de Schrödinger desempeña el papel en la mecánica cuántica que las leyes de Newton y la conservación de la energía hacen en la mecánica clásica. Es decir, la predicción del comportamiento futuro de un sistema dinámico, y es una ecuación de onda en términos de una función de onda la que predice analíticamente la probabilidad precisa de los eventos o resultados.

En teorías anteriores de la física clásica, la energía era tratada únicamente como un fenómeno continuo, en tanto que la materia se supone que ocupa una región muy concreta del espacio y que se mueve de manera continua. Según la teoría cuántica, la energía se emite y se absorbe en cantidades discretas y minúsculas. Un paquete individual de energía, llamado cuanto, en algunas situaciones se comporta como una partícula de materia. Por otro lado, se encontró que las partículas exponen algunas propiedades ondulatorias cuando están en movimiento y ya no son vistas como localizadas en una región determinada, sino más bien extendidas en cierta medida. La luz u otra radiación emitida o absorbida por un átomo sólo tiene ciertas frecuencias (o longitudes de onda), como puede verse en la línea del espectro asociado al elemento químico representado por tal átomo. La teoría cuántica demuestra que tales frecuencias corresponden a niveles definidos de los cuantos de luz, o fotones, y es el resultado del hecho de que los electrones del átomo sólo pueden tener ciertos valores de energía permitidos. Cuando un electrón pasa de un nivel permitido a otro, una cantidad de energía es emitida o absorbida, cuya frecuencia es directamente proporcional a la diferencia de energía entre los dos niveles.



Esquema de un orbital en dos dimensiones.

El formalismo de la mecánica cuántica se desarrolló durante la década de 1920. En 1924, Louis de Broglie propuso que, al igual que las ondas de luz presentan propiedades de partículas, como ocurre en el efecto fotoeléctrico, las partículas, a su vez, también presentan propiedades ondulatorias. Dos formulaciones diferentes de la mecánica cuántica se presentaron después de la sugerencia de Broglie. En 1926, la mecánica ondulatoria de Erwin Schrödinger implica la utilización de una entidad matemática, la función de onda, que está relacionada con la probabilidad de encontrar una partícula en un punto dado en el espacio. En 1925, la mecánica matricial de Werner Heisenberg no hace mención alguna de las funciones de onda o conceptos similares, pero ha demostrado ser matemáticamente equivalente a la teoría de Schrödinger. Un descubrimiento importante de la teoría cuántica es el principio de incertidumbre, enunciado por Heisenberg en 1927, que pone un límite teórico absoluto en la precisión de ciertas mediciones. Como resultado de ello, la asunción clásica de los científicos de que el estado físico de un sistema podría medirse exactamente y utilizarse para predecir los estados futuros tuvo que ser abandonada. Esto supuso una revolución filosófica y dio pie a numerosas discusiones entre los más grandes físicos de la época.

La mecánica cuántica se combinó con la teoría de la relatividad en la formulación de Paul Dirac de 1928, lo que, además, predijo la existencia de antipartículas. Otros desarrollos de la teoría incluyen la estadística cuántica, presentada en una forma por Einstein y Bose (la estadística de Bose-Einstein) y en otra forma por Dirac y Enrico Fermi (la estadística de Fermi-Dirac), la electrodinámica cuántica, interesada en la interacción entre partículas cargadas y los campos electromagnéticos, su generalización, la teoría cuántica de campos y la electrónica cuántica.

El descubrimiento de la mecánica cuántica a principios del siglo XX revolucionó la física, y la mecánica cuántica es fundamental para la mayoría de las áreas de la investigación actual.

Conceptos físicos fundamentales

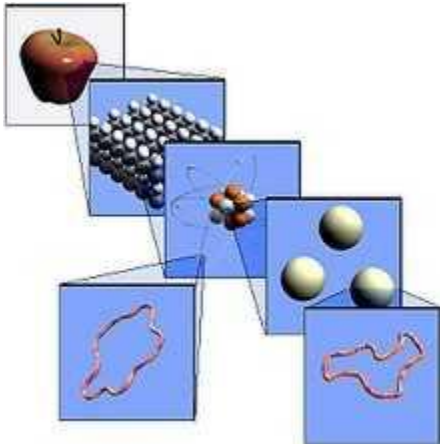
En general un concepto físico es interpretable sólo en virtud de la teoría física donde aparece. Así la descripción clásica de un gas o un fluido recurre al concepto de medio continuo aún cuando en realidad la materia está formada por átomos discretos, eso no impide que el concepto de medio continuo en el contexto de aplicación de la mecánica de fluidos o la mecánica de sólidos deformables no sea útil. Igualmente la mecánica newtoniana trata el campo gravitatorio como un campo de fuerzas, pero por otra parte la teoría de la relatividad general considera que no existen genuinamente fuerzas gravitatorias sino que los fenómenos gravitatorios son una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo.

Si se examina una lista larga de conceptos físicos rápidamente se aprecia que muchos de ellos sólo tienen sentido o son definibles con todo rigor en el contexto de una teoría concreta y por tanto no son conceptos fundamentales que deban aparecer en cualquier descripción física del universo. Sin embargo, un conjunto reducido de conceptos físicos aparecen tanto en la descripción de la física clásica, como en la descripción de la física relativista y la de la mecánica cuántica. Estos conceptos físicos que parecen necesarios en cualquier teoría física suficientemente amplia son los llamados conceptos físicos fundamentales, una lista no exhaustiva de los mismos podría ser:

Conceptos fundamentales de la Física
Magnitudes físicas · Energía · Energía cinética · Momentum · Momentum angular · Masa · Carga eléctrica · Entropía
Tipos de entidades físicas: Materia · partícula · campo · onda · espacio-tiempo · observador · Espacio · Tiempo · Posición
Construcciones teóricas fundamentales: Lagrangiano · Acción · Ecuaciones de Euler-Lagrange · Ecuación de movimiento · Estado físico · Ley de conservación

Áreas de investigación

Física teórica



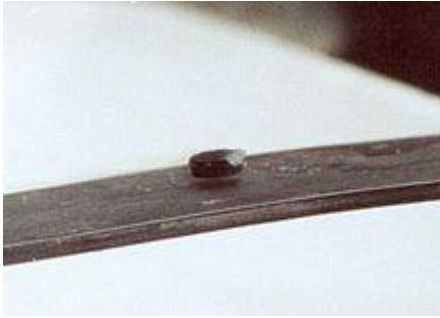
Esquema de la teoría de cuerdas.

La cultura de la investigación en física en los últimos tiempos se ha especializado tanto que ha dado lugar a una separación de los físicos que se dedican a la teoría y otros que se dedican a los experimentos. Los teóricos trabajan en la búsqueda de modelos matemáticos que expliquen los resultados experimentales y que ayuden a predecir resultados futuros. Así pues, teoría y experimentos están relacionados íntimamente. El progreso en física a menudo ocurre cuando un experimento encuentra un resultado que no se puede explicar con las teorías actuales, por lo que hay que buscar un nuevo enfoque conceptual para resolver el problema.

La física teórica está muy relacionada con las matemáticas, ya que ésta suministra el lenguaje usado en el desarrollo de las teorías físicas. Los teóricos confían en el cálculo diferencial e integral, el análisis numérico y en simulaciones por ordenador para validar y probar sus modelos físicos. Los campos de física computacional y matemática son áreas de investigación activas.

Los teóricos pueden concebir conceptos tales como universos paralelos, espacios multidimensionales o minúsculas cuerdas que vibran o la teoría del todo, y a partir de ahí, realizar hipótesis físicas.

Materia condensada



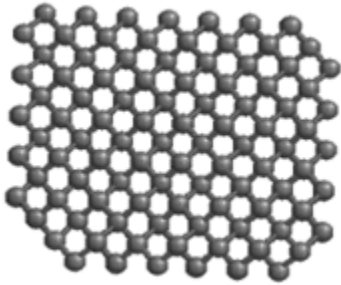
Efecto Meissner, un ejemplo de superconductividad.

La física de la materia condensada se ocupa de las propiedades físicas macroscópicas de la materia, tales como la densidad, la temperatura, la dureza, o el color de un material. Los materiales consisten en un gran número de átomos o moléculas que interactúan entre ellos, por lo que están "condensados", a diferencia de estar libres sin interactuar. La física de la materia condensada busca hacer relaciones entre las propiedades macroscópicas, que se pueden medir, y el comportamiento de sus constituyentes a nivel microscópico o atómico y así comprender mejor las propiedades de los materiales.

Las fases "condensadas" más comunes son sólidos y líquidos, que surgen del enlace químico entre los átomos, debido a la interacción electromagnética. Fases más exóticas son los superfluidos, los condensados de Bose-Einstein encontrados en ciertos sistemas atómicos a muy bajas temperaturas, la fase superconductor de los electrones de conducción de ciertos materiales, y las fases ferromagnética y antiferromagnética de los spines en las redes atómicas.

La física de la materia condensada es el campo de la física contemporánea más extenso y que involucra a un mayor número de físicos. Históricamente, la física de la materia condensada surgió de la física de estado sólido, que se considera en la actualidad uno de sus principales subcampos. La expresión física de la materia condensada aparentemente fue acuñada por Philip Anderson cuando renombró en 1967 su grupo de investigación, anteriormente llamado de teoría del estado sólido. La física de la materia condensada tiene una gran superposición con la química, la ciencia de materiales, la nanotecnología y la ingeniería.

Física atómica y molecular



Estructura del diamante.

La física atómica y molecular se centran en el estudio de las interacciones materia-materia y luz-materia en la escala de átomos individuales o estructuras que contienen unos pocos átomos. Ambas áreas se agrupan debido a su interrelación, la similitud de los métodos utilizados, así como el carácter común de las escalas de energía relevantes a sus investigaciones. A su vez, ambas incluyen tratamientos tanto clásicos como cuánticos, ya que pueden tratar sus problemas desde puntos de vista microscópicos y macroscópicos.

La investigación actual en física atómica se centra en actividades tales como el enfriamiento y captura de átomos e iones, lo cual es interesante para eliminar "ruido" en las medidas y evitar imprecisiones a la hora de realizar otros experimentos o medidas (por ejemplo, en los [relojes atómicos](#)), aumentar la precisión de las mediciones de [constantes físicas fundamentales](#), lo cual ayuda a validar otras teorías como la [relatividad](#) o el [modelo estándar](#), medir los efectos de correlación electrónica en la estructura y dinámica atómica, y la medida y comprensión del comportamiento colectivo de los átomos de gases que interactúan débilmente (por ejemplo, en un [condensado de Bose-Einstein](#) de pocos átomos).

La física molecular se centra en estructuras [moleculares](#) y sus interacciones con la materia y con la luz.

Física de partículas o de altas energías

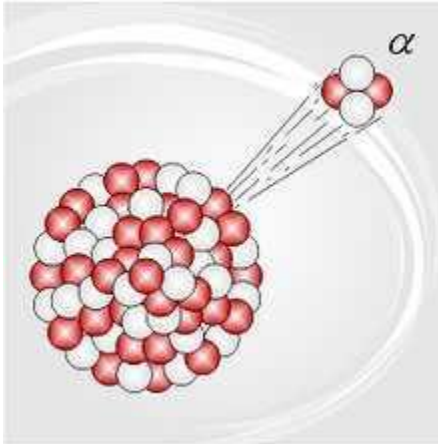


Ilustración de una desintegración alfa.

La física de partículas es la rama de la física que estudia los componentes elementales de la materia y las interacciones entre ellos como si éstas fueran partículas. Es llamada también *física de altas energías*, pues muchas de las partículas elementales no se encuentran en la naturaleza y es necesario producirlas en colisiones de alta energía entre otras partículas, como se hace en los aceleradores de partículas. Los principales centros de estudio sobre partículas son el Laboratorio Nacional Fermi o Fermilab, en Estados Unidos, y el Centro Europeo para la Investigación Nuclear o CERN, en la frontera entre Suiza y Francia. En estos laboratorios lo que se logra es obtener energías similares a las que se cree existieron en el Big Bang, y así se intenta tener cada vez más pruebas del origen del universo.¹¹

En la actualidad, las partículas elementales se clasifican siguiendo el llamado Modelo Estándar en dos grandes grupos: bosones y fermiones. Los bosones son las partículas que interactúan con la materia y los fermiones son las partículas constituyentes de la materia. En el modelo estándar se explica cómo las interacciones fundamentales en forma de partículas (bosones) interactúan con las partículas de materia (fermiones). Así, el electromagnetismo tiene su partícula llamada fotón, la interacción nuclear fuerte tiene al gluón, la interacción nuclear débil a los bosones W y Z y la gravedad a una partícula hipotética llamada gravitón. Entre los fermiones hay más variedad; se encuentran dos tipos: los leptones y los quarks. En conjunto, el modelo estándar contiene 24 partículas fundamentales que constituyen la materia (12 pares de partículas/anti-partículas) junto con 3 familias de bosones de gauge responsables de transportar las interacciones.¹²

Astrofísica



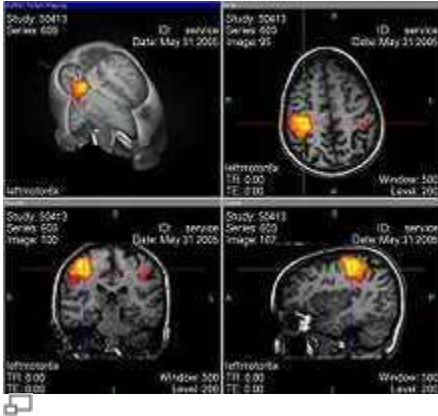
Ilustración de cómo podría verse un agujero negro supermasivo.

La astrofísica y la astronomía son ciencias que aplican las teorías y métodos de otras ramas de la física al estudio de los objetos que componen nuestro variado universo, tales como estrellas, planetas, galaxias y agujeros negros. La astronomía se centra en la comprensión de los movimientos de los objetos, mientras que, *grosso modo*, la astrofísica busca explicar su origen, su evolución y su comportamiento. Actualmente los términos astrofísica y astronomía se suelen usar indistintamente para referirse al estudio del universo.

Esta área, junto a la física de partículas, es una de las áreas más estudiadas y más apasionantes del mundo contemporáneo de la física. Desde que el telescopio espacial Hubble nos brindó detallada información de los más remotos confines del universo, los físicos pudieron tener una visión más objetiva de lo que hasta ese momento eran solo teorías.¹³

Debido a que la astrofísica es un campo muy amplio, los astrofísicos aplican normalmente muchas disciplinas de la física, incluida la mecánica, el electromagnetismo, la mecánica estadística, la termodinámica, la mecánica cuántica, la relatividad, la física nuclear y de partículas, y la física atómica y molecular. Además, la astrofísica está íntimamente vinculada con la cosmología, que es el área que pretende describir el origen del universo.¹⁴

Biofísica



La biofísica podría describir físicamente lo que ocurre en nuestro cerebro.

La biofísica es un área interdisciplinaria que estudia la biología aplicando los principios generales de la física. Al aplicar el carácter probabilístico de la mecánica cuántica a sistemas biológicos, obtenemos métodos puramente físicos para la explicación de propiedades biológicas. Se puede decir que el intercambio de conocimientos es únicamente en dirección a la biología, ya que ésta se ha ido enriqueciendo de los conceptos físicos y no viceversa.¹⁵

Esta área está en constante crecimiento. Se estima que durante los inicios del siglo XXI cada vez la confluencia de físicos, biólogos y químicos a los mismos laboratorios se incrementará. Los estudios en neurociencia, por ejemplo, han aumentado y cada vez han tenido mayores frutos desde que se comenzó a implementar las leyes del electromagnetismo, la óptica y la física molecular al estudio de las neuronas.¹⁶

Resumen de las disciplinas físicas

Clasificación de la física con respecto a teorías:

- Mecánica Clásica
- Mecánica cuántica
- Teoría cuántica de campos
- Teoría de la relatividad
 - Relatividad especial
 - Relatividad general
- Mecánica Estadística
- Termodinámica
- Mecánica de medios continuos
 - Mecánica del sólido rígido, Mecánica de sólidos deformables, Elasticidad, Plasticidad
 - Mecánica de fluidos.

- Electromagnetismo
 - Electricidad
 - Magnetismo
- Electrónica
- Astrofísica (rama de la astronomía)

Principales Magnitudes físicas

- Longitud: Cuya unidad es el metro
- Tiempo: Cuya unidad es el Segundo
- Masa: Cuya unidad es el Gramo
- Velocidad: Cuya unidad es M/s o Metros por segundo
- Aceleración: Cuya unidad es M/s² o Metros por segundo al cuadrado
- Frecuencia: Cuya unidad es el Hertz
- Fuerza: Cuya unidad es el Newton
- Trabajo: Cuya unidad es el Joule
- Energía: Cuya unidad es el Joule
- Potencia: Cuya unidad es el watt y los Caballos de fuerza
- Cantidad de sustancia: Cuya unidad es el Mol
- Temperatura
- Presión
- Volumen
- Área