

## HISTORIA DE LA FÍSICA

La **historia de la física** abarca los esfuerzos realizados por las personas que 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, entre otros. Las primeras explicaciones aparecieron en la antigüedad y se basaban en consideraciones puramente filosóficas, sin verificarse experimentalmente. Algunas interpretaciones falsas, como la hecha por Claudio Ptolomeo en su famoso *Almagesto* —«La Tierra está en el centro del Universo y alrededor de ella giran los astros»— perduraron durante miles de años.

En 1687 Newton publicó los *Philosophiæ naturalis principia mathematica (Principios Matemáticos de la Naturaleza)*, una obra en la que se describen las leyes clásicas de la dinámica conocidas como las 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 infinitesimal 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 Wurts y Charles Demiano profundizaron el estudio de las causas de las leyes de Newton, es decir la gravedad.

En el siglo XVI nacieron algunos personajes como Copérnico, Stevin, Cardano, Gilbert, Brahe, pero fue Galileo quien, hasta principios del siglo XVII, 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 le 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, 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.

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.

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.

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 la década de 1940 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. El modelo electrodébil, que mostraba que las fuerzas electromagnéticas y la fuerza nuclear débil eran aspectos del mismo campo de fuerzas, fue desarrollado durante los años 1960 (Sheldon Lee Glashow, Abdus Salam y Steven Weinberg recibieron el Premio Nobel de Física en 1979 por sus contribuciones a esa teoría). El modelo estándar fue desarrollado en los años 1970.

Durante la última parte del siglo XX se desarrolló enormemente la astrofísica, y se trabajó intensamente en teorías de gran unificación y la teoría de supercuerdas que a principios del siglo XXI seguían siendo teorías especulativas. En 1998 se descubrió inesperadamente que la expansión del universo se estaba acelerando, lo que creaba un nuevo problema no resuelto de la física

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.

El descubrimiento de la expansión acelerada del universo llevó a un interés renovado por la cosmología, en particular a los trabajos teóricos sobre la energía oscura y la materia oscura. Además el trabajo de Juan Martín Maldacena sobre la "correspondencia AdS/CFT" arrojaría nueva luz sobre otra conjetura física conocida como principio holográfico.

El período que va de 1973 a 2017 ha sido considerado por algunos físicos importantes como Lee Smolin y otros, un período excepcional ya que durante él se hicieron proporcionalmente menos teóricos nuevos que durante otros períodos del siglo XX, estando la física dominada por teorías altamente especulativas sobre las que ha sido difícil obtener evidencias empíricas que permitan un avance seguro. Gran parte de los éxitos experimentales como la detección de los bosones W y Z, o la detección del bosón de Higgs son confirmaciones de teorías desarrolladas con anterioridad a 1975, por lo que realmente no son confirmaciones de las teorías en las que han trabajado los físicos teóricos en las últimas décadas.

Para su estudio la física se puede dividir en tres grandes ramas, la Física clásica, la Física moderna y la Física contemporánea.

La **Física clásica** se encarga del estudio de aquellos fenómenos que ocurren a una velocidad relativamente pequeña comparada con la velocidad de la luz en el vacío y cuyas escalas espaciales son muy superiores al tamaño de átomos y moléculas.

La **Física moderna** se encarga de los fenómenos que se producen a la velocidad de la luz o valores cercanos a ella o cuyas escalas espaciales son del orden del tamaño del átomo o inferiores y fue desarrollada en los inicios del siglo XX.

La **Física contemporánea** se encarga del estudio de los fenómenos no-lineales, de la complejidad de la naturaleza, de los procesos fuera del equilibrio termodinámico y de los fenómenos que ocurren a escalas mesoscópicas y nanoscópicas. Esta área de la física se comenzó a desarrollar hacia finales del siglo XX y principios del siglo XXI.

Dentro del campo de estudio de la **Física clásica** se encuentran la:

- Mecánica
- Termodinámica
- Mecánica ondulatoria
- Óptica
- Electromagnetismo: Electricidad | Magnetismo

Dentro del campo de estudio de la **Física moderna** se encuentran:

- Relatividad
- Mecánica cuántica: Átomo | Núcleo | Física química | Física del estado sólido

- Física de partículas
- Gravitación

Dentro del campo de estudio de la **Física contemporánea** se encuentran:

- Termodinámica fuera del equilibrio: Mecánica estadística | Percolación
- Dinámica no-lineal: Turbulencia | Teoría del Caos | Fractales
- Sistemas complejos: Sociofísica | Econofísica | Criticalidad autorganizada | Redes complejas
- Física mesoscópica: Puntos cuánticos
- Nano-Física: Pinzas ópticas

En 1904 se propuso el **primer modelo del átomo**. 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 **Einstein** 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. Planck, Einstein, Bohr y otros desarrollaron la Teoría cuántica a fin de explicar resultados experimentales anómalos sobre la radiación de los cuerpos.

En 1911 **Rutherford** dedujo la existencia de un **núcleo atómico cargado positivamente** a partir de experiencias de dispersión de partículas.

En 1925 Heisenberg y en 1926 Schrödinger y Dirac formularon la **Mecánica cuántica**, la cual comprende las teorías cuánticas precedentes y suministra las herramientas teóricas para la Física de la materia condensada. Posteriormente se formuló la Teoría cuántica de campos para extender la Mecánica cuántica de manera consistente con la Teoría de la Relatividad especial, alcanzando su forma moderna a finales de los 40 gracias al trabajo de Feynman, Schwinger, Tomonaga y Dyson, quienes formularon la Teoría de la Electrodinámica cuántica. Asimismo, esta teoría suministró las bases para el desarrollo de la Física de partículas.

En 1954 Yang y Mills desarrollaron las **bases del Modelo estándar**. Este modelo se completó en los años 70 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. En la actualidad el modelo estándar describe todas las partículas elementales observadas así como la naturaleza de su interacción.