

Historia de la Física

La física es la ciencia que se ocupa de los componentes del Universo, de las fuerzas que estos ejercen entre sí y de los efectos de dichas fuerzas.

Esta ciencia está estrechamente relacionada con las demás ramas de las Ciencias Naturales, y en cierto modo las engloba a todas. La química, por ejemplo, se ocupa de la interacción de los átomos para formar moléculas; gran parte de la geología moderna es en esencia un estudio de la Física de la Tierra y se conoce como geofísica, la astronomía trata del estudio de las estrellas y del espacio exterior. Incluso los sistemas vivos están constituidos por partículas fundamentales que siguen el mismo tipo de leyes que las partículas más sencillas estudiadas tradicionalmente por los físicos.

Hasta principios del siglo XIX, era frecuente que los físicos fueran al mismo tiempo matemáticos, filósofos, químicos, biólogos o ingenieros. Los físicos modernos tienen que limitar su atención a una o dos ramas de su ciencia.

Para una mejor comprensión de la evolución de esta ciencia las he clasificado por períodos:

Del 2700 A. C. a Siglo V D. C.

Alrededor del 2700 A. C. los chinos fabricaban imanes con magnetita y los griegos conocían las propiedades electroestáticas del ámbar.

Los babilonios, los chinos, los egipcios y los mayas observaron los movimientos de los planetas y lograron predecir los eclipses, pero no consiguieron encontrar un sistema subyacente que explicara el movimiento planetario. Los filósofos griegos introdujeron dos ideas fundamentales sobre los componentes del Universo, opuestas entre sí: el atomismo, propuesto por Leucipo en el siglo IV A. C. y la teoría de los elementos, formulada en el siglo anterior.

En Alejandría el matemático e inventor griego Arquímedes diseñó con palancas y tornillos varios aparatos mecánicos prácticos y midió la densidad de objetos sólidos sumergiéndolos en un líquido. Aristarco de Samos halló la relación entre las distancias de la Tierra al Sol y de la Tierra a la Luna, Eratóstenes midió la circunferencia de la Tierra y elaboró un catálogo de estrellas, y el astrónomo Hiparco de Nicea descubrió la precisión de los equinoccios. En el siglo II D. C. Tolomeo propuso un sistema planetario en el que la Tierra está en el centro y el Sol, la Luna y las estrellas giran en torno a ella en órbitas circulares.

Del Siglo V al Siglo XIV D. C.

Durante la Edad Media se produjeron pocos avances. Sin embargo, Averroes y al-Qarashi conservaron muchos tratados científicos de la Grecia clásica. Las grandes universidades medievales de Europa no supusieron un gran avance para la Física y otras ciencias experimentales.

El Filósofo y teólogo escolástico Santo Tomás de Aquino trató de demostrar que las obras de Platón y de Aristóteles eran compatibles con las Sagradas Escrituras. El filósofo Roger Bacon defendió el método experimental como auténtica base del conocimiento científico; también investigó en astronomía, química, óptica y diseño de máquinas.

De los Siglos XV a la segunda mitad del Siglo XVII D. C.

Con la interpretación del comportamiento de los cuerpos celestes durante el siglo XVI y XVII surgió la

ciencia moderna. El astrónomo Nicolás Copérnico, propuso un sistema heliocéntrico en el que los planetas giraban alrededor del Sol. No obstante, estaba convencido de que las órbitas planetarias eran circulares. Según Tycho Brahe los planetas giraban en torno al Sol, mientras que el Sol giraba en alrededor de la Tierra. También realizó una serie de medidas increíblemente precisas. Galileo al escuchar de la invención del telescopio se construyó uno, y en 1669 confirmó el sistema heliocéntrico observando las fases del planeta Venus. También descubrió las irregularidades en la superficie de la Luna, los cuatro satélites de Júpiter más brillantes, las manchas solares y muchas estrellas de la Vía Láctea. También demostró que los objetos tardan lo mismo en caer, independientemente de su masa, postulando que: todos los cuerpos caen con la misma aceleración independientemente de su masa: aunque los cuerpos más pesados experimentan una fuerza gravitatoria mayor, su mayor masa inercial disminuye en factor igual a la aceleración por unidad de fuerza, por lo que la aceleración total es la misma que en un cuerpo más ligero.

Los descubrimientos astronómicos de Galileo y sus trabajos sobre mecánica precedieron la obra del matemático y físico británico Isaac Newton.

Del Siglo XVII al siglo XX

A partir de 1665, cuando tenía 23 años, Newton desarrolló los principios de la mecánica, formuló la ley de la gravitación universal, separó la luz blanca en sus colores constituyentes e inventó el cálculo diferencial e integral. También demostró las leyes de Kepler sobre el movimiento planetario, los descubrimientos de Galileo sobre la caída de los cuerpos, así como el efecto de la Luna sobre las mareas, y la precisión de los equinoccios.

Newton en su segunda ley afirma que la fuerza necesaria para acelerar un objeto es igual a la masa multiplicada por la aceleración. Esta ley es válida siempre que el cuerpo no sea extremadamente pequeño, grande o rápido. En su tercera Ley enuncia que a cada fuerza de acción corresponde una fuerza de reacción igual pero de sentido opuesta.

La contribución más específica de Newton fue la explicación de la fuerza de la gravedad, la cual es una de las fuerzas que originan todas las propiedades y actividades observadas en el universo, junto al electromagnetismo, la interacción nuclear fuerte y la interacción nuclear débil.

Una de las observaciones más importantes de la Física es que la masa gravitacional de un cuerpo es igual a su masa inercial. Esta equivalencia lleva implícito el principio de proporcionalidad, el cual enuncia que: cuando un cuerpo tiene una masa gravitacional dos veces mayor que otro, su masa inercial es también dos veces mayor.

Esta equivalencia entre la masa gravitacional y la masa inercial no se apreció sino, hasta que Albert Einstein enunció la teoría de la relatividad general.

En 1771 el físico y químico británico Henry Cavendish confirmó la ley de la gravitación universal utilizando grandes esferas de plomo para atraer pequeñas masas unidas a un péndulo de torsión. Esto es debido a que la fuerza de la gravedad es tan débil que un cuerpo tiene que poseer un cuerpo enorme para que su influencia sobre otro cuerpo resulte apreciable. Cavendish también dedujo la masa y la densidad de la Tierra.

En los dos siglos que precedieron a Newton no se aportaron nuevas ideas Físicas. Este se debió a que con los descubrimientos hechos por Newton se abrían las puertas a una gama de interrogantes que necesitaban solución.

Aunque los griegos conocían las propiedades electroestáticas del ámbar, y los chinos ya fabricaban imanes con magnetita en el 2700 A. C., los fenómenos eléctricos y magnéticos no empezaron a comprenderse hasta finales del siglo XVIII. En 1785, el físico francés Charles de Coulomb confirmó de forma experimental que

las cargas eléctricas se atraen o se repelen con una intensidad inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Más tarde el matemático francés Simeón Denis Poisson y Carl Friedrich Gauss desarrollaron una teoría para calcular el efecto de un número indeterminado de cargas eléctricas estáticas arbitrariamente distribuidas.

Con el desarrollo de la pila química en 1800 se pudo mantener una fuerza electromotriz capaz de impulsar de forma continuada partículas eléctricamente cargadas.

El físico alemán Georg Simon Ohm descubrió la existencia de una constante de proporcionalidad sencilla entre la corriente que fluye por el circuito y la fuerza electromotriz suministrada por la pila. Esta constante es la resistencia eléctrica del circuito. Este promulgó la ley que lleva su nombre y esta afirma que: la resistencia es igual a la fuerza electromotriz, o tensión, dividida entre la intensidad de la corriente.

En 1819, el físico y químico danés Hans Christian Oersted descubrió que un cable conductor por el que fluía una corriente eléctrica desviaba una aguja magnética situada en sus proximidades.

A la semana, el científico francés André Marie Ampère demostró que dos cables por los que circula una corriente ejercen una influencia mutua igual a la de los polos de un imán. En 1831, el físico y químico británico Michael Faraday descubrió que podía inducirse el flujo de una corriente eléctrica en un conductor en forma de espiral no conectado a una batería, moviendo un imán en sus proximidades o situando cerca otro conductor por el que circulara una corriente variable.

El físico británico James Clerk Maxwell desarrolló las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Estas ecuaciones relacionan los cambios espaciales y temporales de los campos eléctricos y magnéticos en un punto con las densidades de carga y de corriente en dicho punto. En 1887, el físico alemán Heinrich Hertz consiguió generar físicamente ondas electromagnéticas por medios eléctricos, con lo que sentó las bases para la radio, la televisión, el radar y otras formas de telecomunicaciones.

La aparente propagación de la luz se conoce desde la antigüedad, y los griegos creían que la luz estaba formada por un flujo de corpúsculos. No obstante, había gran confusión sobre si estos corpúsculos procedían del ojo o del objeto observado. En el siglo XVII, Newton ofreció respuestas parciales a estas preguntas, basadas en una teoría corpuscular; el científico británico Robert Hooke y el astrónomo, matemático y físico holandés Christiaan Huygens propusieron teorías de tipo ondulatorio. No fue posible la comprobación de una u otra teoría, sino hasta el siglo XIX, cuando el físico y médico británico Thomas Young demostró el fenómeno de la interferencia en la luz. Por último, el físico francés Augustín Jean Fresnel apoyó decisivamente la teoría ondulatoria.

El astrónomo danés Olaus Roemer fue el primero en medir la velocidad de la luz en 1676. La velocidad de esta en el vacío se considera que es el 299,792,46 km/s. En la materia, la velocidad es menor y varía con la frecuencia. A esto se le llama dispersión.

Los trabajos de Clerk Maxwell demostraron que el origen de la luz es electromagnético. También predijeron la existencia de la luz no visible, y consiguió relacionar la velocidad de la luz en el vacío y en los diferentes medios con otras propiedades del espacio y la materia, de las que dependen los efectos eléctricos y magnéticos. Sin embargo, ninguno de sus experimentos aportó conocimiento sobre el misterioso medio por el que se pensaba que se propagaban la luz y las ondas electromagnéticas.

La búsqueda de este misterioso camino o éter luminoso ocupó la atención de una gran parte de los físicos a lo largo de los últimos años del XIX.

En 1887, un experimento realizado por Michelson y por el químico estadounidense Edward Williams Morley con ayuda de un interferómetro, pretendían medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter, indicada por

sus defectos sobre las ondas luminosas.

Los resultados de este experimento fueron negativos: esto planteó un dilema para la Física que no se resolvió hasta que Albert Einstein formuló su increíblemente sorprendente Teoría de la Relatividad en el año 1905.

La termodinámica, la cual es una rama de la Física, alcanzó un gran desarrollo durante el siglo XIX. Esta se encargó de aclarar los conceptos de calor y temperatura, proporcionando definiciones coherentes y demostrando como podían relacionarse éstas con los conceptos de trabajo y energía, que hasta entonces tenían un carácter puramente mecánico.

Hasta el siglo XX se consideraba el calor como un fluido sin masa que estaba contenido en la materia y podía introducirse en un cuerpo o extraerse del mismo.

La primera relación cuantitativa entre el calor y otras formas de energía fue observada en 1798 por el físico y estadista estadounidense de origen inglés Benjamin Thompson. Este observó que el calor producido al taladrar el ánima de un cañón era aproximadamente proporcional al trabajo empleado.

El concepto moderno de átomo fue propuesto por primera vez por el químico y físico británico John Dalton en 1808.

En 1811, el físico italiano Amedeo Avogadro propuso el concepto de molécula. Este la definió como la partícula más pequeña de una sustancia gaseosa que puede existir en estado libre y seguir teniendo las mismas propiedades que una cantidad mayor de dicha sustancia. Este concepto sirvió de base para la teoría cinética de los gases. Esta teoría permitió aplicar las leyes de la mecánica y del cálculo probabilístico al comportamiento de las moléculas individuales, lo que llevó a deducciones estadísticas sobre las propiedades del gas en su conjunto.

De esta manera se resolvió la determinación del rango de velocidades de las moléculas de un gas y la energía cinética media de las moléculas.

La ley de Avogadro afirma que a una presión y temperatura dadas un volumen determinado de un gas siempre contiene el mismo número de moléculas, independientemente del gas de que se trate. Sin embargo no fue hasta principios del siglo XX cuando el físico estadounidense Robert Andrews Millikan determinó la carga del electrón. Esto permitió calcular con precisión el número de partículas que hay en un mol de materia.

A finales del siglo XIX se realizaron diversos intentos para determinar del átomo, todos sin éxito. Posteriores experimentos permitieron medir con más precisión el tamaño de los átomos, que resultaron tener un diámetro de entre 10^{-8} y 10^{-9} cm.

Hacia 1880 la Física presentaba un panorama de calma. No obstante, el descubrimiento de los rayos x por Wihelm Conrad Roentgen en 1895, el descubrimiento del electrón por parte de Joseph John Thompson en el mismo año, la radiactividad en 1896 por Antoine Henri Becquerel, y los diversos fenómenos relacionados con el efecto fotoeléctrico entre 1897 y 1899 por Heinrich Hertz, Wilhem Hallwachs y Phillip Lenard, crearon una gran revolución científica.

El Siglo XX y la Física Moderna.

Dos fueron los avances sobresalientes del primer tercio del siglo XX. La teoría de la relatividad y la teoría cuántica.

La relatividad

Si dos sistemas de referencia se mueven uno respecto del otro a velocidad constante, las observaciones de cualquier fenómeno realizadas por un observador en cualquiera de los sistemas son físicamente equivalentes. El experimento de Michelson–Morley no logró confirmar esta simple suma de velocidades en el caso de un haz de luz. La velocidad de la luz suele simbolizarse con la letra c .

Einstein incorporó esta variante en su teoría de la relatividad.

Dos consecuencias importantes de la teoría de la relatividad son la equivalencia entre masa y energía y el límite máximo a la velocidad de los objetos materiales dados por c . La mecánica relativista describe el movimiento de objetos cuyas velocidades son fracciones apreciables de c , mientras que la mecánica newtoniana sigue siendo útil para las velocidades propias de los movimientos de los objetos macroscópicos en la Tierra. En cualquier caso, ningún material puede tener una velocidad igual o mayor a la velocidad de la luz.

La masa m y la energía E están ligadas por la relación $E=mc^2$. La transformación de la masa en energía resulta significativa en las reacciones nucleares, como las que tienen lugar en una central nuclear o en una bomba atómica, y en las estrellas, donde la liberación de cantidades ingentes de energía se ve acompañada de una pérdida significativa de masa.

La teoría original de Einstein, formulada en 1905 y conocida como teoría de la relatividad especial o restringida, se limitaba a sistemas de referencia que se mueven a velocidad constante uno respecto del otro. En 1915, Einstein generalizó su hipótesis y formuló la teoría de la relatividad general, aplicable a sistemas que experimentan una aceleración uno con respecto al otro.

La teoría de la relatividad general tiene una importancia decisiva para la comprensión de la estructura del Universo y su evolución.

La Teoría Cuántica.

El físico alemán Max Planck fue el primero en resolver el dilema planteado por los espectros de emisión de los cuerpos sólidos.

Planck realizó una suposición radical al postular que oscilador molecular sólo puede emitir ondas electromagnéticas en paquetes discretos denominados cuantos o fotones. Cada fotón tiene una longitud de onda y una frecuencia características y una energía que viene dada por $E=hu$, donde u es la frecuencia de la onda luminosa y h es la denominada constante de Planck. La longitud de onda λ está relacionada con la frecuencia según la ecuación $\lambda u=c$, donde c es la velocidad de la luz.

Si la frecuencia se expresa en hercios y la energía en julios * segundo, la constante de Planck es extremadamente pequeña, y vale $6,626 \times 10^{-34}$ julios * segundo. Con su teoría, Planck introdujo una dualidad Onda–corpúsculo en la naturaleza de la luz, que durante un siglo había sido considerada como un fenómeno exclusivamente ondulatorio.

En 1912 el físico alemán Max Von Laue y sus colaboradores demostraron que estos rayos extremadamente penetrantes, eran radiación electromagnética de longitud de onda muy corta. Se comprobó que el mecanismo de producción de rayos X correspondía a un fenómeno cuántico, y en 1914 Henry Gwyn Jeffreys Moseley empleó sus espectrogramas de rayos X para demostrar que el número de protones de un átomo coincide con su número atómico, que indica su posición en la tabla periódica. La teoría fotónica de la radiación electromagnética se reforzó y desarrolló aún más cuando el físico estadounidense Arthur Holly Compton predijo y observó el denominado efecto Compton en 1923.

En 1913, Ernest Rutherford comprobó que el modelo de Thompson era insostenible. Las partículas alfa que Rutherford utilizó se desviaban con claridad al atravesar una capa muy fina de materia. Para explicar este

efecto era necesario un modelo atómico con un núcleo central pesado y cargado positivamente que provocara la dispersión de las partículas alfa. Rutherford sugirió que la carga positiva del átomo estaba concentrada en un núcleo estacionario de gran masa, mientras que los electrones se movían en órbitas alrededor del núcleo, ligadas por la atracción eléctrica entre cargas opuestas. Sin embargo, este modelo no podía ser estable según la teoría de Maxwell ya que, al girar, los electrones son acelerados y deberían emitir radiación electromagnética, perder energía y caer en el núcleo en un tiempo muy breve.

En 1913, El modelo atómico propuesto por Bohr fue confirmado experimentalmente por James Franck y Gustav Hertz.

Bohr explicó el mecanismo por el que los átomos emiten luz y otras ondas electromagnéticas y propuso la hipótesis de que un electrón elevado por una perturbación suficiente desde la órbita de menor radio y menor energía hasta otra órbita vuelve a caer en el estado fundamental al poco tiempo. Esta caída está acompañada de la emisión de un único fotón con energía $E=hf$, que corresponde a la diferencia de energía entre las órbitas superior e inferior.

Aunque el modelo de Bohr se amplió y perfeccionó, no podía explicar los fenómenos observados en átomos con más de un electrón. Como su capacidad de predicción de resultados experimentales era limitada, no resultaba satisfactorio para los físicos teóricos.

En 1924 el físico francés Louis Broglie planteó lo que conocemos como mecánica cuántica o mecánica ondulatoria. Este dijo que la materia además de presentar una radiación electromagnética, puede presentar una dualidad onda-córpúsculo. Esta teoría fue confirmada en 1927, con los experimentos sobre interacciones entre electrones y cristales realizados por los físicos Clinton Joseph, Lester Halbert Germer y George Paget Thomson.

Uno de los atributos de la mecánica cuántica es que hace que podamos comprender los átomos más complejos. También es una guía importante en la Física Nuclear.

Desde entonces se han incorporado nuevos conceptos importantes al panorama de la mecánica cuántica. Entre ellos, el que los electrones deben tener un cierto magnetismo permanente y por tanto un momento angular intrínseco, o espín. En 1925, el físico austriaco Wolfgang Pauli expuso el principio de exclusión, que afirma que en un átomo no puede haber dos electrones con el mismo conjunto de números cuánticos. En 1927, Heisenberg postuló el principio de incertidumbre, que afirma la existencia de un límite natural a la precisión con la que pueden conocerse simultáneamente determinados pares de magnitudes físicas asociadas a una partícula.

En 1928, el físico, matemático británico Paul Dirac realizó una síntesis de la mecánica cuántica y la relatividad, que llevó a predecir la existencia del positrón y culminó el desarrollo de la mecánica cuántica.

Las ideas de Bohr desempeñaron un papel muy importante para el desarrollo de un enfoque estadístico en la Física Moderna. Las propiedades ondulatorias de la materia implican que el movimiento de las partículas nunca puede predecirse con una certeza absoluta incluso aunque se conozcan por completo las fuerzas. Este aspecto estadístico es dominante a escala molecular, atómica y subatómica.

La Física Nuclear

El descubrimiento de la radiactividad del mineral de uranio, llevado a cabo en 1896 por Becquerel, facilitó la comprensión de la estructura atómica. Gracias a esto se comprobó que la radiación de los materiales radiactivos estaba formada por tres tipos de emisiones: los rayos alfa, beta y gamma. Los dos primeros eran núcleos de átomos de helio, y Becquerel demostró que los segundos eran electrones muy rápidos. Los rayos gamma resultaron ser radiación electromagnética de muy alta frecuencia. En 1898, los físicos franceses Marie

y Pierre Curie aislaron el radio y el polonio, a partir del uranio. En 1903, Rutherford y Frederick Soddy demostraron que la emisión de los rayos alfa o beta provoca la transmutación del núcleo del elemento emisor en un núcleo de un elemento diferente. En 1919, Rutherford bombardeó núcleos de nitrógeno con partículas alfa y los convirtió en núcleos de hidrógeno y oxígeno, con lo que logró la primera transmutación artificial de elementos.

En 1932, el físico británico James Chadwick descubrió el neutrón, cuya masa es igual a 1.675×10^{-27} kg, algo mayor que la del protón.

Las cargas eléctricas positivas se repelen, y puesto que los núcleos atómicos tienen más de un protón, de desintegrarían a no ser por una fuerza atractiva muy intensa, denominada interacción nuclear fuerte.

En 1928, Edward Condon, George Gamow y Ronald Wilfred Gurney demostraron que la naturaleza estadística de los procesos nucleares permitía que las partículas alfa salieran de los núcleos radiactivos aunque su energía media fuera insuficiente para superar la interacción nuclear fuerte.

En todos estos procesos se libera una gran cantidad de energía, según la ecuación de Einstein $E=mc^2$. Al finalizar el proceso, la masa total de los productos es menor que la del núcleo original: esta diferencia de masa corresponde a la energía liberada.

Física Nuclear

En 1931 el físico estadounidense Harold Clayton Urey descubrió el isótopo de hidrógeno denominado deuterio y lo empleó para obtener agua pesada. Los físicos franceses Irene y Frédéric Joliot-Curie produjeron el primer núcleo radiactivo artificial en 1933-1934, con lo que comenzó la producción de radioisótopos para su empleo en arqueología, biología, medicina, química y otras ciencias.

Irene Joliot-Curie, Otto Hahn y Fritz Strassmann, Lise Meitner y Otto Robert Frisch comprobaron que algunos núcleos de uranio se dividían en dos partes, creando lo que conocemos como fisión Nuclear. La fisión libera una cantidad enorme de energía debida a la pérdida de masa, además de algunos neutrones.

En 1942, Fermi y su grupo hicieron funcionar el primer reactor nuclear. La primera bomba atómica se fabricó en 1945 como resultado de un ingente programa de investigación dirigido por J. Robert Oppenheimer, y el primer reactor nuclear destinado a la producción de electricidad entró en funcionamiento en Gran Bretaña en 1956, con una potencia de 78 megavatios. El físico Hans Bethe demostró que las estrellas obtienen su energía su energía de una serie de reacciones nucleares que tienen lugar a temperaturas de millones de grados. Este proceso de fusión nuclear se adoptó a partir de ideas desarrolladas por Edward Teller, como base de la bomba de fusión o bomba de hidrógeno. Este arma es mucho más potente que la bomba de fisión o atómica. A esto le llaman reacción termonuclear.

En 1993 se logró una reacción controlada que proporcionó una potencia de 5,6 megavatios. No obstante el reactor consumió más energía de la que produjo.

De esta forma podemos captar que la Física no es una ciencia estática, siempre está en acción. Esto es debido a la cantidad de ciencias que abarca y el inmenso campo de aplicación con que cuenta.