

Mecánica cuántica



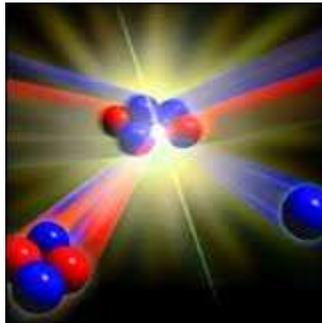
La mecánica cuántica, también conocida como física o teoría cuántica o mecánica ondulatoria, es la rama de la física que estudia el comportamiento de la materia cuando las dimensiones de ésta son tan pequeñas, en torno a 1.000 átomos (el tamaño medio de un átomo es de una diez millonésima de milímetro, es decir, un millón de átomos situados en fila constituirían el grosor de un cabello humano), que empiezan a notarse efectos como la imposibilidad de conocer con exactitud la posición de una partícula, o su energía, o conocer simultáneamente su posición y velocidad, sin afectar a la propia partícula.



Surgió a lo largo de la primera mitad del siglo XX en respuesta a los problemas que no podían ser resueltos por medio de la física clásica. Es una teoría que describe *cómo funciona el mundo a escalas muy, muy pequeñas*. Es una teoría *científica*, es decir, *su validez reposa sobre experimentos*.

Los dos pilares de esta teoría son:

- Las partículas intercambian energía en múltiplos enteros de una cantidad mínima posible, denominado **quantum** (cuanto) de energía.



- La posición de las partículas viene definida por una **función que describe la probabilidad** de que dicha partícula se halle en tal posición en ese instante

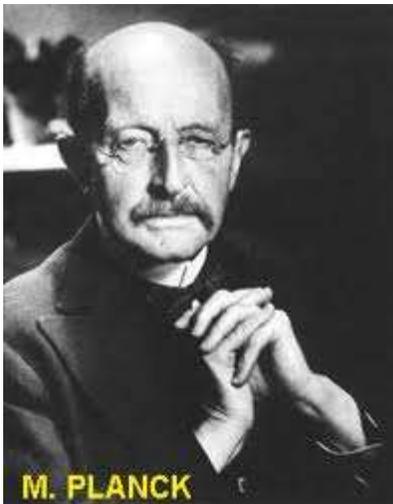
La mecánica cuántica describe, cómo existe una diversa multiplicidad de estados, los cuales habiendo sido descritos mediante ecuaciones matemáticas por los físicos, son denominados **estados cuánticos**.

De esta forma la mecánica cuántica puede explicar la existencia del átomo y desvelar los misterios de la estructura atómica, tal como hoy son entendidos; fenómenos que no puede explicar debidamente la física clásica o más propiamente la mecánica clásica.

¿Cuándo surgió?

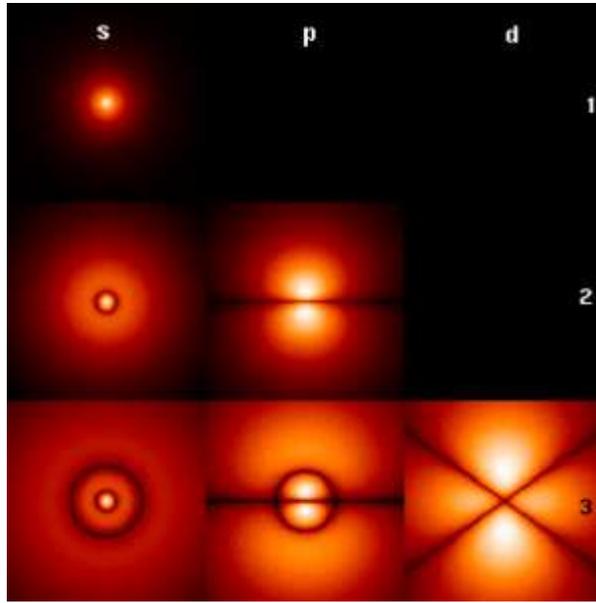
La mecánica cuántica es, cronológicamente, la última de las grandes ramas de la física. Comienza a principios del siglo XX, en el momento en que dos de las teorías que intentaban explicar ciertos fenómenos, la ley de gravitación universal y la teoría electromagnética clásica, se volvían insuficientes para esclarecerlos. La teoría electromagnética generaba un problema cuando intentaba explicar la emisión de radiación de cualquier objeto en equilibrio, llamada radiación térmica, que es la que proviene de la vibración microscópica de las partículas que lo componen. Usando las ecuaciones de la electrodinámica clásica, la energía que emitía esta radiación térmica era un resultado demasiado grande si se suman todas las frecuencias que emitía el objeto, con ilógico resultado para los físicos.

Fue Max Planck quien entonces enunció la hipótesis de que la radiación electromagnética es absorbida y emitida por la materia en forma de **cuantos** de luz o **fotones** de energía mediante una constante estadística, que se denominó **constante de Planck**. La primera formulación *cuántica* de un fenómeno fue dada a conocer por el mismo Planck el 14 de diciembre de 1900 en una sesión de la Sociedad Física de la Academia de Ciencias de Berlín.



La idea de Planck habría quedado muchos años sólo como hipótesis si Albert Einstein no la hubiera retomado, proponiendo que la luz, en ciertas circunstancias, se comporta como partículas de energía independientes (los cuantos de luz o fotones). Fue Albert Einstein quien completó en 1905 las correspondientes leyes de movimiento en su teoría especial de la relatividad, demostrando que el electromagnetismo era una teoría esencialmente no mecánica. Culminaba así lo que se ha dado en llamar física clásica, es decir, la física no-cuántica.

La teoría cuántica fue desarrollada en su forma básica a lo largo de la primera mitad del siglo XX. El hecho de que la energía se intercambie de forma discreta se puso de relieve por hechos experimentales.



La función de onda del electrón de un átomo de hidrógeno posee niveles de energía definidos y discretos denotados por un número cuántico $n=1, 2, 3, \dots$ y valores definidos de momento angular caracterizados por la notación: s, p, d, ... Las áreas brillantes en la figura corresponden a densidades elevadas de probabilidad de encontrar el electrón en dicha posición.

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

E = Energía

h = Constante de Planck

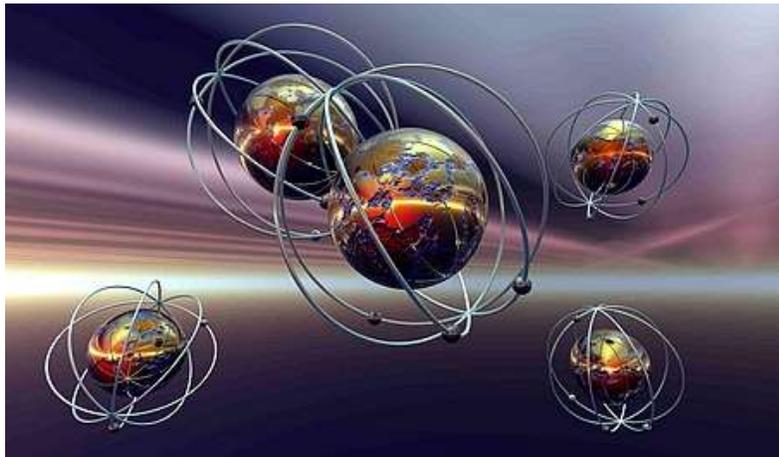
c = Velocidad de la luz

λ = Longitud de onda

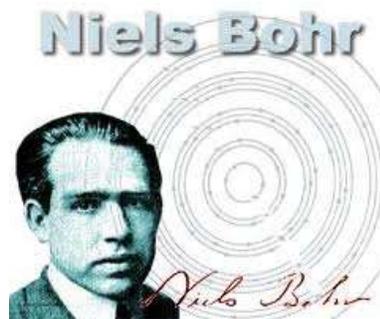
Las suposiciones más importantes de esta teoría son las siguientes:

- Al ser imposible fijar a la vez la posición y el momento de una partícula, se renuncia al concepto de trayectoria, vital en mecánica clásica. En vez de eso, el movimiento de una partícula 'puede ser explicado por una función matemática que asigna, a cada punto del espacio y a cada instante, la probabilidad de que la partícula descrita se halle en tal posición en ese instante. A partir de esa función, o función de ondas, se extraen teóricamente todas las magnitudes del movimiento necesarias para el desplazamiento de una partícula en estudio.

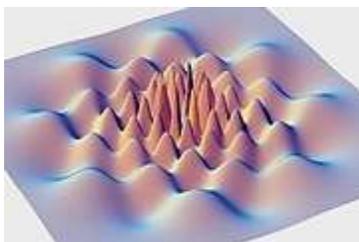
- Existen dos tipos de evolución temporal: la primera si no ocurre ninguna medida el estado del sistema o función de onda evolucionan de acuerdo con la ecuación de Schrödinger y la segunda si se realiza una medida sobre el sistema, éste sufre un "salto cuántico" hacia un estado compatible con los valores de la medida obtenida.
- Existen diferencias perceptibles entre los estados ligados (relacionados) y los que no lo están.
- La energía no se intercambia de forma continua en un estado ligado, sino en forma discreta lo cual implica la existencia de paquetes mínimos de energía llamados cuantos, mientras en los estados no ligados la energía se comporta como un continuo cambio.



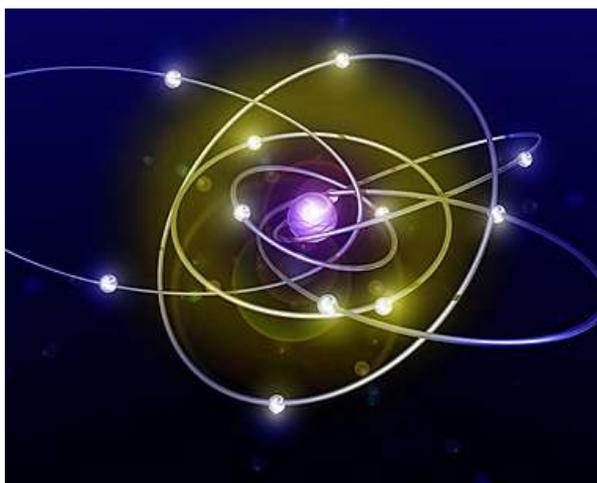
El **principio de complementariedad** de Bohr dice que aparecen juntas propiedades aparentemente contradictorias. Por ejemplo, un electrón o un fotón son, al mismo tiempo, una onda y una partícula. Como partícula, están en un punto determinado del cosmos. Pero como onda se extienden por todo el cosmos, y pueden estar en cualquier parte.



La ecuación de Schrödinger describe matemáticamente la onda de probabilidad. El electrón, como onda, puede estar en cualquier parte del cosmos. Pero la probabilidad de que esté en un lugar u otro no es la misma. En eso consiste la onda de probabilidad. Donde los picos son más altos hay mayor probabilidad de encontrarlo, y donde son más bajos la probabilidad es menor. Pero puede estar en cualquiera de esos puntos.



Einstein, en 1905, explicó el **efecto fotoeléctrico** utilizando la teoría de los cuantos, admitiendo que la luz se traslada por el espacio en forma de cuantos. A este cuanto de radiación se le dio posteriormente el nombre de fotón.



La dualidad onda corpúsculo, también llamada onda partícula, resolvió una aparente paradoja (un pensamiento que los científicos no podían aceptar), demostrando que la luz y la materia pueden, a la vez, poseer propiedades de partícula y propiedades ondulatorias. Actualmente se considera que la dualidad onda de una partícula es un "concepto de la mecánica cuántica según el cual no hay diferencias fundamentales entre partículas y ondas: las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa".

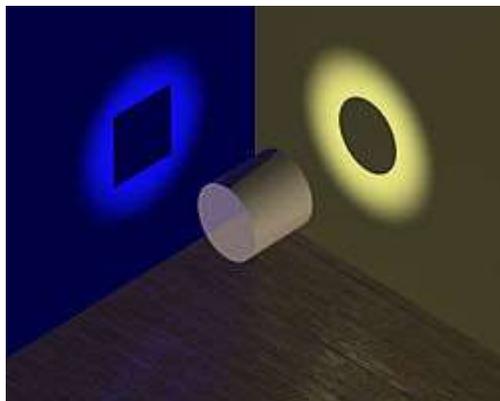
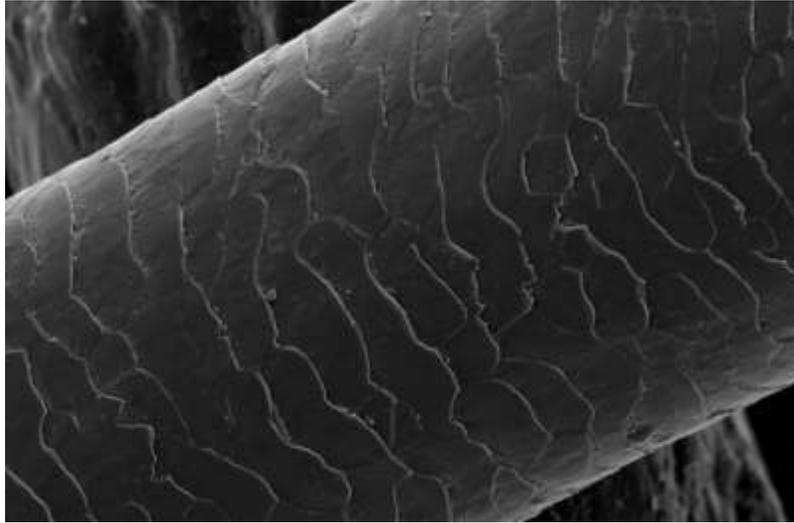
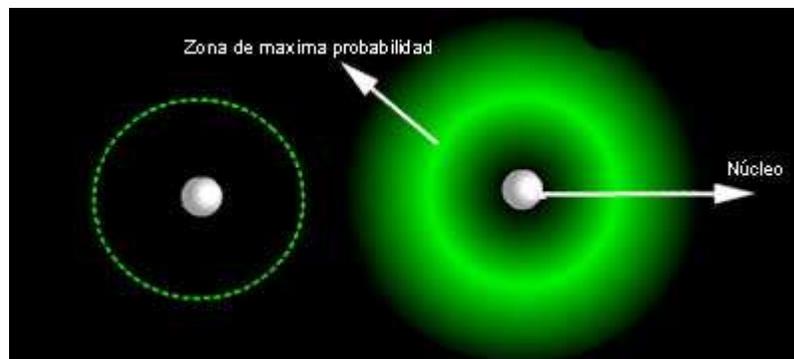


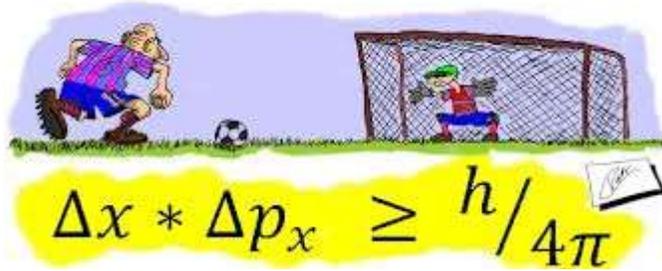
Imagen ilustrativa de la dualidad onda-partícula, en el que se aprecia cómo un mismo fenómeno puede ser percibido de dos modos distintos.



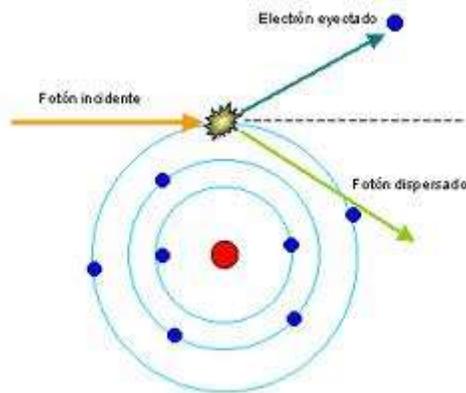
El **principio de correspondencia** fue primeramente invocado por Niels Bohr en 1923. Las leyes de la mecánica cuántica describen objetos microscópicos tales como átomos y partículas elementales. La mecánica clásica y el electromagnetismo describen con exactitud sistemas macroscópicos (sólidos rígidos, condensadores eléctricos, etc.). Es razonable creer que las máximas leyes de la física se deben aplicar a todos los objetos, sin importar su tamaño. Esta fue la motivación para la creación del principio de correspondencia de Bohr, el cual establece que la física clásica debe surgir como una aproximación a la física cuántica a medida que los sistemas aumentan de tamaño.



Establece el punto en donde la física cuántica y la física clásica concuerdan y se llama **límite clásico**. La relación de indeterminación de Werner Heisenberg (1927) o **principio de incertidumbre** establece la imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas sean conocidas con precisión arbitraria. No se puede determinar simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula según el principio de incertidumbre.

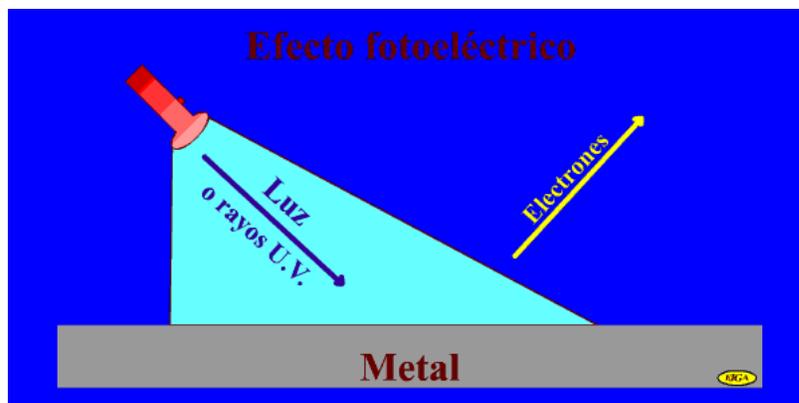


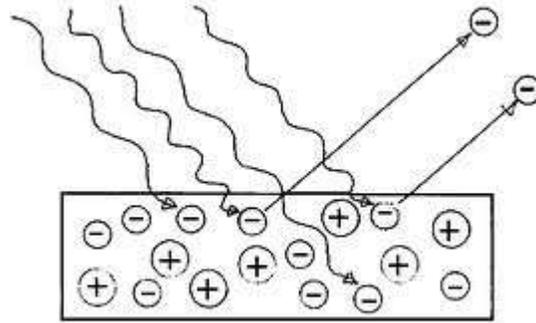
El **Efecto Compton** fue estudiado por el físico Arthur Compton en 1923, quién pudo explicarlo utilizando la noción cuántica de la radiación electromagnética como cuantos de energía y la mecánica relativista de Einstein. El efecto Compton constituyó la demostración final de la naturaleza cuántica de la luz tras los estudios de Planck sobre el cuerpo negro y la explicación de Albert Einstein del efecto fotoeléctrico. Como consecuencia de estos estudios Compton ganó el Premio Nobel de Física en 1927.



Este efecto es de especial relevancia científica, ya que no puede ser explicado a través de la naturaleza ondulatoria de la luz. La luz debe comportarse como partícula para poder explicar estas observaciones, por lo que adquiere una dualidad onda corpúsculo característica de la mecánica cuántica.

El **efecto fotoeléctrico** consiste en la emisión de electrones por un metal o fibra de carbono cuando se hace chocar sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). A veces se incluyen en el término otros tipos de interacción entre la luz y la materia:





- Fotoconductividad: es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby Smith en el selenio hacia la mitad del siglo XIX.
- Efecto fotovoltaico: transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad.

Se podría decir que el efecto fotoeléctrico es lo opuesto a los rayos X, ya que el efecto fotoeléctrico indica que los fotones luminosos pueden transferir energía a los electrones. Los rayos X (no se sabía la naturaleza de su radiación, de ahí la incógnita "X") son la transformación en un fotón de toda o parte de la energía cinética de un electrón en movimiento.

Aplicaciones en la vida diaria

El marco de aplicación de la teoría cuántica se limita, casi exclusivamente, a los niveles atómico, subatómico y nuclear, donde resulta totalmente imprescindible. Pero también lo es en otros ámbitos, como la electrónica (en el diseño de transistores, microprocesadores y todo tipo de componentes electrónicos), en la física de nuevos materiales, (semiconductores y superconductores), en la física de altas energías, en el diseño de instrumentación médica (láseres, tomógrafos, etc.), en la criptografía y la computación cuánticas, y en la cosmología teórica del universo temprano.



Superconductor: Se denomina superconductividad a la capacidad que poseen ciertos materiales para conducir corriente eléctrica sin resistencia y pérdida de energía nulas en determinadas condiciones. En este caso es la ausencia de resistencia al magnetismo.

Un nuevo concepto de información, basado en la naturaleza cuántica de las partículas elementales, abre posibilidades inéditas al procesamiento de datos. La nueva unidad de información es el qubit (quantum bit), que representa la superposición de 1 y 0, una cualidad imposible en el universo clásico que impulsa una criptografía indescifrable, detectando, a su vez, sin esfuerzo, la presencia de terceros que intentaran adentrarse en el sistema de transmisión. La otra gran aplicación de este nuevo tipo de información se concreta en la posibilidad de construir un ordenador cuántico, que necesita de una tecnología más avanzada que la criptografía, en la que ya se trabaja, por lo que su desarrollo se prevé para un futuro más lejano.



La tele transportación de hombres, aunque en un futuro lejano, es una de las aplicaciones más atractivas de la mecánica cuántica

En la medicina, la teoría cuántica es utilizada en campos tan diversos como la cirugía láser, o la exploración radiológica. En el primero, son utilizados los sistemas láser, que aprovechan la cuantificación energética de los orbitales nucleares para producir luz monocromática, entre otras características. En el segundo, la resonancia magnética nuclear permite visualizar la forma de algunos tejidos al ser dirigidos los electrones de algunas sustancias corporales hacia la fuente del campo magnético en la que se ha introducido al paciente.





Otra de las aplicaciones de la mecánica cuántica es la que tiene que ver con su propiedad inherente de la probabilidad. La teoría cuántica nos habla de la probabilidad de que un suceso dado acontezca en un momento determinado, no de cuándo ocurrirá ciertamente el suceso en cuestión.

Cualquier suceso, por muy irreal que parezca, posee una probabilidad de que suceda, como el hecho de que al lanzar una pelota contra una pared ésta pueda traspasarla. Aunque la probabilidad de que esto sucediese sería infinitamente pequeña, podría ocurrir perfectamente.

La tele transportación de los estados cuánticos (qubits) es una de las aplicaciones más innovadoras de la probabilidad cuántica, si bien parecen existir limitaciones importantes a lo que se puede conseguir en principio con dichas técnicas. En 2001, un equipo suizo logró tele transportar un fotón una distancia de 2 km, posteriormente, uno austriaco logró hacerlo con un rayo de luz (conjunto de fotones) a una distancia de 600 m., y lo último ha sido tele transportar un átomo, que ya posee masa, a 5 micras de distancia.

Glosario:

Constante de Planck: Es una constante física que desempeña un papel central en la teoría de la mecánica cuántica y recibe su nombre de su descubridor, Max Planck.

Efecto fotovoltaico: Transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica.

Fotoconductividad: Es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby.

Mecánica cuántica: Es una rama de la física que se ocupa de los fenómenos físicos a escalas microscópicas, donde la acción es del orden de la constante.

Superconductor: Se denomina superconductividad a la capacidad intrínseca que poseen ciertos materiales para conducir corriente eléctrica sin resistencia y pérdida de energía nulas en determinadas condiciones.

Referencias Bibliográficas:

<http://es.scribd.com/doc/503200/Efecto-compton>

<http://www.astromia.com/astrofísica/principioscuanticos.htm>

<http://francisthemulenews.wordpress.com/2008/02/27/dualidad-onda-particula-o-el-electron-como-onda-en-el-espacio-de-momentos/>

http://www.educ.ar/recursos/ver?rec_id=14504

http://www.cienciapopular.com/n/Ciencia/Fisica_Cuantica/Fisica_Cuantica.php

<http://es.wikipedia.org/wiki/Qubit>