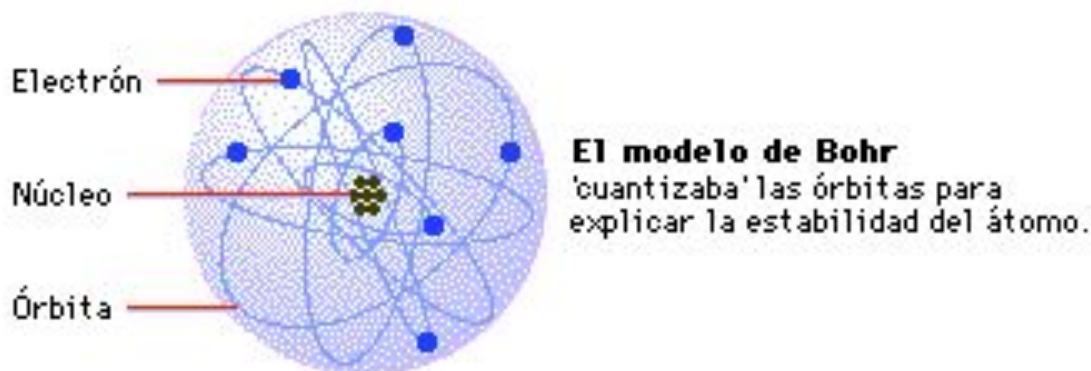


Efecto Fotoeléctrico. Formación y liberación de partículas eléctricamente cargadas que se produce en la materia cuando es irradiada con luz u otra radiación electromagnética. El término *efecto fotoeléctrico* designa varios tipos de interacciones similares. En el efecto fotoeléctrico externo se liberan electrones en la superficie de un conductor metálico al absorber energía de la luz que incide sobre dicha superficie. Este efecto se emplea en la célula fotoeléctrica, donde los electrones liberados por un polo de la célula, el fotocátodo, se mueven hacia el otro polo, el ánodo, bajo la influencia de un campo eléctrico.

El estudio del efecto fotoeléctrico externo desempeñó un papel importante en el desarrollo de la física moderna. Una serie de experimentos iniciados en 1887 demostró que el efecto fotoeléctrico externo tenía determinadas características que no podían explicarse por las teorías de aquella época, que consideraban que la luz y todas las demás clases de radiación electromagnética se comportaban como ondas. Por ejemplo, a medida que la luz que incide sobre un metal se hace más intensa, la teoría ondulatoria de la luz sugiere que en el metal se liberarán electrones con una energía cada vez mayor. Sin embargo, los experimentos mostraron que la máxima energía posible de los electrones emitidos sólo depende de la frecuencia de la luz incidente, y no de su intensidad.

En 1905, para tratar de explicar el mecanismo del efecto fotoeléctrico externo, Albert Einstein sugirió que podría considerarse que la luz se comporta en determinados casos como una partícula, y que la energía de cada partícula luminosa, o fotón, sólo depende de la frecuencia de la luz. Para explicar el efecto fotoeléctrico externo, Einstein consideró la luz como un conjunto de "proyectiles" que chocan contra el metal. Cuando un electrón libre del metal es golpeado por un fotón, absorbe la energía del mismo. Si el fotón tiene la suficiente energía, el electrón es expulsado del metal. La teoría de Einstein explicaba muchas características del efecto fotoeléctrico externo, como por ejemplo el hecho de que la energía máxima de los electrones expulsados sea independiente de la intensidad de la luz. Según la teoría de Einstein, esta energía máxima sólo depende de la energía del fotón que lo expulsa, que a su vez sólo depende de la frecuencia de la luz. La teoría de Einstein se verificó por experimentos posteriores. Su explicación del efecto fotoeléctrico, con la demostración de que la radiación electromagnética puede comportarse en algunos casos como un conjunto de partículas, contribuyó al desarrollo de la teoría cuántica.

El término *efecto fotoeléctrico* también puede referirse a otros tres procesos: la fotoionización, la fotoconducción y el efecto fotovoltaico. La fotoionización es la ionización de un gas por la luz u otra radiación electromagnética. Para ello, los fotones tienen que poseer la suficiente energía para separar uno o más electrones externos de los átomos de gas. En la fotoconducción, los electrones de materiales cristalinos absorben energía de los fotones y llegan así a la gama de niveles de energía en la que pueden desplazarse libremente y conducir electricidad. En el efecto fotovoltaico, los fotones crean pares electrón-hueco en materiales semiconductores (véase Semiconductor). En un transistor, este efecto provoca la creación de un potencial eléctrico en la unión entre dos semiconductores diferentes.



El átomo de Bohr

Para explicar la estructura del átomo, el físico danés Niels Bohr desarrolló en 1913 una hipótesis conocida como teoría atómica de Bohr (véase teoría cuántica). Bohr supuso que los electrones están dispuestos en capas definidas, o niveles cuánticos, a una distancia considerable del núcleo. La disposición de los electrones se denomina configuración electrónica. El número de electrones es igual al número atómico del átomo: el hidrógeno tiene un único electrón orbital, el helio dos y el uranio 92. Las capas electrónicas se superponen de forma regular hasta un máximo de siete, y cada una de ellas puede albergar un determinado número de electrones. La primera capa está completa cuando contiene dos electrones, en la segunda caben un máximo de ocho, y las capas sucesivas pueden contener cantidades cada vez mayores. Ningún átomo existente en la naturaleza tiene la séptima capa llena. Los últimos electrones, los más externos o los últimos en añadirse a la estructura del átomo, determinan el comportamiento químico del átomo.

Todos los gases inertes o nobles (helio, neón, argón, criptón, xenón y radón) tienen llena su capa electrónica externa. No se combinan químicamente en la naturaleza, aunque los tres gases nobles más pesados (criptón, xenón y radón) pueden formar compuestos químicos en el laboratorio. Por otra parte, las capas exteriores de los elementos como litio, sodio o potasio sólo contienen un electrón. Estos elementos se combinan con facilidad con otros elementos (transfiriéndoles su electrón más externo) para formar numerosos compuestos químicos. De forma equivalente, a los elementos como el flúor, el cloro o el bromo sólo les falta un electrón para que su capa exterior esté completa. También se combinan con facilidad con otros elementos de los que obtienen electrones.

Las capas atómicas no se llenan necesariamente de electrones de forma consecutiva. Los electrones de los primeros 18 elementos de la tabla periódica se añaden de forma regular, llenando cada capa al máximo antes de iniciar una nueva capa. A partir del elemento decimonoveno, el electrón más externo comienza una nueva capa antes de que se llene por completo la capa anterior. No obstante, se sigue manteniendo una regularidad, ya que los electrones llenan las capas sucesivas con una alternancia que se repite. El resultado es la repetición regular de las propiedades químicas de los átomos, que se corresponde con el orden de los elementos en la tabla periódica.

Resulta cómodo visualizar los electrones que se desplazan alrededor del núcleo como si fueran planetas que giran en torno al Sol. No obstante, esta visión es mucho más sencilla que la que se mantiene actualmente. Ahora se sabe que es imposible determinar exactamente la posición de un electrón en el átomo sin perturbar su posición. Esta incertidumbre se expresa atribuyendo al átomo una forma de nube en la que la posición de un electrón se define según la probabilidad de encontrarlo a una distancia determinada del núcleo. Esta visión del átomo como nube de probabilidad ha sustituido al modelo de sistema solar.

Hertz, Heinrich (1857–1894), físico alemán, nació en Hamburgo y estudió en la Universidad de Berlín. Desde 1885 hasta 1889 fue profesor de física en la Escuela Técnica de Karlsruhe, y después de 1889 en la Universidad de Bonn. Hertz clarificó y extendió la teoría electromagnética de la luz, que había sido formulada por el físico británico James Clerk Maxwell en 1884. Hertz demostró que la electricidad puede transmitirse en forma de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan a la velocidad de la luz y tienen además muchas de sus propiedades. Sus experimentos con estas ondas le condujeron al descubrimiento del telégrafo y la radio sin cables. La unidad de frecuencia se denominó hercio en su honor; su símbolo es Hz.

Planck, Max Karl Ernst Ludwig (1858–1947), físico alemán, premiado con el Nobel, considerado el creador de la teoría cuántica.

Teoría cuántica, teoría física basada en la utilización del concepto de unidad cuántica para describir las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación. Las bases de la teoría fueron sentadas por el físico alemán Max Planck, que en 1900 postuló que la materia sólo puede emitir o absorber energía en pequeñas unidades discretas llamadas cuantos. Otra contribución fundamental al desarrollo de la teoría fue el principio de incertidumbre, formulado por el físico alemán Werner Heisenberg en 1927, y que afirma que no es posible especificar con exactitud simultáneamente la

posición y el momento lineal de una partícula subatómica.

Planck nació en Kiel el 23 de abril de 1858 y estudió en las universidades de Munich y Berlín. Fue nombrado profesor de física en la Universidad de Kiel en 1885, y desde 1889 hasta 1928 ocupó el mismo cargo en la Universidad de Berlín. En 1900 Planck formuló que la energía se radia en unidades pequeñas separadas denominadas cuantos. Avanzando en el desarrollo de esta teoría, descubrió una constante de naturaleza universal que se conoce como la constante de Planck. La ley de Planck establece que la energía de cada cuanto es igual a la frecuencia de la radiación multiplicada por la constante universal. Sus descubrimientos, sin embargo, no invalidaron la teoría de que la radiación se propagaba por ondas. Los físicos en la actualidad creen que la radiación electromagnética combina las propiedades de las ondas y de las partículas. Los descubrimientos de Planck, que fueron verificados posteriormente por otros científicos, fueron el nacimiento de un campo totalmente nuevo de la física, conocido como mecánica cuántica y proporcionaron los cimientos para la investigación en campos como el de la energía atómica. Reconoció en 1905 la importancia de las ideas sobre la cuantificación de la radiación electromagnética expuestas por Albert Einstein, con quien colaboró a lo largo de su carrera.

Constante de Planck. Constante física fundamental simbolizada por la letra h . Su existencia fue descubierta en 1900 por el físico alemán Max Planck. Hasta entonces se creía que todas las formas de radiación electromagnética estaban constituidas por ondas. Planck observó ciertas desviaciones de la teoría ondulatoria en el caso de las radiaciones emitidas por los llamados cuerpos negros, que absorben y emiten radiación de forma perfecta. Planck llegó a la conclusión de que la radiación electromagnética se emite en unidades discretas de energía, llamadas cuantos. Esta conclusión fue el primer enunciado de la teoría cuántica. Según Planck, la energía de un cuanto de luz es igual a la frecuencia de la luz multiplicada por una constante. Desde entonces, la teoría de Planck ha sido verificada experimentalmente en muchas ocasiones, y el desarrollo de la teoría cuántica ha producido un cambio radical en el concepto que se tiene en física de la luz y de la materia; en la actualidad, se considera que ambas combinan las propiedades de una onda y de una partícula. Así, la constante de Planck se ha vuelto tan importante para la investigación de las partículas de materia como para los cuantos de luz, ahora denominados fotones. La primera medida fiable de la constante de Planck (1916) se debió al físico estadounidense Robert Millikan. El valor actualmente aceptado es $h = 6,626 \times 10^{-34}$ julios·segundo.