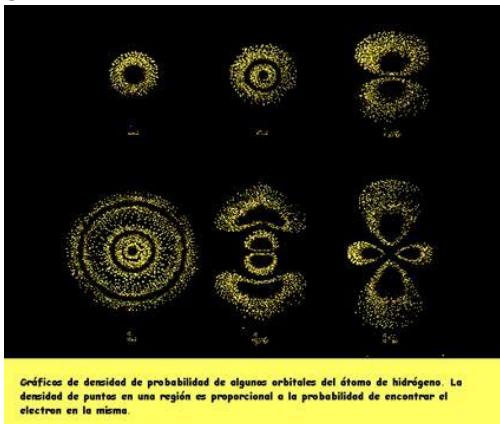


¿Qué es la Mecánica Cuántica?

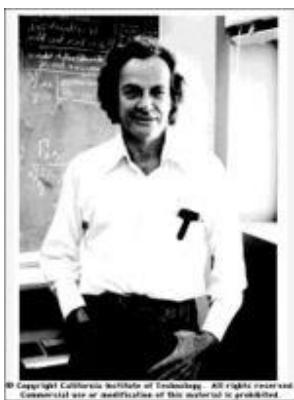


La Mecánica Cuántica y la teoría de la relatividad son las dos grandes teorías de la Física del siglo XX. Ambas surgieron a principios del siglo pasado para explicar fenómenos que contradecían las predicciones de la Física Clásica, nacida con Isaac Newton en el siglo XVII [\[1\]](#) El nombre Mecánica Cuántica fue utilizado por primera vez por Max Born en 1924 en un paper que llevaba como título:

Sobre Mecánica Cuántica (Zur Quantenmechanik).

La Mecánica Cuántica brinda el marco general para describir sistemas físicos en todas las escalas, desde las partículas elementales (tales como electrones y quarks), núcleos, átomos y moléculas hasta la estructura estelar. Su campo de aplicación es universal, pero es en sistemas de dimensiones muy pequeñas donde sus predicciones difieren sustancialmente de aquellas proporcionadas por la física clásica. Recordemos aquí que la dimensión de un átomo es muy pequeña: Típicamente una diez millonésima de milímetro! (0,0000001 mm, equivalente a un Angstrom). Y la de un núcleo atómico es aún cien mil veces menor (0,00000000001 mm, equivalente a un Fermi).

Según expresa Richard Feynman



[\[2\]](#) en su texto de Mecánica Cuántica, la relación entre la física clásica y la cuántica es la misma que hay entre un objeto y su sombra. La sombra nos permite conocer de manera aproximada la forma del objeto, pero no es posible reconstruir de forma directa el objeto original a partir de su sombra. Análogamente, en la mecánica clásica existen sombras de las leyes de la mecánica cuántica que son las que verdaderamente se encuentran en la base de todo. La mecánica clásica es solo una aproximación.

La mecánica cuántica resulta así imprescindible para explicar satisfactoriamente todas las propiedades de la materia. Es la base de los desarrollos tecnológicos de mayor éxito de la segunda mitad del siglo XX, constituyendo el fundamento de la química moderna y de la microelectrónica actual (incluyendo las computadoras).

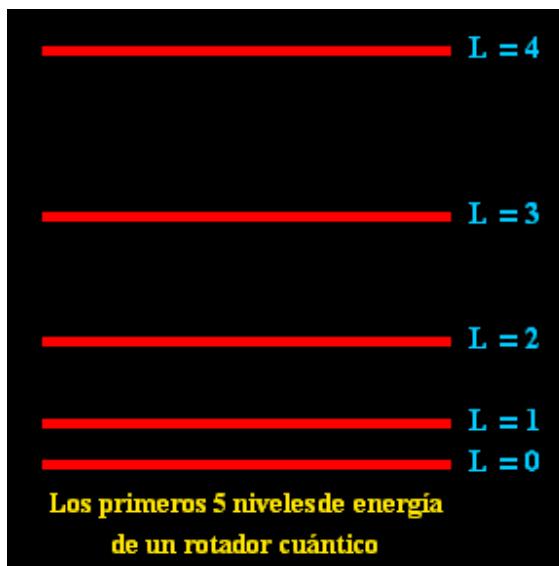
La mecánica cuántica (también llamada física cuántica) nos revela aspectos muy sorprendentes de la naturaleza, aún más lejanos a nuestra intuición que los predichos por la teoría de la relatividad. Esto es natural pues nuestra intuición se desarrolló en el mundo macroscópico cotidiano (donde las distancias son mucho mayores que las atómicas y las velocidades mucho menores que la velocidad

de la luz), el cual es correctamente descripto por la física clásica. En sistemas macroscópicos las predicciones cuánticas coinciden normalmente con las de la física clásica.

¿Porqué se llama Mecánica Cuántica?

Porque en esta teoría, las magnitudes físicas tales como la energía y otras cantidades importantes están normalmente cuantizadas: No pueden tomar cualquier valor, sino sólo ciertos valores posibles, que pueden ser determinados en experimentos o mediante complejas (¡pero elegantes!) ecuaciones matemáticas.

Veamos un ejemplo: Mientras que una rueda de bicicleta puede en principio girar alrededor de su eje con cualquier velocidad de rotación, y por lo tanto tener cualquier energía (energía cinética de rotación), una molécula rotante (rotador cuántico) puede tener sólo determinadas energías de rotación. Así, mientras la energía de la rueda de bicicleta puede variarse en forma continua incrementando su velocidad, la energía de rotación de una molécula sólo puede incrementarse de a saltos.



Y más sorprendente aún resultan los valores que puede tomar la energía. Por ejemplo, para una molécula diatómica como la del cloruro de hidrógeno (HCl, que en solución acuosa se denomina ácido clorhídrico o comúnmente ácido muriático) los valores son

0, 2, 6, 12, 20, etc.,

en unidades de energía apropiadas. Es decir, no son valores al azar sino ciertos múltiplos enteros de una determinada unidad de energía. Parece mágico, ¿no? Estos valores son los predichos por la teoría cuántica y coinciden, por supuesto, con los medidos experimentalmente. La cuantización de la energía explica en particular las señales de

luz emitida por átomos (espectro de emisión).

Para los interesados en conocer más [detalles](#), las energías del rotador cuántico son de la forma $E = L(L+1) \dots$

Si esto te pareció sorprendente, es sólo el comienzo de las grandes sorpresas que nos depara la mecánica cuántica (Einstein se refería a veces a la misma como "cálculo de magia negra").

Algunas fechas importantes

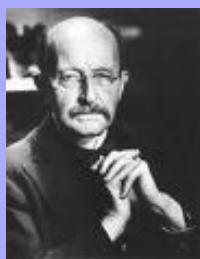
Las ideas que posibilitaron el desarrollo de la Teoría nacieron hacia fines del siglo XIX con Planck.

Los aportes más notables fueron:

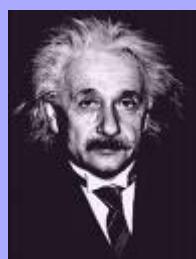
1900: Postulado de Planck [\[3\]](#) de la radiación del cuerpo negro.

1905: Einstein da la explicación del efecto fotoeléctrico. [\[4\]](#)

1913: Bohr introduce el llamado **Modelo de Bohr** del átomo de hidrógeno. [\[5\]](#)



Planck



Einstein



Bohr

1924: de Broglie postula que la materia se comporta también como una onda [\[6\]](#)

1925: Pauli Postula el llamado Principio de Exclusión [\[7\]](#)

1926: Schrödinger introduce la Ecuación de onda [\[8\]](#)



De Broglie



Pauli



Schrodinger

1926: Born introduce el concepto de densidad de probabilidad asociado a la función de onda [\[9\]](#)

1927: Heisenberg introduce el Principio de Incertidumbre [\[10\]](#)

1928: Dirac introduce la ecuación de onda relativista de la Mecánica Cuántica [\[11\]](#)



Born



Heisenberg



Dirac

La formulación general de la Teoría Cuántica la realizan **Heisenberg-Schrodinger y Dirac** entre **1925 y 1926** dando un Marco general para describir sistemas físicos, desde partículas elementales, núcleos y átomos.... y hasta estructura estelar. La teoría implica limitaciones a la precisión con que se puede caracterizar el estado de un sistema, pero realiza predicciones muy precisas sobre los valores medibles de cantidades físicas (energía, spin, etc.) asignando valores discretos (en lugar de continuos)

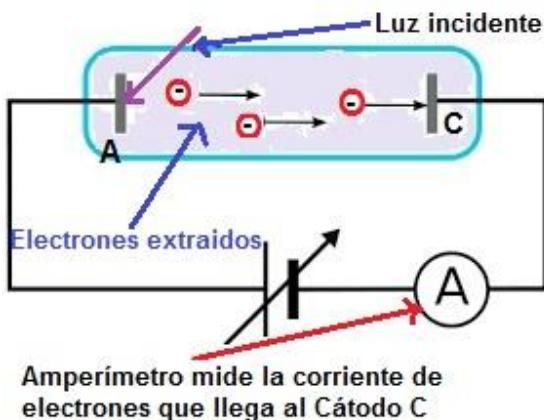
Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico da cuenta de la capacidad que poseen los fotones de transferir energía a la materia cuando interactúan con ella, en forma de *cuantos* o paquetes de energía, y con ello permitir la extracción de electrones del material.

En los metales hay electrones que se mueven más o menos libremente a través de la red cristalina, estos electrones no escapan del metal a temperaturas normales ya que no tienen suficiente energía. (Si es posible extraer estos electrones calentando el material para aumentar su energía y de esta forma evaporarlos (termoelectrones)).



PLANEACIÓN DIDÁCTICA DOCENTES FEPD-004



Esquema del experimento

En el efecto fotoeléctrico en cambio la energía necesaria la proporcionan los fotones. Un haz de luz se compone de fotones, donde cada fotón lleva una cierta energía característica que depende de su frecuencia. Aumentar la intensidad del haz implica aumentar el número de fotones pero no la energía que lleva cada fotón. Cuando el fotón choca contra un material es capaz de ceder esta energía en un único choque a un electrón. Si esta energía es mayor o igual que la energía que requiere el electrón para escapar del material, que se denomina función trabajo, el electrón es extraído. Este proceso es instantáneo. Si por el contrario, la energía es menor el electrón no puede ser extraído. Si el fotón posee energía suficiente, es decir una energía e mayor que la función trabajo, entonces el fotón cede su energía al electrón, que es arrancado y que gracias a la energía remanente adquiere energía cinética en este proceso. La frecuencia mínima necesaria que debe tener el fotón incidente para poder extraer un electrón se denomina frecuencia umbral. Cada material posee un valor determinado de la frecuencia umbral, por debajo de la cual ningún electrón puede ser extraído. Este valor varía dependiendo del material, la luz incidente puede estar en la región visible o corresponder a la frecuencia ultravioleta. Los metales alcalinos como Sodio o Calcio requieren poca energía para extraer un electrón. El esquema de la figura muestra el dispositivo. Hay una diferencia de potencial eléctrico V entre las placas A (ánodo) y C (cátodo). Los electrones arrancados alcanzan el cátodo y la corriente es medida por el amperímetro A.

instantáneo. Si por el contrario, la energía es menor el electrón no puede ser extraído. Si el fotón posee energía suficiente, es decir una energía e mayor que la función trabajo, entonces el fotón cede su energía al electrón, que es arrancado y que gracias a la energía remanente adquiere energía cinética en este proceso. La frecuencia mínima necesaria que debe tener el fotón incidente para poder extraer un electrón se denomina frecuencia umbral. Cada material posee un valor determinado de la frecuencia umbral, por debajo de la cual ningún electrón puede ser extraído. Este valor varía dependiendo del material, la luz incidente puede estar en la región visible o corresponder a la frecuencia ultravioleta. Los metales alcalinos como Sodio o Calcio requieren poca energía para extraer un electrón. El esquema de la figura muestra el dispositivo. Hay una diferencia de potencial eléctrico V entre las placas A (ánodo) y C (cátodo). Los electrones arrancados alcanzan el cátodo y la corriente es medida por el amperímetro A.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887. Sin embargo, la explicación teórica del fenómeno fue dada por Albert Einstein en 1905. En este año Einstein publicó su trabajo *Sobre un punto de vista heurístico concerniente con la producción y transformación de la luz en el que extendió la teoría cuántica de Planck* [12].

Principio de Incertidumbre



Heisenberg

Un aspecto fundamental de la Mecánica Cuántica es el Principio de Incertidumbre, debido a Werner Heisenberg. Dicho principio dice que a mayor precisión sobre la medida de la posición de una partícula, menor precisión habrá sobre su velocidad y viceversa. Esto implica que en mecánica cuántica no podemos hablar ni siquiera de trayectoria (si sabemos donde está, no sabemos para donde se mueve y viceversa). Por supuesto que en estas consideraciones interviene nuevamente la constante de Planck h , y por ello estos efectos se vuelven insignificantes en el mundo macroscópico cotidiano. Más detalles interesantes sobre el principio de incertidumbre pueden encontrarse [aquí](#).

Efecto túnel

En nuestro universo cotidiano gobernado por las leyes de la Física Clásica, sabemos que es imposible que al arrojar una pelota contra una pared, la pelota pase a través de ella. Sin embargo, en la mecánica cuántica un objeto sí puede atravesar una pared (que en el mundo microscópico corresponde a una barrera de potencial), con una cierta probabilidad. Este fenómeno, que es uno de los más interesantes y curiosos del mundo cuántico, se conoce como efecto túnel y es la base del funcionamiento de los circuitos integrados que se usan para construir computadoras. Es también la base de la fisión nuclear. Otra aplicación importantísima es el microscopio de efecto túnel [\[13\]](#).

¿Ondas o partículas? ¡Ambas!

En la física clásica, las ondas son ondas y las partículas son partículas. Sin embargo, esto no es así en la mecánica cuántica!, donde las ondas electromagnéticas (que de acuerdo a su frecuencia se manifiestan como luz, rayos infrarrojos, ondas de radio, TV, rayos ultravioleta, rayos X, rayos Gamma, etc.) pueden exhibir propiedades de partícula (fotones), mientras que las partículas pueden también exhibir propiedades de onda!

Puede decirse que tanto la luz y la materia existen en la mecánica cuántica como partículas, y lo que se comporta como onda es la probabilidad de encontrar dichas partículas en algún lugar. Véase también [\[14\]](#).

El principio de superposición

En nuestro mundo cotidiano (que de aquí en más llamaremos el mundo clásico), uno puede estar vivo o muerto, es decir, en un estado vivo, o en un estado muerto, pero claramente no puede estar en una superposición de ambos estados, es decir, vivo y muerto al mismo tiempo.

Sin embargo, un sistema cuántico sí puede estar en una superposición de estados. El principio de superposición, uno de los principios fundamentales de la Mecánica Cuántica, establece que si un sistema cuántico puede estar en un estado A (por ejemplo vivo) o en un estado B (muerto), puede también estar en una superposición de ambos!

¿Qué significa esto?: Supongamos un sistema cuántico que puede tener energías A y B. Si el sistema está en el estado de energía A, cuando medimos su energía se obtiene el valor A. Y si está en el estado de energía B, al medir obtenemos la energía B. Pero cuando está en una superposición de ambos estados, cuando medimos se puede obtener tanto la energía A como la B, con ciertas probabilidades, las cuales quedan determinadas por el tipo de superposición. Es importante destacar que no se obtiene un valor intermedio entre A y B.

No es sólo un problema de probabilidades! En este punto, algunos lectores pensaran que la situación es confusa pero controlable. Es decir, podrían pensar "Lo que sucede es que cuando el sistema cuántico está en una superposición de estados, tiene una cierta probabilidad de estar en el estado con energía A, y otra de estar en el estado con energía B. Cuando se mide, se sabe entonces en cuál de los dos estados estaba."

Pero ahora la mecánica cuántica nos sorprende nuevamente: No es posible suponer que el sistema YA ESTABA en el estado A o en el estado B, sino que, para decirlo en forma breve, esto se decide en el momento de la medición, como consecuencia de la interacción entre nuestro aparato de medida y el sistema cuántico que es medido. Es decir, no es posible interpretar la superposición cuántica desde un punto de vista probabilístico tradicional. No existe un modelo clásico local puramente probabilístico que pueda predecir los resultados cuánticos. Este aspecto se ha investigado profundamente en los últimos años y las predicciones de la mecánica cuántica han salido siempre victoriosas en los experimentos! (Proximamente se darán en este sitio detalles sobre las desigualdades de Bell y la muy famosa paradoja EPR).

Entre otras cosas, el principio de superposición permite el fenómeno del entrelazamiento cuántico, el cual a su vez posibilita la [teleportación cuántica](#). Y como si fuera poco, la superposición de estados hace factible una forma completamente nueva de computación, denominada [computación cuántica](#), todavía en fase experimental y actualmente objeto de intensa investigación, la cual está basada en qubits (quantum bits) en lugar de bits, y permitiría reducciones extraordinarias en el tiempo de cómputo de ciertos cálculos.

Algunos desarrollos conceptuales notables de las últimas décadas:

1981: W. Zurek introduce los conceptos de decoherencia y estados puntero, proporcionando una teoría consistente de la medida en la mecánica cuántica

1982: W. Wootters y W. Zurek demuestran la imposibilidad de clonación exacta en la mecánica cuántica y sus profundas implicancias

1984: C.H. Bennett y G. Brassard introducen el concepto de criptografía cuántica (distribución cuántica de claves)

1985: David Deutsch introduce el concepto de computadora cuántica

1989: R.F. Werner introduce el concepto de entrelazamiento cuántico para estados cuánticos generales

1991: A. Ekert introduce la criptografía cuántica basada en entrelazamiento

1993: C.H. Bennett, G. Brassard, W. Wootters y otros introducen la teleportación cuántica, basada en el entrelazamiento cuántico

1994: P. Shor demuestra que una computadora cuántica puede resolver el problema de la factorización en forma mucho más eficiente que una computadora clásica, transformando el problema de *duro a factible*

1996: L. Grover demuestra que una computadora cuántica puede resolver el problema de búsqueda de manera más eficiente que una computadora clásica

2001: W. Zurek introduce el concepto de discordancia cuántica, que distingue correlaciones cuánticas no equivalentes al entrelazamiento

2008: C. Caves y otros demuestran que la discordancia cuántica juega un rol central en la computación cuántica basada en estados no puros

Contracorriente

Usos y abusos de la mecánica cuántica

Alberto C. De la Torre



La mecánica cuántica tiene un problema con su nombre. Es demasiado atractivo y misterioso. Si se hubiese llamado "teoría de cota inferior a la acción para el modelado de sistemas físicos", la habrían dejado tranquila y no sería necesario salir a explicar que en numerosos usos de la palabra "cuántica" no hay ninguna relación válida con la física. A diferencia de lo que sucede con la medicina, no existe una ley que proteja contra el "ejercicio ilegal de la física" y no hay penalidad para los que abusan de ella para propagar falsedades o para justificar ideologías esotéricas. Debemos entonces informar y educar a la sociedad para que no se deje embauchar por los charlatanes que invocan a la mecánica cuántica con el fin de hacer creíbles sus delirios.

Un poco de historia

A fines del siglo XIX se creía que las teorías físicas disponibles eran suficientes para explicar todos los fenómenos de la naturaleza. Se pensaba entonces que toda pregunta referida al comportamiento de los sistemas físicos encontraría una respuesta correcta mediante la aplicación de las llamadas teorías clásicas. Tal era la confianza que se tenía en la física clásica, que se anunciaba "el fin de la física". Solamente había un par de "pequeños problemas" que la física clásica no lograba explicar. Uno estaba relacionado con el color de los cuerpos incandescentes y el otro con la variación en la velocidad de la luz cuando la fuente emisora está en movimiento. El anuncio del fin de la física resultó ser tan falso como esperamos que sea falso el anuncio -promulgado a fines del siglo XX- del fin de las ideologías. En efecto, de esos "pequeños problemas" surgieron dos grandes revoluciones de la física que conmocionaron a todos los ambientes culturales: la mecánica cuántica y la relatividad. No trataremos aquí a la relatividad y nos dedicaremos a exponer los aspectos esenciales de la revolución cuántica.

Éxitos y fracasos de la física clásica

La física clásica, la del siglo XIX, es extremadamente exitosa para describir el comportamiento de sistemas físicos, llamados macroscópicos, que son los que podemos percibir directamente con nuestros sentidos. Las piedras, los motores, la luna y los planetas, los ríos, los relojes, los rayos y los truenos, el viento, las olas y mareas, las máquinas y los procesos con todas sus propiedades de masa, energía, impulso, el calor, la luz y los colores y una inmensidad de cosas que encontraban explicación satisfactoria con la física clásica. Es interesante notar que todos estos sistemas físicos y procesos son los que han intervenido en el desarrollo de nuestra intuición, esto es, en la expectativa que tenemos y que usamos para predecir el comportamiento de las cosas. Si soltamos un objeto, predecimos que va a caer, porque eso es lo que hemos experimentado miles de veces. Si dejamos un objeto en un lugar, esperamos que permanezca allí o que se mueva de acuerdo a causas conocidas. Si un objeto puede tener alguna propiedad como cierta posición o cierta velocidad, o cierto color, esperamos que estas propiedades estén presentes o ausentes, pero con certeza. Debido

a que el desarrollo de la intuición ha sido influenciado por nuestro contacto con sistemas que describe correctamente la física clásica, decimos que *la intuición es clásica*.

La física clásica fracasa, hace predicciones falsas (que no se corroboran en los experimentos) cuando se la aplica a sistemas físicos muy pequeños, livianos y tenues. Para éstos se desarrolló la mecánica cuántica, que se aplica con formidable éxito a sistemas 10 mil millones (10^{10}) de veces más pequeños que los sistemas perceptibles por nuestros sentidos, 1.000 cuatrillones (10^{27}) de veces más livianos y 10.000 quintillones (10^{34}) de veces menos activos y más débiles. ¿Tenemos derecho a pensar que nuestra intuición, desarrollada con los sistemas clásicos, se aplique correctamente a sistemas físicos tan alejados de nuestros sentidos? ¡Claramente no! Otorgarnos ese derecho sería repetir el error antropocéntrico tantas veces cometido en la historia de la ciencia. Por ello, debemos estar preparados para aceptar que el comportamiento de los sistemas cuánticos viole nuestra intuición y nos asombre. La mecánica cuántica nos sugiere educar la intuición para hacer aceptables ideas altamente anti-intuitivas y asombrosas pero necesarias en la descripción del comportamiento de los sistemas cuánticos. En cierto sentido, la mecánica cuántica es "paranormal" porque los sistemas cuánticos se comportan en forma diferente a lo que "normalmente" estamos acostumbrados a observar. Sin embargo, **a diferencia de los supuestos fenómenos paranormales, las predicciones asombrosas de la mecánica cuántica cuentan con una abrumadora evidencia experimental**. La teoría cuántica es asombrosa pero ha sido confirmada por experimentos de altísima precisión. Por ejemplo, el cálculo del momento magnético del electrón ha sido comprobado con una precisión tan grande como la que resultaría de medir la longitud del ecuador de la tierra con un error menor a una décima de milímetro.

La revolución cuántica

La característica esencial y revolucionaria de la mecánica cuántica es que, además del valor asociado a cada observable de la realidad, aparece indisolublemente otra cantidad que está relacionada con cierta indeterminación, o incerteza, o error, o imprecisión, o difusión, o dispersión, o variación, en el valor asignado al observable. Los múltiples nombres que hemos presentado son indicativos de la ambigüedad de interpretación que aqueja a esta cantidad. Los dos primeros, indeterminación e incerteza, son los más usuales y corresponden a dos interpretaciones opuestas que no explicaremos aquí. Cuando la indeterminación de una cantidad es grande y hacemos experimentos para observar dicha cantidad, obtendremos diferentes valores que manifiestan la incerteza en la cantidad medida. La teoría no puede predecir con exactitud el valor que mediremos y sólo nos da la probabilidad asociada a cada valor. **La mecánica cuántica sugiere la existencia del indeterminismo en la realidad**. Más asombroso aún, sucede que las indeterminaciones en las cantidades observables no son todas independientes sino que están relacionadas de manera inexplicable para nuestra intuición clásica. Por ejemplo, la indeterminación en la posición de un objeto puede hacerse pequeña, pero lo hará a expensas de una gran indeterminación en su velocidad. Un electrón bien localizado se comporta como una partícula, aunque con velocidad indefinida. Viceversa, si lo obtenemos con una velocidad bien definida se comportará como una onda sin ubicación precisa. Esta es la llamada *dualidad onda-partícula*. Existen experimentos en que los electrones se manifiestan como ondas, similares a la luz, cuando pasan por rendijas: interfieren y difractan pero en otros experimentos, los mismos electrones impactan puntualmente como partículas. ¿Qué es entonces un electrón, una partícula o una onda? La mejor respuesta a esta difícil pregunta es: ¡ni una cosa ni la otra! La realidad del electrón es algo maravillosamente bello y sutil que no debe describirse con nuestra intuición clásica, aunque en ciertos experimentos muestre una cara similar a la de una partícula y en otros a la de una onda. Onda y partícula son dos diferentes perspectivas clásicas de una misma realidad cuántica compleja. Son dos visiones complementarias

| | | | |
|---|-------------------------------------|--|---|
|  GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO | SECRETARÍA DE EDUCACIÓN |  CECYTE Querétaro | SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ISO 9001:2008 |
| V 06 | ELABORACIÓN DE PLANEACIÓN DIDÁCTICA | | PP-PPA-EPD-06 |
| PLANEACIÓN DIDÁCTICA DOCENTES FEPD-004 | | | |

de la realidad. Niels Bohr creó el concepto de "complementariedad" para caracterizar a la posibilidad de coexistencia de propiedades opuestas, incompatibles, que son por un lado necesarias para la descripción completa del sistema físico pero por otro lado no pueden ser consideradas simultáneamente porque se excluyen.

La distorsión paranormal

La aparición de la mecánica cuántica ha tenido grandes consecuencias culturales y filosóficas por un lado, científicas y tecnológicas por el otro y, desafortunadamente, **también ha sido avasallada como instrumento para engañar y estafar**. Veamos brevemente estos tres aspectos. Primero, la mecánica cuántica ha introducido una nueva forma de concebir la existencia de los objetos microscópicos. Estos objetos existen pero sus propiedades difieren de las que asignamos a los objetos grandes que percibimos directamente con nuestros sentidos. Así podemos concebir que una partícula puede existir (ser) pero no tener una localización exacta (estar); que la observación de alguna característica de la realidad no implica la puesta en evidencia de una propiedad preexistente (indeterminismo); que toda descripción que hagamos del objeto con conceptos clásicos, obligatoriamente excluye otras posibles descripciones (complementariedad). La mecánica cuántica ha hecho un gran aporte al debate filosófico al demostrar que el realismo ingenuo, que propone que la realidad es tal cual como nosotros la percibimos, es falso. En el segundo aspecto, el impacto científico y tecnológico de la mecánica cuántica es gigantesco. "La mecánica cuántica explica toda la química y gran parte de la física" dijo algún famoso. El desarrollo de nuevos materiales, toda la electrónica, la superconductividad, la energía nuclear y casi la totalidad de la tecnología moderna no hubiera logrado el nivel de desarrollo alcanzado sin la mecánica cuántica. Finalmente, es importante aclarar que los efectos asombrosos de la mecánica cuántica aparecen en sistemas físicos extremadamente pequeños, tenues y livianos, pero para sistemas físicos grandes, como los que nosotros percibimos con nuestros sentidos, estos efectos asombrosos se promedian, se cancelan, y emerge así el comportamiento "normal" que acostumbramos a percibir. La transición de lo cuántico a lo clásico, llamada "decoherencia", se presenta ya al nivel submolecular y **es por lo tanto falso pensar que la mecánica cuántica pueda explicar fenómenos macroscópicos "paranormales" (en rigor, nunca observados) tales como la telekinesis, bilocalidad y otros**. Tampoco brinda la mecánica cuántica algún soporte a creencias religiosas o misticismos orientales. Ying-yang, tao, holismo, terapias cuánticas, fenómenos paranormales y teletransportación, entre otros, no tienen nada que ver con la física cuántica, y **los que invocan el enorme prestigio y rigor de esta teoría para aportar alguna credibilidad a esas charlatanerías están simplemente engañando; si además, como es usual, sacan de eso algún rédito económico, están estafando**.

ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA

TEMAS DE FÍSICA

QUINTO SEMESTRE

Estudiante: _____

Grupo-grado: _____ Especialidad: _____ Fecha: _____

LECTURA: Estructura atómica de la sustancia en la profundidad de la materia.

Tenemos mucho que aprender de la estructura de la materia. La primera idea que surgió en ese aprendizaje fue la del átomo. Este es el término científico más básico y antiguo inherente a dicha estructura; los filósofos griegos lo usaron hace más de dos mil años. Para ellos el átomo era uso de los "bloques de construcción" de la naturaleza- Pensaban en pequeñas partículas indivisibles con las cuales estaban formadas todas las sustancias. La palabra átomo se deriva del latín átomos y



éste del griego (privar, cortar o dividir), que significa indivisible. Ellos comparaban a esas partículas con los tabiques utilizados en la edificación de sus templos. Tal idea resulta muy rudimentario si la confrontamos con nuestros conocimientos actuales. A principios del siglo XIX. Entonces el concepto de átomo fue corregir por un individuo común y corriente, descolorido pero brillante, un profesor inglés llamado John Dalton (1766-1844), quien sugirió que todos los átomos de un elemento tenían el mismo tamaño y el mismo peso, es decir; introdujo la idea de las masas atómicas (cada elemento tienen su propia masa atómica).

Aunque Dalton desconocía las partículas subatómicas (electrones, protones y neutrones) fue capaz de predecir algunas de las leyes más esenciales de la química.

1. De acuerdo con la lectura, ¿crees que el significado actual de la palabra átomo siga siendo el de indivisible?, ¿Por qué?

2. ¿Cuáles fueron las dos ideas referentes a los átomos planteadas por John Dalton?. Para ampliar tu respuesta te sugerimos consultar el tema La evidencia química, que será tratado después de este.

3. De las suposiciones hechas por Dalton al desarrollar su teoría atómica, ¿cuál de las siguientes posee validez actual?. Responde y explica tu respuesta

- a) Cualquier elemento consiste en la agrupación de pequeñas partículas llamadas átomos.
- b) Los átomos de cualquier elemento son exactamente iguales
- c) Los átomos son indestructibles
- d) Los átomos se combinan en números pequeños

ACTIVIDAD PRACTICA

TEMAS DE FISICA

QUINTO SEMESTRE

Estudiante: _____

Grupo-grado: _____ Especialidad: _____ Fecha: _____

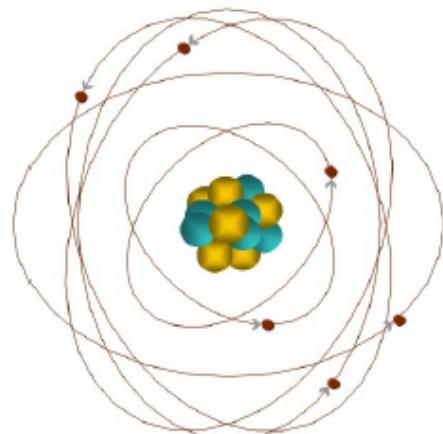
1. Composición de la materia.

Las propiedades de un material y el comportamiento que éste tendrá al ser sometido a diferentes técnicas o procesos dependen básicamente de su constitución o estructura interna.

La composición o constitución de la materia comprende las partículas elementales, átomos y moléculas, así como la manera en que éstos se unen (enlaces).

El **átomo** es la unidad elemental básica de la materia que puede experimentar un cambio químico, y está constituido por las partículas elementales. El átomo constituye dos partes diferenciadas.

- El núcleo de carga **positiva**, constituida por las partículas elementales, **protones** (+) y **neutrones** (neutros). Prácticamente, toda la masa del átomo se concentra en el núcleo.
- La **corteza** constituida por las partículas elementales **electrones** que la dota de carga **negativa**. La corteza rodea al núcleo. Se considera exenta de masa.



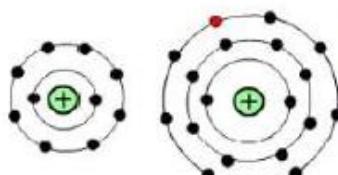
La carga eléctrica negativa de la corteza neutraliza a aquella positiva del núcleo y se dice que **el átomo es eléctricamente neutro**. Es precisamente el número de electrones de un átomo lo que define su **número atómico (Z)** y la estructura electrónica de la corteza define las propiedades químicas, esencialmente *los electrones del nivel más externo*.



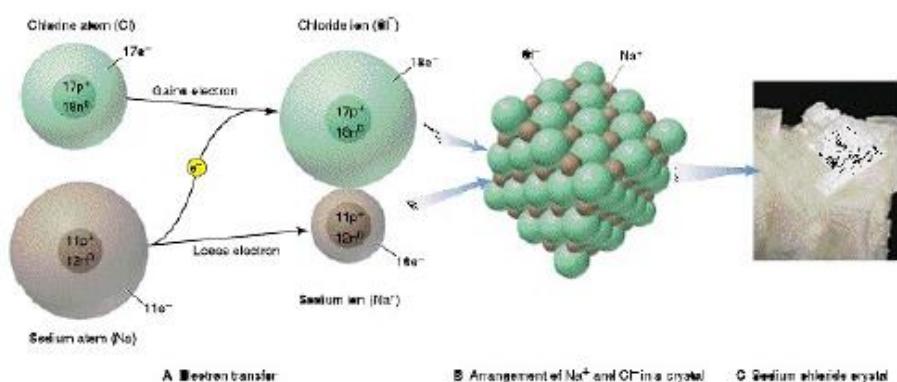
tienen carácter metálico.

DEFINICIÓN: La **electronegatividad** es la capacidad de un átomo para atraer electrones entre sí.

2. Tipos de enlaces atómicos

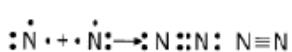
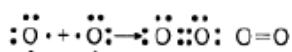
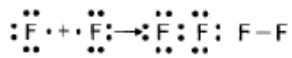
**Na +****Cl -**

a) **Enlace iónico:** Las fuerzas de interacción entre dos átomos son altas debido a la transferencia de electrón de un átomo a otro. Este hecho produce iones que se mantienen unidos por fuerzas eléctricas. Para que exista tal enlace un átomo debe ser altamente electronegativo y el otro altamente electropositivo. El caso más clásico se refiere a la sal común (NaCl).



El átomo de Sodio (Na) es muy electropositivo (tiende a ceder electrones) y convertirse en un ion positivo (Na^+), mientras que el átomo de Cloro (Cl) es muy electronegativo (tiende a aceptar electrones) y convertirse en un ion negativo (Cl^-). Es obvio pensar que el electrón que tiende a perder el sodio pase al cloro. Ambos se convierten en iones de distinta carga que, por lo tanto, se atraen, formando una estructura sólida.)

b) **Enlace covalente:** Las fuerzas de interacción son relativamente altas. Este enlace se crea por la compartición de electrones. Las moléculas orgánicas (a base de carbono) emplean este enlace.



c) **Enlace metálico:** Se da solo entre elementos metálicos, los cuales tienden a ceder sus electrones y transformarse en iones positivos. Los electrones cedidos

Figura 1.3. Enlace covalente en moléculas de flúor (enlace simple), oxígeno (enlace doble) y nitrógeno (enlace triple).

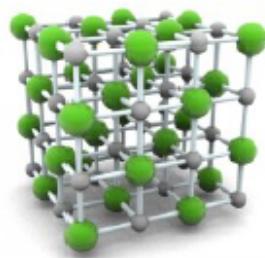


forman una nube electrónica alrededor de los iones y pueden desplazarse a lo largo de las estructuras cuando son obligados por alguna causa externa que suele ser un campo eléctrico generado por la tensión de un generador eléctrico (pila, ...).

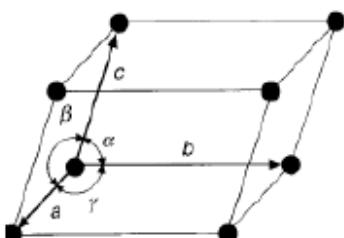
3. La estructura cristalina

La estructura física de los sólidos es consecuencia de la disposición de los átomos, moléculas o iones en el espacio, así como de las fuerzas de interconexión de las partículas:

- **Estado amorfo:** Las partículas componentes del sólido se agrupan al azar.
- **Estado cristalino:** Los átomos (moléculas o iones) que componen el sólido se disponen según un orden regular. Las partículas se sitúan ocupando los nudos o puntos singulares de una red espacial geométrica tridimensional.



Los metales, las aleaciones y determinados materiales cerámicos tienen estructuras cristalinas.



1.7. Celda unitaria con las constantes reticulares.

Los átomos que pertenecen a un sólido cristalino se pueden representar situándolos en una red tridimensional, que se denomina **retículo espacial o cristalino**. Este retículo espacial se puede definir como una repetición en el espacio de celdas unitarias.

La celda unitaria de la mayoría de las estructuras cristalinas son paralelepípedos o prismas con tres conjuntos de caras paralelas

Según el tipo de enlace atómico, los cristales pueden ser de tres tipos:

a) **Cristales iónicos:** punto de fusión elevado, duros y muy frágiles, conductividad eléctrica baja y presentan cierta elasticidad. Ej: NaCl (sal común)

b) **Cristales covalentes:** Gran dureza y elevada temperatura de fusión. Suelen ser transparentes quebradizos y malos conductores de la electricidad. No sufren deformación plástica (es decir, al intentar deformarlos se fracturan). Ej: Diamante

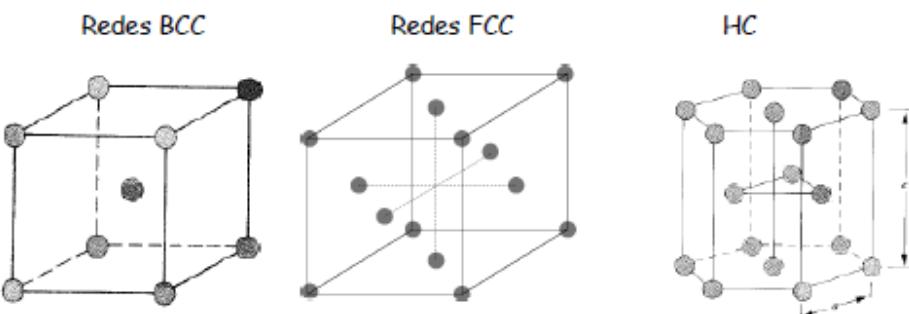


c) **Cristales metálicos:** Opacos y buenos conductores térmicos y eléctricos. No son tan duros como los anteriores, aunque si maleables y dúctiles. Hierro, estaño, cobre,...

Según la posición de los átomos en los vértices de la celda unitaria de la red

cristalina existen:

- a) **Redes cúbicas sencillas:** Los átomos ocupan sólo los vértices de la celda unidad.
- b) **Redes cúbicas centradas en el cuerpo (BCC):** Los átomos, además de ocupar los vértices, ocupan el centro de la celda. En este caso cristalizan el hierro y el cromo.
- c) **Redes cúbicas centradas en las caras (FCC):** Los átomos, además de ocupar los vértices, ocupan el centro de cada cara de la celda. Cristalizan en este tipo de redes el oro, cobre, aluminio, plata,...
- d) **Redes hexagonales compactas (HC):** La celda unitaria es un prisma hexagonal con átomos en los vértices y cuyas bases tiene un átomo en el centro. En el centro de la celda hay tres átomos más. En este caso cristalizan metales como cinc, titanio y magnesio.



En esta actividad podrás elaborar cristales en un cordón de algodón o estambre. Harás crecer esos cristales como si fuesen joyas; lo sorprendente es que te los podrás comer, ya que serán de azúcar.

Material

1 ½ taza de agua
50cm de cordón de algodón o de estambre
Cuchara sopera
Lápiz
Olla o jarrita para hervir agua
3 clips de metal
¾ de taza de azúcar
Vaso de vidrio

| | | |
|--|---|---|
|  <p>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN QUERÉTARO</p> |  <p>CECYTE Querétaro</p> | <p>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ISO 9001:2008</p> |
| V 06 | ELABORACIÓN DE PLANEACIÓN DIDÁCTICA | PP-PPA-EPD-06 |
| PLANEACIÓN DIDÁCTICA DOCENTES FEPD-004 | | |

PROCEDIMIENTO

Vacia la taza y media de agua en la jarrita y hiérvela. Cuando esto suceda, retira el traste del fuego y disuelve la los $\frac{3}{4}$ de taza de azúcar.

Deja enfriar u poco la mezcla mientras anudas tres trozos de cordón a cada uno de los clips (Deben estar bien limpios y enjuagados). Prepara el vaso de vidrio.

Cuando la solución de azúcar esté más fría, vacía dentro del vaso hasta que su nivel llegue a 1cm de la boca del mismo. Es muy importante que dejes reposar el vaso durante varias horas. ¡No lo mueva! Los cristales podrían llegar a medir un centímetro.

Presenta tu hipótesis

Registra tus observaciones

Argumenta tu conclusión, determinando si se cumple o no la hipótesis y porque