

CIADET UNIMAGDALENA IDEA

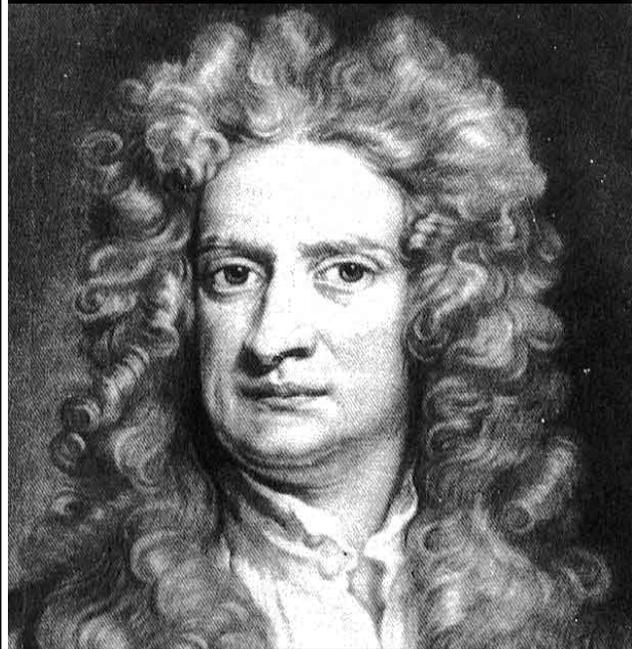
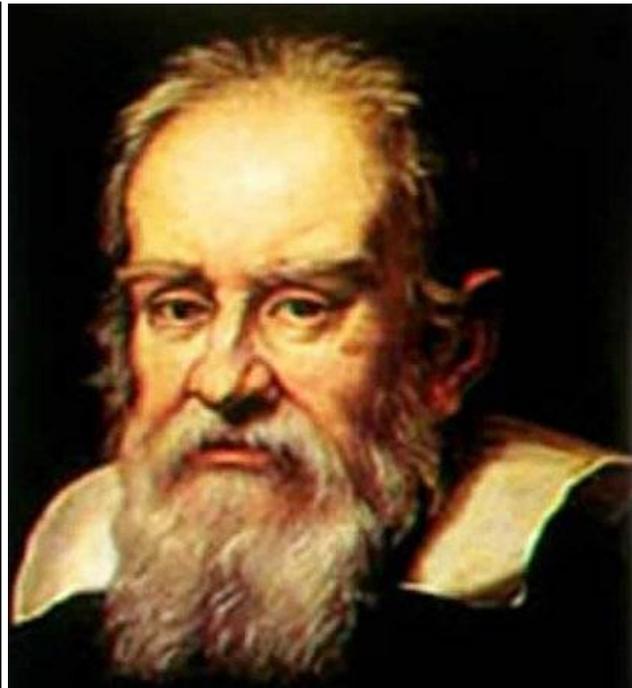
LA FÍSICA CONTEMPORÁNEA Y SUS APLICACIONES

OBJETIVOS

- Brindar una visión global de la física de hoy, con sus aplicaciones en las diferentes ramas del conocimiento.
- Demostrar que es posible el entendimiento de teorías físicas de actualidad utilizando pocos prerrequisitos matemáticas y físicos.
- Reconocer y analizar los conceptos más sobresalientes de la física actual con su aplicabilidad a situaciones nuevas y desconocidas.

NÚCLEOS TEMÁTICOS

- Teoría de la Relatividad
- Introducción a la Mecánica Cuántica
- Materia Condensada y Superconductores
- Física de radiaciones en Medicina y en Materiales
- Nanotecnología



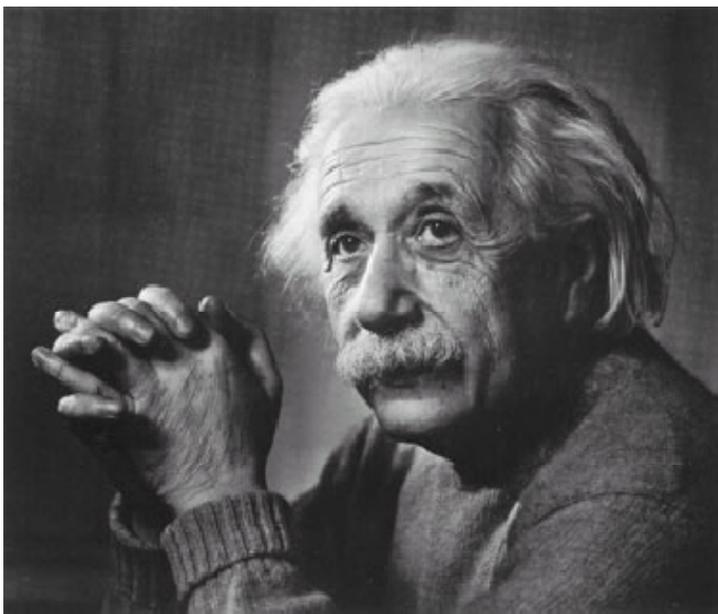
GALILEO GALILEI (1564 – 1642): *“Nunca he encontrado una persona tan ignorante de la que no pueda aprender algo”*

ISAAC NEWTON (1642 – 1727): *“Si consigo ver más lejos es porque he conseguido auparme a hombros de gigantes”*

SIGLO	AVANCES IMPORTANTES
XVI	Galileo fue pionero en el uso de experimentos para validar las teorías de la física. Se interesó en el movimiento de los astros y de los cuerpos. Usando el plano inclinado descubrió la ley de la inercia de la dinámica y con el telescopio observó que Júpiter tenía satélites girando a su alrededor.
XVII	Newton (1687) formuló las leyes clásicas de la dinámica (Leyes de Newton) y la Ley de la Gravitación Universal. A partir del Siglo XVIII se produce el desarrollo de otras disciplinas tales como la termodinámica, la mecánica estadística y la física de fluidos.
XIX	Se producen avances fundamentales en electricidad y magnetismo . En 1855, Maxwell unificó ambos fenómenos y las respectivas teorías vigentes hasta entonces en la Teoría del electromagnetismo, descrita a través de las Ecuaciones de Maxwell. Una de las predicciones de esta teoría es que la luz es una onda electromagnética. A finales de este siglo se producen los primeros descubrimientos sobre radiactividad dando comienzo el campo de la física nuclear. En 1897, Thompson descubrió el electrón.
XX	La Física se desarrolló plenamente. 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.

A. TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

La teoría de la relatividad, desarrollada fundamentalmente por Albert Einstein, pretendía originalmente explicar ciertas anomalías en el concepto de movimiento relativo, pero en su evolución se ha convertido en una de las teorías más importantes en las ciencias físicas y ha sido la base para que los físicos demostraran la unidad esencial de la materia y la energía, el espacio y el tiempo, y la equivalencia entre las fuerzas de la gravitación y los efectos de la aceleración de un sistema. La teoría de la relatividad, tal como la desarrolló Einstein, tuvo dos formulaciones diferentes:



- La primera es la que corresponde a dos trabajos publicados en 1906 en los *Annalen der Physik*. Es conocida como la **Teoría de la relatividad especial** y se ocupa de sistemas que se mueven uno respecto del otro con velocidad constante (pudiendo ser igual incluso a cero).
- La segunda, llamada **Teoría de la relatividad general** (así se titula la obra de 1916 en que la formuló), se ocupa de sistemas que se mueven a velocidad variable.

TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL

Los postulados de la relatividad especial son dos:

- ✓ **El primero** afirma que **todo movimiento es relativo a cualquier otra cosa**, y por lo tanto el éter, que se había considerado durante todo el siglo XIX como medio propagador de la luz y como la única cosa absolutamente firme del Universo, con movimiento absoluto y no determinable, quedaba fuera de lugar en la física, que no necesitaba de un concepto semejante (el cual, además, no podía determinarse por ningún experimento).
- ✓ **El segundo** postulado afirma que **la velocidad de la luz es siempre constante con respecto a cualquier observador**. De sus premisas teóricas obtuvo una serie de ecuaciones que tuvieron consecuencias importantes e incluso algunas desconcertantes, como el aumento de la masa con la velocidad. Uno de sus resultados más importantes fue la equivalencia entre masa y energía, según la conocida fórmula $E=mc^2$, en la que c es la velocidad de la luz y E representa la energía obtenible por un cuerpo de masa m cuando toda su masa sea convertida en energía.

Dicha equivalencia entre masa y energía fue demostrada en el laboratorio en el año 1932, y dio lugar a impresionantes aplicaciones concretas en el campo de la física (tanto la fisión nuclear como la fusión termonuclear son procesos en los que una parte de la masa de los átomos se transforma en energía). Los aceleradores de partículas donde se obtiene un incremento de masa son un ejemplo experimental clarísimo de la teoría de la relatividad especial.

La teoría también establece que **en un sistema en movimiento con respecto a un observador se verifica una dilatación del tiempo**; esto se ilustra claramente con la famosa paradoja de los gemelos: "imaginemos a dos gemelos de veinte años, y que uno permaneciera en la Tierra y el otro

partiera en una astronave, tan veloz como la luz, hacia una meta distante treinta años luz de la Tierra; al volver la astronave, para el gemelo que se quedó en la Tierra habrían pasado sesenta años; en cambio, para el otro sólo unos pocos días".

TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL

La teoría de la relatividad general se refiere al caso de movimientos que se producen con velocidad variable y tiene como postulado fundamental el principio de equivalencia, según el cual **los efectos producidos por un campo gravitacional equivalen a los producidos por el movimiento acelerado**.

La revolucionaria hipótesis tomada por Einstein fue provocada por el hecho de que la teoría de la relatividad especial, basada en el principio de la constancia de la velocidad de la luz sea cual sea el movimiento del sistema de referencia en el que se mide (tal y como se demostró en el experimento de Michelson y Morley), no concuerda con la teoría de la gravitación newtoniana: si la fuerza con que dos cuerpos se atraen depende de la distancia entre ellos, al moverse uno tendría que cambiar al instante la fuerza sentida por el otro, es decir, la interacción tendría una velocidad de propagación infinita, violando la teoría especial de la relatividad que señala que nada puede superar la velocidad de la luz.

Tras varios intentos fallidos de acomodar la interacción gravitatoria con la relatividad, **Einstein sugirió de que la gravedad no es una fuerza como las otras, sino que es una consecuencia de que el espacio-tiempo se encuentra deformado por la presencia de masa (o energía, que es lo mismo)**. Entonces, cuerpos como la tierra no se mueven en órbitas cerradas porque haya una fuerza llamada gravedad, sino que se mueven en lo más parecido a una línea recta, pero en un espacio-tiempo que se encuentra deformado por la presencia del sol.

Los cálculos de la relatividad general se realizan en un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, tres espaciales y una temporal, adoptado ya en la teoría de la relatividad restringida al tener que abandonar el concepto de simultaneidad. Sin embargo, a diferencia del espacio de Minkowsky y debido al campo gravitatorio, este universo no es euclidiano. Así, la distancia que separa dos puntos contiguos del espacio-tiempo en este universo es más complejo que en el espacio de Minkowsky.

Con esta teoría se obtienen órbitas planetarias muy similares a las que se obtienen con la mecánica de Newton. Uno de los puntos de discrepancia entre ambas, la anormalmente alargada órbita del planeta Mercurio, que presenta un efecto de rotación del eje mayor de la elipse (aproximadamente un grado cada diez mil años) observado experimentalmente algunos años antes de enunciarse la teoría de la relatividad, y no explicado con las leyes de Newton, sirvió de confirmación experimental de la teoría de Einstein.

Un efecto que corroboró tempranamente la teoría de la relatividad general es la deflexión que sufren los rayos de luz en presencia de campos gravitatorios. Los rayos luminosos, al pasar de una región de un campo gravitatorio a otra, deberían sufrir un desplazamiento en su longitud de onda (el *Desplazamiento al rojo de Einstein*), lo que fue comprobado midiendo el desplazamiento



aparente de una estrella, con respecto a un grupo de estrellas tomadas como referencia, cuando los rayos luminosos provenientes de ella rozaban el Sol.

La verificación se llevó a cabo aprovechando un eclipse total de Sol (para evitar el deslumbramiento del observador por los rayos solares, en el momento de ser alcanzados por la estrella); la estrella fue fotografiada dos veces, una en ausencia y otra en presencia del eclipse. Así, midiendo el desplazamiento aparente de la estrella respecto al de las estrellas de referencia, se obtenía el ángulo de desviación que resultó ser muy cercano a lo que Einstein había previsto.

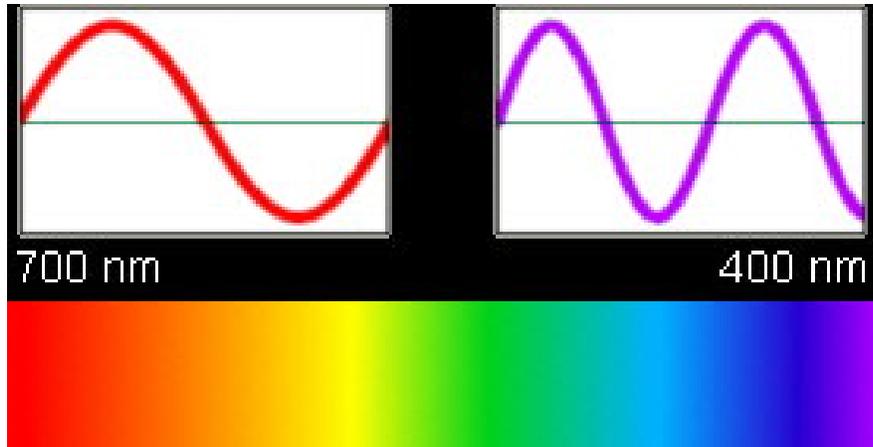
El concepto de tiempo resultó profundamente afectado por la relatividad general. Un sorprendente resultado de esta teoría es que el tiempo debe transcurrir más lentamente cuanto más fuerte sea el campo gravitatorio en el que se mida. Esta predicción también fue confirmada por la experiencia en 1962. De hecho, muchos de los modernos sistemas de navegación por satélite tienen en cuenta este efecto, que de otro modo darían errores en el cálculo de la posición de varios kilómetros.

Otra sorprendente deducción de la teoría de Einstein es el fenómeno de colapso gravitacional que da origen a la creación de los agujeros negros. Dado que el potencial gravitatorio es no lineal, al llegar a ser del orden del cuadrado de la velocidad de la luz puede crecer indefinidamente, apareciendo una singularidad en las soluciones. ***El estudio de los agujeros negros se ha convertido en pocos años en una de las áreas de estudio de mayor actividad en el campo de la cosmología.***

Precisamente a raíz de la relatividad general, los modelos cosmológicos del universo experimentaron una radical transformación. La cosmología relativista concibe un universo ilimitado, carente de límites o barreras, pero finito, según la cual el espacio es curvo en el sentido de que las masas gravitacionales determinan en su proximidad la curvatura de los rayos luminosos. Sin embargo Friedmann, en 1922, concibió un modelo que representaba a un universo en expansión, incluso estático, que obedecía también a las ecuaciones relativistas de Einstein. Con todo, la mayor revolución de pensamiento que la teoría de la relatividad general provoca es el abandono de espacio y tiempo como variables independientes de la materia, lo que resulta sumamente extraño y en apariencia contrario a la experiencia. Antes de esta teoría se tenía la imagen de espacio y tiempo, independientes entre sí y con existencia previa a la del Universo, idea tomada de Descartes en filosofía y de Newton en mecánica.

B. MECÁNICA CUÁNTICA

La **mecánica cuántica**, -también *física cuántica*-, es la **ciencia que tiene por objeto el estudio y comportamiento de la materia a escala reducida**. El concepto *reducido* se refiere aquí a tamaños a partir de los cuales empiezan a notarse efectos como el **principio de indeterminación de Heisenberg** que establece la imposibilidad de conocer con exactitud, arbitraria y simultáneamente,



la posición y el momento de una partícula. Así, los principios fundamentales de la mecánica cuántica establecen con mayor exactitud el comportamiento y la dinámica de sistemas irreversibles. Los efectos sobre la materia son notables en materiales mesoscópicos, aproximadamente 1.000 átomos de composición.

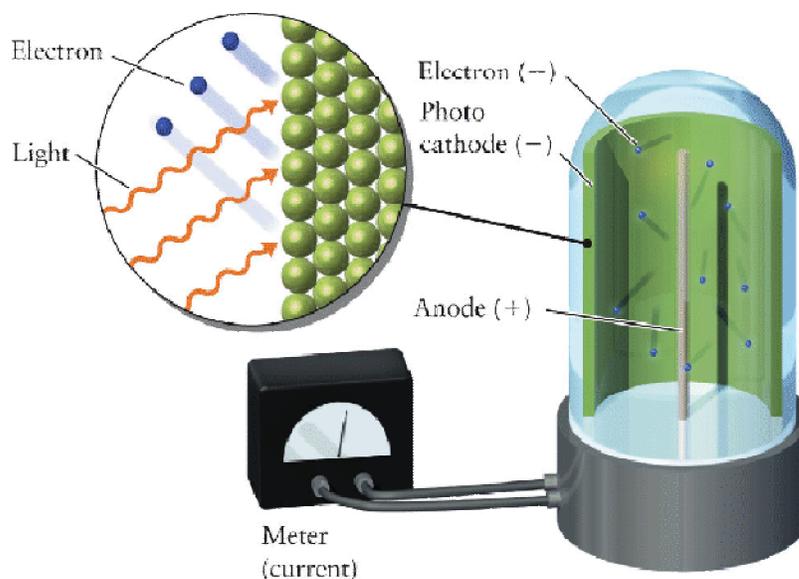
Algunos fundamentos importantes de la teoría son que **la energía no se intercambia de forma continua. En todo intercambio energético hay una cantidad mínima involucrada, llamada cuanto.**

Si aceptamos el hecho de que es imposible fijar a la vez la posición y el momento de una partícula, renunciamos de alguna manera al concepto de trayectoria, vital en mecánica clásica. En vez de eso, el movimiento de una partícula queda regido 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 una posición determinada en un instante determinado (al menos, en la interpretación de la Mecánica cuántica más usual, la probabilística o interpretación de Copenhague). A partir de esa función, o función de ondas, se extraen teóricamente todas las magnitudes del movimiento necesarias.

Aunque la estructura formal de la teoría está bien desarrollada, y sus resultados son coherentes con los experimentos, no sucede lo mismo con su interpretación, que sigue siendo objeto de controversias.

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 como los siguientes, inexplicables con las herramientas teóricas "anteriores" de la mecánica clásica o la electrodinámica:

- Espectro de la radiación del cuerpo negro, resuelto por Max Planck con la cuantización de la energía. La energía total del cuerpo negro resultó que tomaba valores discretos más que continuos. Este fenómeno se llamó cuantización, y los intervalos posibles más pequeños entre los valores discretos son llamados quanta (singular: quantum, de la palabra latina para "cantidad", de ahí el nombre de mecánica cuántica). El tamaño de los cuantos varía de un sistema a otro.
- Bajo ciertas condiciones experimentales, los objetos microscópicos como los átomos o los electrones exhiben un comportamiento ondulatorio, como en la interferencia. Bajo otras condiciones, las mismas especies de objetos exhiben un comportamiento corpuscular, de partícula, ("partícula" quiere decir un objeto que puede ser localizado en una región especial del Espacio), como en la dispersión de partículas. Este fenómeno se conoce como dualidad onda-partícula.
- Las propiedades físicas de objetos con historias relacionadas pueden ser correlacionadas en una amplitud prohibida por cualquier teoría clásica, en una amplitud tal que sólo pueden ser



descritos con precisión si nos referimos a ambos a la vez. Este fenómeno es llamado entrelazamiento cuántico y la desigualdad de Bell describe su diferencia con la correlación ordinaria. Las medidas de las violaciones de la desigualdad de Bell fueron de las mayores comprobaciones de la mecánica cuántica.



- Explicación del efecto fotoeléctrico, dada por Albert Einstein, en que volvió a aparecer esa "misteriosa" necesidad de cuantizar la energía. El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal o fibra de carbono cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general).
- El Efecto Compton, que consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. La frecuencia o la longitud de onda de la radiación dispersada depende únicamente de la dirección de dispersión.

El desarrollo formal de la teoría fue obra de los esfuerzos conjuntos de muchos y muy buenos físicos y matemáticos de la época como Schrödinger, Heisenberg, Einstein, Dirac, Bohr y Von Neumann entre otros (la lista es larga). Algunos de los aspectos fundamentales de la teoría están siendo aún estudiados activamente. La mecánica cuántica ha sido también adoptada como la teoría subyacente a muchos campos de la física y la química, incluyendo en materia condensada, termodinámica, química cuántica y física de partículas.

La región de origen de la mecánica cuántica puede localizarse en la Europa central, en Alemania y Austria, y en el contexto histórico del primer tercio del siglo XX.

LA TEORÍA CUÁNTICA

La mecánica cuántica describe el estado instantáneo de un sistema (estado cuántico) con una función de ondas que codifica la distribución de probabilidad de todas las propiedades medibles, u observables. Algunos observables posibles sobre un sistema dado son la energía, posición, momento y momento angular. La mecánica cuántica no asigna valores definidos a los observables, sino que hace predicciones sobre sus distribuciones de probabilidad. Las propiedades ondulatorias de la materia son explicadas por la interferencia de las funciones de onda.

Estas funciones de onda pueden transformarse con el transcurso del tiempo. Por ejemplo, una partícula moviéndose en el espacio vacío puede ser descrita mediante una función de onda que es un paquete de ondas centrado alrededor de alguna posición media. Según pasa el tiempo, el centro del paquete puede trasladarse, cambiar, de modo que la partícula parece estar localizada más precisamente en otro lugar. La evolución temporal de las funciones de onda es descrita por la Ecuación de Schrödinger.

Algunas funciones de onda describen distribuciones de probabilidad que son constantes en el tiempo. Muchos sistemas que eran tratados dinámicamente en mecánica clásica son descritos mediante tales funciones de onda estáticas. Por ejemplo, un electrón en un átomo sin excitar se dibuja clásicamente como una partícula que rodea el núcleo, mientras que en mecánica cuántica es descrito por una nube de probabilidad estática, esférico simétrica, que rodea al núcleo.

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi = 0$$

Ψ : función de onda

m : masa del electrón

h : constante de Planck

E : energía total del electrón (dependen de sus coordenadas x, y, z)

V : energía potencial del electrón (dependen de sus coordenadas x, y, z)

Cuando se realiza una medición

en un observable del sistema, la función de ondas se convierte en una del conjunto de las funciones llamadas funciones propias, estados propios, eigen-estados, etc del observable en cuestión. Este proceso es conocido como colapso de la función de onda. Las probabilidades relativas de ese colapso sobre alguno de los estados propios posibles es descrita por la función de onda instantánea justo antes de la reducción. Considerando el ejemplo anterior sobre la partícula en el vacío, si se mide la posición de la misma, se obtendrá un valor aleatorio x . En general, es imposible predecir con precisión qué valor de x se obtendrá, aunque es probable que se obtenga uno cercano al centro del paquete de ondas, donde la amplitud de la función de onda es grande. Después de que se ha hecho la medida, la función de onda de la partícula colapsa y se reduce a una que esté muy concentrada en torno a la posición observada x .

La ecuación de Schrödinger es determinista en el sentido de que, dada una función de onda a un tiempo inicial dado, la ecuación suministra una predicción concreta de qué función tendremos en cualquier tiempo posterior. Durante una medida, el eigen-estado al cual colapsa la función es probabilista, no determinista. Así que la naturaleza probabilista de la mecánica cuántica nace del acto de la medida.

FORMULACIÓN MATEMÁTICA

En la formulación matemática rigurosa, desarrollada por Dirac y von Neumann, los estados posibles de un sistema cuántico están representados por vectores unitarios llamados (estados) que pertenecen a un Espacio de Hilbert complejo separable (llamado el espacio de estados). La naturaleza exacta de este espacio depende del sistema; por ejemplo, el espacio de estados para los estados de posición y momento es el espacio de funciones de cuadrado integrable. La evolución temporal de un estado cuántico queda descrito por la **Ecuación de Schrödinger**, en la que el Hamiltoniano, el operador correspondiente a la energía total del sistema, tiene un papel central.

Cada observable queda representado por un operador lineal Hermítico densamente definido actuando sobre el espacio de estados. Cada estado propio de un observable corresponde a un eigenvector del operador, y el valor propio o eigenvalor asociado corresponde al valor del observable en aquel estado propio. Es el espectro del operador es discreto, el observable sólo puede dar un valor entre los eigenvalores discretos. Durante una medida, la probabilidad de que

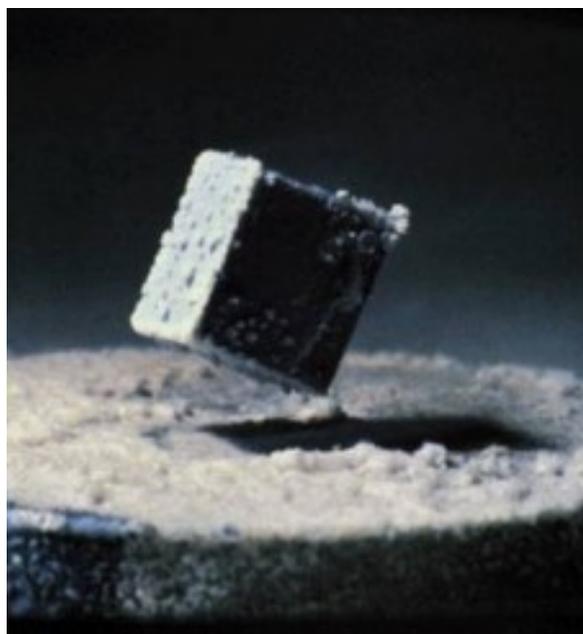
un sistema colapse a uno de los eigenestados viene dada por el cuadrado del valor absoluto del producto interior entre el estado propio o auto-estado (que podemos conocer teóricamente antes de medir) y el vector estado del sistema antes de la medida. Podemos así encontrar la distribución de probabilidad de un observable en un estado dado computando la descomposición espectral del operador correspondiente. El principio de incertidumbre de Heisenberg se representa por la aseveración de que los operadores correspondientes a ciertos observables no conmutan.

C. MATERIA CONDENSADA Y SUPERCONDUCTORES

Es el campo de la física que trata de la macroscópica y microscópica que son propiedades físicas de la materia.

En particular, se refiere a la “condensada” en las fases que aparecen cuando el número de átomos en un sistema es mayor que la escala molecular y las interacciones entre los componentes son muy fuertes. Los ejemplos más conocidos de fases condensadas son sólidos y líquidos, que surgen de las fuerzas electromagnéticas entre los átomos.

Las fases condensadas más exóticas incluyen el superconductor fase exhibido por ciertos materiales a bajas temperatura, el ferromagnético y antiferromagnético. Las fases de la gira de celosías atómicas y el condensado Bose-Einstein encontrados en ciertos ultrafríos sistemas atómicos.



El objetivo de la física de materia condensada es entender el comportamiento de estas fases utilizando bien establecidas las leyes físicas, en particular las de la mecánica cuántica, el electromagnetismo y la mecánica estadística. La diversidad de los sistemas y los fenómenos disponibles para el estudio hacen que la física de materia condensada, con mucho, el mayor campo de la física contemporánea.

Según una estimación un tercio de los físicos de Estados Unidos se identifican como los físicos de la materia condensada. El campo tiene grandes similitudes con la química, ciencia de los materiales y la nanotecnología, y hay conexiones cercanas con los campos relacionados de la física atómica y biofísica. La Teoría Física de la Materia Condensada también comparte muchos conceptos y técnicas importantes con teórica de partículas y física nuclear.

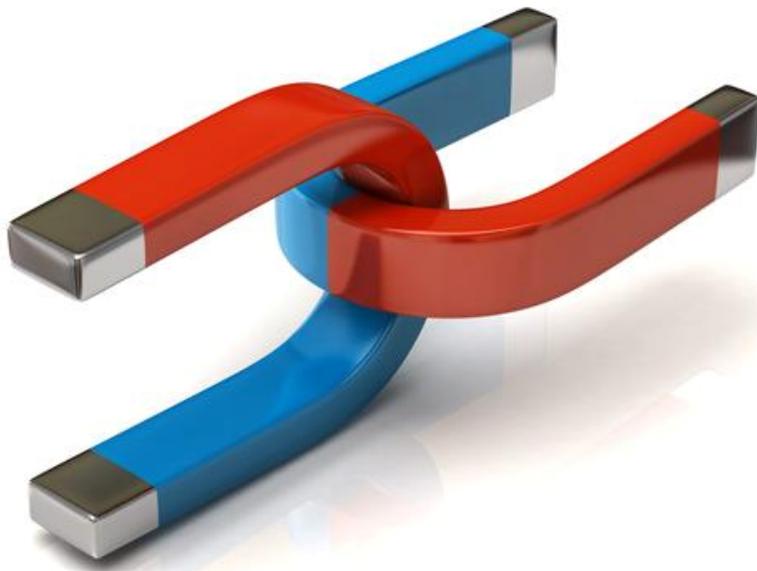
Históricamente, la materia física condensada surgió de la física del estado sólido, que ahora es considerada como uno de sus principales sub campos. El nombre del campo aparentemente acuñado en 1967 por Philip Anderson y Volker Heine cuando dio su nombre a el grupo de investigación en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge de **“Teoría del Estado Sólido” en “Teoría de la Materia Condensada”**.

Una de las razones para este cambio es que muchos de los conceptos y técnicas desarrolladas para el estudio de los sólidos también se pueden aplicar para sistemas de fluidos. Por ejemplo, los electrones de conducción en un conductor eléctrico forman un líquido de Fermi, con propiedades similares a los líquidos convencionales formados por átomos o moléculas.

Incluso el fenómeno de la superconductividad, en los que la mecánica cuántica, las propiedades de los electrones que conducen a comportamientos colectivos fundamentalmente diferentes de la de un líquido clásico, están estrechamente relacionados con el super fluido fase de helio líquido.

Es evidente que jamás hubiéramos imaginado hace veinte años atrás que esta rama de la física se haría tan popular peor en el desarrollo que acabamos de hacer queda un poco más claro el panorama. Se relaciona con otras ramas fundamentales de la

misma, compartiendo incluso los mismo fundamento, esto no hace más que llamar la tención de los jóvenes físicos que buscan abrir fronteras y la mejor manera que encuentran de realizarlo es a través de la física de materia condensada.



SUPERCONDUCTORES

En 1911, el físico holandés Kammerlingh Onnes observó que la resistencia eléctrica del mercurio adquiriría un valor de cero cuando éste se enfriaba a una temperatura cercana al cero absoluto (4.2°K o -26°C). De este modo se descubrió el **fenómeno de la superconductividad**.

En 1933, Meissner y Ochsenfeld descubrieron que cuando se le aplica un campo magnético externo a un material superconductor, éste lo rechaza. La combinación de estas propiedades (conductividad infinita y expulsión del campo magnético) caracterizan a los materiales superconductores.

Un superconductor tiene dos características esenciales. Por debajo de una temperatura crítica característica (T_c), dependiente de la naturaleza y estructura del material, **los superconductores exhiben resistencia cero al flujo de electricidad y pueden expulsar el flujo magnético de su interior, dando lugar al fenómeno de levitación magnética.**

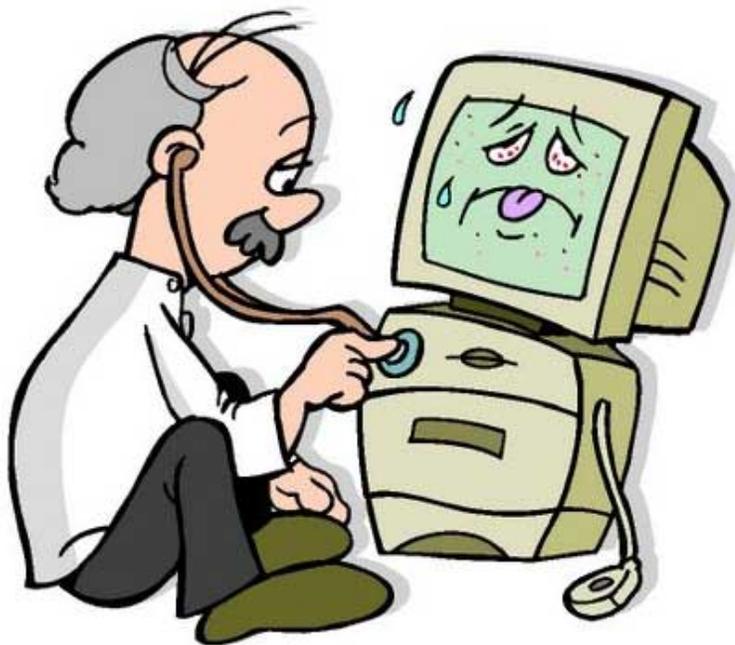
El primer superconductor, mercurio, descubierto en 1911 por G. Holst y K. Onnes, sólo lo era a temperaturas inferiores a 4.2°K (-268°C) y a principios de 1986 el récord de temperatura crítica estaba en 23°K correspondiente al compuesto Nb_3Ge . La rata de crecimiento había sido de 0.3 grados por año y los superconductores a temperatura ambiente parecían inalcanzables.

A finales de 1986 la comunidad científica internacional fué sorprendida cuando J. G. Berdnorz y K. A. Müller, del centro de investigaciones de la IBM en Zurich, observaron una T_c -35°K en el compuesto de óxido de Cobre, Bario y Lantano (BaLaCuO) sintetizado con anterioridad (1983) por el grupo de B. Raveau y C. Michel en Francia. La euforia desatada por este descubrimiento condujo a que poco tiempo después, se descubriera que la T_c podía seguir subiendo lo que llevó al descubrimiento de nuevos materiales superconductores, con T_c por encima del punto de ebullición del nitrógeno líquido (-77°K).

Se despertaron entonces atrevidas esperanzas que fueron sofocadas relativamente pronto por varias dificultades tanto en el plano teórico, donde los conocimientos acumulados sobre el estado

superconductor hasta 1986 fueron incapaces de describir la superconductividad de alta T_c , como en lo referente a las aplicaciones, puesto que **el estado superconductor se destruye al ser sometido a un campo magnético**, cosa que debe hacerse en muchas de las aplicaciones concebibles.

Diez años después, cuando la euforia inicial ha cedido y las noticias de éxitos sensacionalistas se han vuelto escasas, muchas ideas novedosas relativas a las características de los nuevos **cupratos superconductores** se han decantado elevando significativamente el nivel del conocimiento, y a pesar de las dificultades anotadas anteriormente **estos cupratos se utilizan ya en la microelectrónica**, por ejemplo como sensores de campo magnético (SQUID: interferómetro cuántico superconductor), filtros, resonadores etc.



Y ¿PARA QUE SIRVEN?

Si algún día los superconductores de temperatura ambiente llaman a nuestra puerta nos veremos inmersos en una revolución tecnología sin precedentes. Pero aunque no lo hagan, ya existen muchos equipos que utilizan la superconductividad en su funcionamiento.

Un pequeño imán cilíndrico flota por encima de un superconductor. El vapor es nitrógeno líquido en ebullición, que mantiene al superconductor en un estado de resistencia nula. Cuando el imán desciende hacia el superconductor, induce una corriente eléctrica, que a su vez crea un campo magnético opuesto al del imán. Como el superconductor no tiene resistencia eléctrica, la corriente inducida sigue fluyendo y mantiene el imán suspendido indefinidamente.

A continuación un repaso a las aplicaciones más espectaculares de este fenómeno.

Por su ausencia de resistencia, los superconductores se han utilizado para fabricar electroimanes que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía. Los imanes superconductores se han utilizado en estudios de materiales y en la construcción de potentes aceleradores de partículas. Aprovechando los efectos cuánticos de la superconductividad se han desarrollado dispositivos que miden la corriente eléctrica, la tensión y el campo magnético con una sensibilidad sin precedentes.

El descubrimiento de mejores compuestos semiconductores es un paso significativo hacia una gama mayor de aplicaciones, entre ellas computadoras más rápidas y con mayor capacidad de memoria, reactores de fusión nuclear en los que el plasma se mantenga confinado por campos magnéticos, trenes de levitación magnética de alta velocidad y, tal vez lo más importante, una generación y transmisión más eficiente de la energía eléctrica.

El SQUID o dispositivo superconductor de interferencia cuántica, fue una de las primeras aplicaciones comerciales de la superconductividad.

Basado en las uniones Josephson, son captadores magnéticos extraordinariamente sensibles que permiten medir campos magnéticos y tensiones eléctricas increíblemente débiles, con una resolución del orden del picovoltio, una billonésima de voltio.

Los SQUID llevan utilizándose ininterrumpidamente desde los años 60 en multitud de aplicaciones: detección súper precisa de las señales eléctricas



del cerebro y el corazón, comprobación no destructiva de tuberías y puentes (la fatiga del metal produce una firma magnética peculiar), paleomagnetismo, sensores geológicos para prospecciones petrolíferas, equipos militares de detección de sumergibles y un largo etcétera.

Aparatos de formación de imágenes por resonancia magnética, más conocidos como **RMN**. Con esta técnica se coloca una sustancia en un campo magnético intenso que modifica el spin de los núcleos de determinados iones. Después, se somete a la muestra a una onda de radio que reorienta los núcleos. Al desaparecer la excitación se libera un pulso de energía que proporciona información sobre la estructura molecular de la sustancia... y que puede transformarse en una imagen mediante técnicas informáticas.

El RMN es una herramienta casi indispensable para la formación de imágenes del cerebro, y con el advenimiento de los superconductores de alta temperatura podrá convertirse en una máquina mucho más pequeña y barata: los superconductores clásicos enfriados por helio requieren voluminosos y delicados equipos de refrigeración. En cambio, el nitrógeno líquido es sencillísimo de producir y utilizar.

Ordenadores más rápidos. Otra aplicación de las uniones Josephson es la posibilidad de fabricar transistores basados en ellas. Estos circuitos podrían activarse y desactivarse muy rápidamente con un consumo de potencia mínimo. En teoría, un ordenador basado en el efecto Josephson sería 50 veces más rápido que uno convencional, aunque hasta hoy no ha sido construido debido a problemas de fiabilidad, de interfaces y a la dificultad de competir con un adversario tan poderoso como los circuitos de silicio (muchísimo más económicos y sencillos de utilizar).

En todas aquellas aplicaciones en que sean necesarios campos de una intensidad enorme, los superconductores clásicos no tienen rival. La forma más evidente de crear un campo magnético es mediante una bobina de cable enrollado, que al ser atravesada por una corriente eléctrica crea un campo directamente proporcional a la intensidad de la misma. Pero el campo máximo que podemos generar no es muy grande, ya que al incrementar la corriente los cables comienzan a calentarse peligrosamente debido a la resistencia eléctrica. Con los superconductores no pasa esto: su resistencia es cero y pueden producir campos magnéticos altísimos. La aplicación típica en este caso son los aceleradores de partículas como el Tevatron del Fermilab en EE.UU. con una capacidad de un teraelectrón voltio (TeV), equivalente a un billón de voltios.

Los imanes basados en superconductores de alta temperatura todavía están lejos de estos márgenes... aunque ya se pueden conseguir imanes de cerámicas superconductoras que pueden generar un campo de dos teslas, cinco veces mayor que el que se puede conseguir con un imán permanente.

Estos imanes se utilizan por ejemplo en los **trenes de alta velocidad sobre cojín magnético** (MAGLEV). Los trenes tipo SED (suspensión electrodinámica) japoneses pueden desplazarse de 320 a 500Km/h mediante imanes superconductores que inducen corrientes en las bobinas conductoras de las guías. Esta interacción eleva al vehículo unos 15cm del suelo, como si fuera un avión en vuelo rasante. A menos de 100Km/h, este vehículo circula sobre ruedas como un tren convencional.

Transporte de energía mediante cables eléctricos, transformadores de corriente y conmutadores de potencia. De este modo se podría reducir el recibo de la luz al compensarse el importante porcentaje de energía eléctrica que se disipa en forma de calor debido a la resistencia eléctrica.

También podrían utilizarse como limitadores de corriente, proporcionándonos un voltaje más estable. Hace poco, el Departamento de Energía de Estados Unidos ha anunciado el primer proyecto de uso comercial a gran escala de los superconductores de alta temperatura. Se pretenden instalar cables superconductores de unos 130 metros en una subestación eléctrica de Detroit. Se sustituirán los cables de cobre de tal manera que la nueva instalación albergara una capacidad tres veces mayor (24000 voltios). Sin embargo, el principal inconveniente para que esta prueba se generalice es el alto coste, ya que se han presupuestado unos 5,5 millones de dólares.

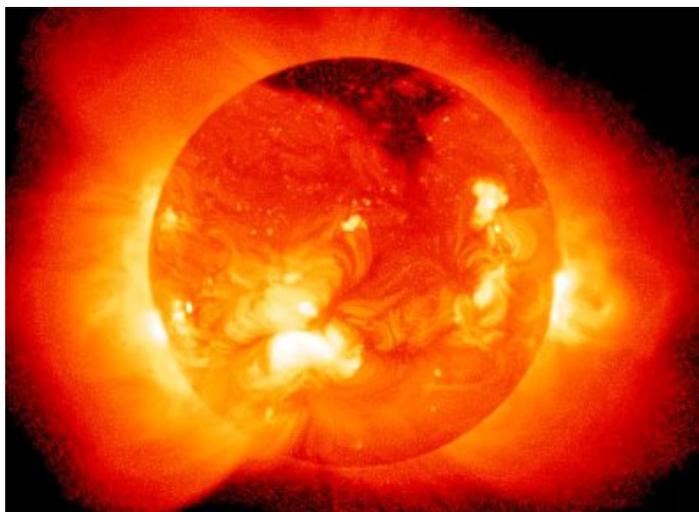
Almacenamiento de energía mediante superconductores magnéticos de almacenamiento de energía (SMES). Este sistema consiste en "cargar" una bobina superconductoras de electricidad y luego cerrarla formando un anillo. La corriente teóricamente circularía sin pérdidas, y cuando hubiera que utilizarla bastaría con abrirla y extraer la cantidad necesaria. Este sistema se ha propuesto, por ejemplo, para el almacenamiento de energía en vehículos eléctricos.

Combinación de corrientes y magnetismo para la generación de potencia y trabajo, como motores y generadores eléctricos muchísimo más eficientes.

Investigación espacial. En el espacio, protegidos de la luz solar, es fácil conseguir temperaturas dentro del rango funcional de los superconductores de alta temperatura. En este aspecto **la NASA** ha financiado diferentes estudios sobre sensores y elementos de actuación electromecánicos con vistas a su utilización en naves espaciales...

D. FÍSICA DE RADIACIONES

Aun sin pensar diariamente que estamos expuestos a una radiación de energía tan importante como son los rayos solares, capaces de permitir la vida en nuestro ecosistema, reguladora de los fenómenos naturales que vivimos a través del tiempo, se hace imprescindible comprender la física de ello, por qué y cómo se producen los cambios que suceden a nuestro alrededor, aún más, en nosotros mismos. Diariamente nos debemos enfrentar a



problemáticas como que **"El sol aumentó su campo magnético próximo al doble en el siglo XX"**. El Dr. David P. Stern del Goddard Space Flight Center reconoce una pérdida del campo magnético polar entre 5% y 7 % por centuria acelerada desde 1970. La Anomalía del Atlántico Sur presenta en los años noventa una pérdida de campo magnético cercana al 1% anual.

Semejante estado de cosas es caótico en sí mismo. Pensemos la contraparte: Un sistema naturalmente equilibrado que ha permitido el desarrollo de la biomasa por 2.000 millones de años. Por tanto para comprender y solucionar este tipo de situaciones debemos estudiar dichas causantes.

En primer lugar **la radiación es el transporte de energía que no requiere, necesariamente de un medio material, en ello radica la gran diferencia con otras ondas como las sonoras por ejemplo.**

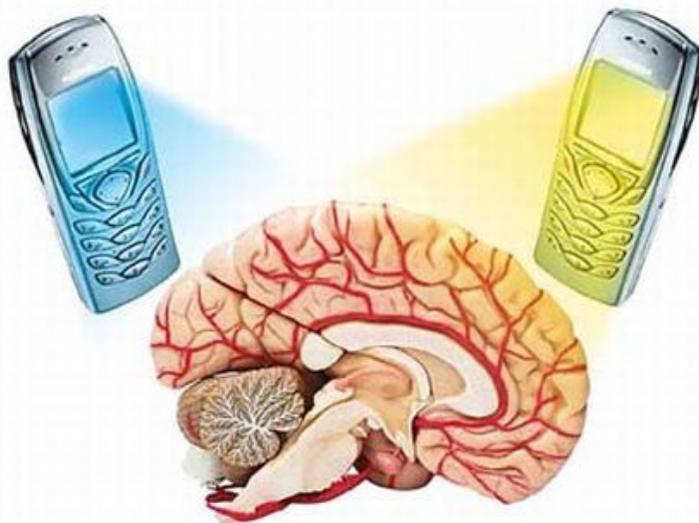
Las ondas de energía producidas por la radiación son tan rápidas como la luz;

"Esta velocidad esta tan cercana a la de la luz, que parece que tenemos razones suficientes para concluir que la luz misma (incluyendo el calor irradiado y todas las demás irradiaciones que existan) es una perturbación electromagnética en forma de ondas que se propagan en un campo electromagnético de acuerdo con las leyes de electromagnetismo", (James Clero Maxwell, 1831-1879).

La existencia de ondas electromagnéticas fue predicha por la teoría de Maxwell, según su teoría las ondas electromagnéticas son originadas por la interacción de dos tipos de campo un campo eléctrico E y un campo magnético B que producen oscilaciones o cuando estos dos campos están perpendiculares entre sí y que las ondas electromagnéticas viajan por el espacio a la velocidad de la luz. También predijo las propiedades que tienen este tipo de ondas. Posteriormente Heinrich Hertz comprobó todo lo predicho por Maxwell mediante una experiencia que consistía en utilizar un circuito eléctrico capaz de producir tensiones eléctricas que son capaces de oscilar y un detector de ondas, el circuito estaba conectado a dos pelotas de metal separadas entre sí, entre las dos esferas había un pequeño espacio de aire. Cuando la tensión de las esferas llegaba a su máximo saltaba una chispa ya que el aire que había entre medio de las dos bolas se electrificaba, este hecho se repetía en el tiempo en forma periódica generando así ondas electromagnéticas según la teoría de Maxwell. Después Hertz implemento una especie de antena o detector por la necesidad de comprobar la existencia de una onda electromagnética que este viajando por el espacio. Las ondas serian detectadas por la antena o resonador mediante la variación del campo magnético que es capaz de generar una fuerza electromotriz al atravesar el resonador generando así el salto de algunas chispas. Para el análisis de datos puso en su laboratorio una superficie o placa reflectora que aislaba las ondas del medio y las confinaba en el espacio que había entre el circuito que emitía estas ondas y la placa. Mediante el resonador pudo estar en conocimiento en forma empírica de las propiedades de las ondas electromagnéticas generadas por el circuito, también, pudo calcular la longitud de onda que era de 66cm. Mediante este experimento comprobó la teoría de Maxwell. Demostró experimentalmente que estas ondas se pueden



reflejar, reflejar y que sufrían interferencias al igual que las ondas de la luz. El objetivo de este experimento fue originalmente de producir y detectar ondas electromagnéticas. Por causa de la gran contribución que hizo en este campo las ondas electromagnéticas las llamaron en su honor ondas herzianas. Las contribuciones de Maxwell y de Hertz que hicieron en este campo contribuyeron en forma muy importante en la base y en los principios fundamentales de las telecomunicaciones.



Heinrich Hertz en Alemania calculó que una corriente eléctrica oscilando rápidamente de un lado a otro en un hilo conductor, podía irradiar ondas electromagnéticas al espacio circundante (hoy llamaríamos a esto una "antena"). Con ese hilo creó (en 1886) y detectó esas oscilaciones en su laboratorio, usando una chispa eléctrica, en la que la corriente oscilaba rápidamente (así es como los relámpagos generan esos ruidos crepitantes característicos en la radio). Hoy llamamos a esas ondas "ondas de radio". Sin embargo anteriormente fueron "ondas hercianas" y aún hoy honramos la memoria de su descubridor midiendo las frecuencias en hercios (Hz), oscilaciones por segundo, y las frecuencias de radio en megahercios (MHz). (Internet)

En la siguiente exposición se explican conceptos básicos de radiación, ondas electromagnéticas, ecuación de la onda, energía y movimiento vibracional.

La energía no es un ente físico real, ni una "sustancia intangible" sino sólo un número escalar que se le asigna al estado del sistema físico, es decir, la energía es una herramienta o abstracción matemática de una propiedad de los sistemas físicos. Por ejemplo se puede decir que un sistema con energía cinética nula está en reposo. En resumen, la energía es la capacidad de los cuerpos para producir cambios en su alrededor.

En física se entiende que la radiación es energía en movimiento. Debido a que cualquier partícula que se mueva posee energía, tanto los átomos, los núcleos de los átomos, los electrones, los protones o los neutrones, cuando se trasladan de un lugar a otro en el espacio, son radiación.

La energía de la radiación no debe ser transportada necesariamente por una partícula. En el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas.

Una onda es "una perturbación que se propaga a través de un medio" en esta perturbación no hay ninguna partícula que se aleje de su posición inicial. Son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético. Por orden creciente de longitudes de onda (orden decreciente de frecuencias), se ha confeccionado una escala denominada espectro electromagnético. Esta escala indica que la λ puede ser desde miles de metros hasta 0,3 m aproximadamente en el caso de las ondas de radio; desde allí hasta 1mm las microondas; desde él milímetro hasta los 780nm tenemos a los rayos

infrarrojos. La luz visible es una franja estrecha que va desde los 780nm hasta los 380nm. La luz ultra violeta se encuentra entre los $3,8 \cdot 10^{-7}m$ y los $10^{-9}m$ (entramos en la medida de los nanómetros). Los rayos x se ubican entre $10^{-9}m$ y $10^{-11}m$. Los rayos gamma están entre los $10^{-11}m$ y $10^{-17}m$.

El movimiento ondulatorio es un método de transmisión de la energía de un lugar a otro. Cada partícula del medio tiene energía de vibración y transmite energía a las partículas inmediatas. La vibración es la consecuencia del movimiento de oscilación repetido de un lado a otro en torno a una

posición central, o posición de equilibrio. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, pasando dos veces por la posición central.

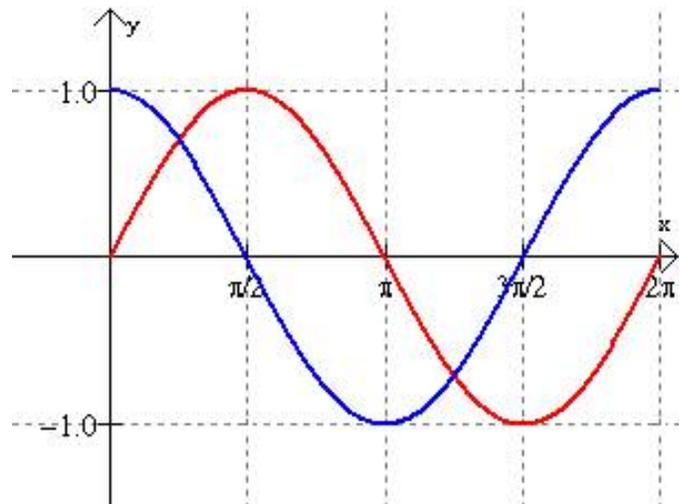
La onda ondulatoria no necesita un medio para propagarse lo que vibra a su paso son los campos eléctricos y magnéticos que crean a propagarse. La vibración puede ser captada y esa energía absorberse.

Existen varios tipos de ondas cuya clasificación se realiza de acuerdo con el movimiento de la parte local del medio respecto a la dirección de propagación. Los tipos más comunes son las ondas transversales y las ondas longitudinales, si bien se observan frecuentemente otros tipos, generalmente en forma de combinación de ondas transversales y longitudinales. La energía que fluye en el espacio en forma de onda electromagnética es compartida, por igual, por los campos constituyentes, eléctricos y magnéticos. **La energía radiante electromagnética es creada y destruida en cuantos y fotones y no continuamente como una onda clásica. El proceso también funciona al revés: cuando se "excita" un átomo, libera su exceso de energía en una longitud de onda (energía que puede haber recibido por una colisión con otro átomo más rápido en un gas incandescente) y solo puede hacerlo en paquetes del tamaño del fotón.** El hecho de que las emisiones atómicas aparezcan en estrechas "líneas espectrales" bien definidas, sugiere que los átomos "excitados" no pueden contener energía extra en cantidades arbitrarias, sino que deben estar en uno de los "niveles de energía" resonantes con su estructura, cada uno asociado con una cantidad de energía definida con precisión.

Las ondas electromagnéticas son todas semejantes (independientemente de cómo se formen) y sólo se diferencian en su longitud de onda y frecuencia. La luz es una onda electromagnética.

El movimiento ondulatorio puede expresarse en forma matemática mediante una ecuación que describa un movimiento vibratorio avanzando por un medio. Para ello es preciso partir de la ecuación que define la oscilación del foco u origen de la perturbación. Si el movimiento es armónico simple su ecuación correspondiente será: $Y = A \cdot \text{sen } x$

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. La radiación electromagnética se presenta en una amplia gama de longitudes de onda y frecuencias, aunque en el vacío todas viajan a la misma velocidad. A pesar de que distingamos varias zonas del espectro con nombres como radioondas, microondas, infrarrojos, etc. Solo existe una entidad, una esencia de la onda electromagnética.



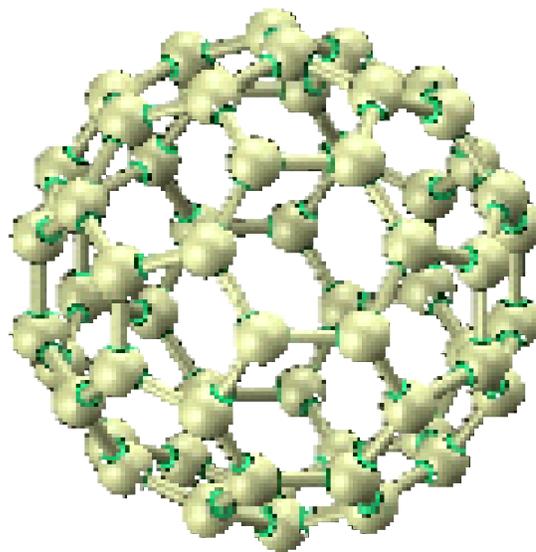
En el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas. Hoy en día sabemos que este tipo de onda no necesita un medio para su propagación.

Los campos producidos por las cargas en movimiento pueden abandonar las fuentes y viajar a través del espacio (en el vacío) creándose y recreándose mutuamente.

Las radiaciones electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de la luz. Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre sí.

E. NANOTECNOLOGÍA

En una conferencia impartida en 1959 por uno de los grandes físicos del siglo pasado, el maravilloso teórico y divulgador Richard Feynman, ya predijo que "había un montón de espacio al fondo" (el título original de la conferencia fue "*There's plenty of room at the bottom*") y auguraba una gran cantidad de nuevos descubrimientos si se pudiera fabricar materiales de dimensiones atómicas o moleculares. Hubo que esperar varios años para que el avance en las técnicas experimentales, culminado en los años 80 con la aparición de la Microscopía Túnel de Barrido (STM) o de Fuerza Atómica (AFM), hiciera posible primero observar los materiales a escala atómica



y, después, manipular átomos individuales. Con respecto a qué es la Nanotecnología, empecemos por aclarar el significado del prefijo "nano": éste hace referencia a la milmillonésima parte de un metro (o de cualquier otra unidad de medida). Para hacernos idea de a qué escala nos referimos, piensa que un átomo es la quinta parte de esa medida, es decir, cinco átomos puestos en línea suman un nanometro. Bien, pues todos los materiales, dispositivos, instrumental, etc., que entren en esa escala, desde 5 a 50 ó 100 átomos es lo que llamamos Nanotecnología.

Su impacto en la vida moderna aún parece una historia de ciencia ficción. Fármacos que trabajan a nivel atómico, microchips capaces de realizar complejos análisis genéticos, generación de fuentes de energía inagotables, construcción de edificios con microrrobots, combates de plagas y contaminación a escala molecular, son sólo algunos de los campos de investigación que se desarrollan con el uso de la nanotecnología, conocimiento que permite manipular la materia a escala nanométrica, es decir, átomo por átomo.

Considerado por la comunidad científica internacional como uno de los más "innovadores y ambiciosos" proyectos de la ciencia moderna, **la nanotecnología tiene su antecedente más remoto en un discurso pronunciado en diciembre de 1959 por el físico Richard Feynman, ganador del Premio Nobel, quien estableció las bases de un nuevo campo científico.**

Vinculado a la investigación científica desarrollada por las principales instituciones públicas de educación superior, la nanotecnología fomenta un modelo de colaboración interdisciplinario en campos como la llamada nanomedicina -aplicación de técnicas que permitan el diseño de fármacos a nivel molecular-, la nanobiología y el desarrollo de microconductores.

A pesar de que hace sólo una década que comenzó el "despegue mundial" de este nuevo campo científico, hoy existen cerca de 3 mil productos generados con nanotecnología, la mayoría para usos industriales, aunque las investigaciones más avanzadas se registran en el campo de la medicina y la biología.

La nanotecnología, es un campo científico que requiere de una colaboración multidisciplinaria muy estrecha que impida que los países menos desarrollados sigan rezagados ante los niveles alcanzados en Estados Unidos, Inglaterra y Japón, donde existe una opinión generalizada de que el futuro de la ciencia y el bienestar que pueda alcanzar la humanidad en un futuro está estrechamente vinculado con nuevas técnicas a nivel molecular.

Hoy día, este campo científico está orientado a la ciencia molecular que hace posible diseñar microchips electrónicos capaces de identificar en sólo ocho minutos, al colocar una gota de sangre, las enfermedades que padeció la familia del paciente y a cuáles puede ser propenso, así como el diseño de modernos fármacos capaces de atacar el cáncer a nivel atómico sin causar daño a las células sanas.

Realidad o ciencia ficción

Sin embargo, a pesar de que se avanza continuamente en el diseño de nuevos medicamentos y técnicas con capacidad de manipular la materia átomo por átomo, no existen fechas precisas para que todos estos adelantos sean una realidad en la vida cotidiana de millones de personas, pues la ciencia, al igual que el arte, también tiene a la imaginación y la creatividad como motores.

Algunas de las investigaciones más recientes en la búsqueda de tratamientos

alternativos contra el cáncer fueron difundidas por un grupo de investigadores estadounidenses. En ellas se usaron nanopartículas de oro para el tratamiento del mal, lo que representa un gran logro para el combate contra esta enfermedad, a pesar de que puedan transcurrir varios años antes de su aplicación en seres humanos.

La Nanociencia es un área emergente de la ciencia que se ocupa del estudio de los materiales de muy pequeñas dimensiones.

El significado de la "nano" es una dimensión: 10 elevado a -9.

Esto es: 1 nanometro = 0,000000001 metros.

Es decir, un nanometro es la mil millonésima parte de un metro, o millonésima parte de un milímetro.

También: 1 milímetro = 1.000.000 nanometros.

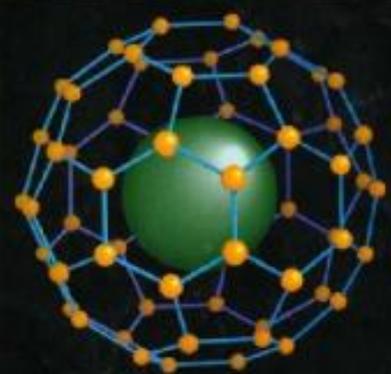
Una definición de nanociencia es aquella que se ocupa del estudio de

los objetos cuyo tamaño es desde cientos a décimas de nanometros.

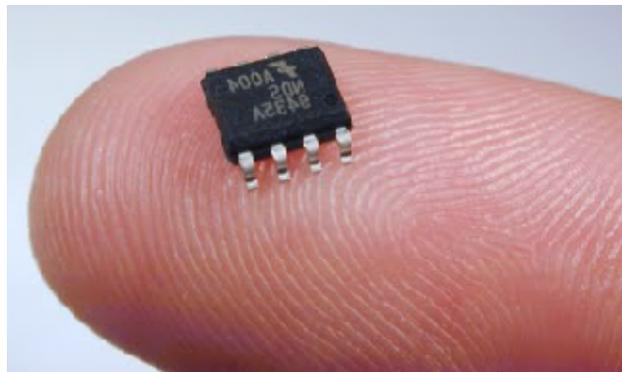
Hay varias razones por las que la Nanociencia se ha convertido en un importante campo científico con entidad propia. Una es la

disponibilidad de nuevos instrumentos capaces de "ver" y "tocar" a esta escala dimensional. A principios de los ochenta fue inventado en Suiza (IBM-Zurich) uno de los microscopios capaz de "ver" átomos. Unos pocos años más tarde el *Atomic Force Microscope* fue inventado incrementando las capacidades y tipos de materiales que podían ser investigados...

En respuesta a estas nuevas posibilidades los científicos han tomado conciencia de potencial futuro de la actividad investigadora en estos campos. La mayor parte de los países han institucionalizado iniciativas para promover la nanociencia y la nanotecnología, en sus universidades y laboratorios.



Actualmente, muchos productos generados por la nanotecnología han sido aplicados a la vida cotidiana de millones de personas, como el uso de materiales más livianos y resistentes, catalizadores con nanopartículas de platino en los vehículos para hacer más eficiente el consumo de combustible, hasta tecnología de punta en el desarrollo de proyectos espaciales. La nanotecnología y el conocimiento de los procesos biológicos, químicos y físicos a nivel molecular, se convertirán en una de las revoluciones científicas más importantes para la humanidad, la cual debe ser difundida e incorporada en la sociedad con una amplia participación y apoyo por parte del Estado y la iniciativa privada.



La "excelente" calidad de las investigaciones desarrolladas por especialistas requiere de mayor impulso financiero que garantice el futuro de importantes proyectos y de un cambio en la cultura científica que permita que la mayoría de la población conozca el potencial de un nuevo campo científico que puede cambiar el futuro de la humanidad.

El principal reto será incorporar la nanotecnología como un nuevo campo multidisciplinario vinculado estrechamente a la sociedad, tanto por sus aplicaciones como por su potencialidad para resolver los problemas más urgentes, como el acceso a recursos energéticos, agua o alimentos.

A ello se suma la falta de interés de importantes sectores de la iniciativa privada que pueden participar en el desarrollo de una tecnología moderna y eficiente que repercutirá tanto en la calidad de vida de las personas como en el consumo de diversos artículos.

Sin un programa de divulgación que informe a la sociedad y al sector industrial de los avances que puede generar la nanotecnología, se agudizará el rezago científico en el que se ubican muchos de los países en desarrollo, a pesar de tener un cuerpo científico altamente capacitado, pero sin recursos ni difusión.

ANEXO 1. EL LARGO CAMINO DESDE LA FÍSICA CLÁSICA A LA FÍSICA CUÁNTICA

Por: Gregg Badem

Año Mundial de la Física. La propuesta surgió de la ONU y la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada de declarar el **2005 como el Año Mundial de la Física**, en honor al centenario del llamado Annus Mirabilis, o Año Milagroso, en que Albert Einstein publicó sus artículos fundacionales de la física moderna.



¿Por qué celebrar un Año de la Física? La ONU nos da otras tres razones:

- Porque la física es el fundamento del progreso en nuestra comprensión del mundo, la naturaleza y el universo.
- Porque la física y sus aplicaciones son la base de la mayoría de las tecnologías actuales.
- Porque la enseñanza de la física es esencial para las naciones, su desarrollo y la infraestructura científica.

RESUMIENDO HASTA LLEGAR A LA TEORÍA UNIFICADA	
1687 Física Newtoniana	Isaac Newton publica sus leyes del movimiento, y así comienza la ciencia moderna. Según esta visión, el universo es un enorme sistema mecánico en que el tiempo y el espacio son absolutos.
1867 Física de la Teoría de Campo	James Clerk Maxwell propone la existencia de fuerzas que no pueden ser explicadas por la física de Newton. Sus investigaciones, junto con las de Michael Faraday, llevan a la visión de un universo compuesto por campos de energía que interactúan mutuamente.
1900 Física Cuántica	Max Planck publica su teoría de un mundo compuesto de «paquetes» de energía llamados «quanta». Los experimentos realizados a escala cuántica muestran que la materia existe más como probabilidades y tendencias que como algo absoluto, lo que indica que la «realidad» puede no ser tan real y sólida como creíamos.
1905 Física de la Relatividad	La visión del universo de Albert Einstein desbanca a la física newtoniana. Einstein sugiere que el tiempo es relativo en lugar de absoluto. Un aspecto clave de la relatividad es que el tiempo y el espacio no pueden ser separados y existen juntos como una cuarta dimensión.
1970 Física de la Teoría de Cuerdas	Los físicos descubren que se pueden usar las teorías que describen el universo como compuesto por pequeñas cuerdas vibratorias de energía para explicar tanto el mundo cuántico como el de la realidad cotidiana. En 1984, la teoría es formalmente aceptada por la comunidad científica como un puente que puede servir para unir todas las teorías.
20?? La nueva y Mejorada Teoría Unificada de la Física	Algún día en el futuro, los físicos descubrirán una forma para explicar la naturaleza holográfica de lo que observamos en el universo cuántico, así como lo que vemos en el mundo de la realidad cotidiana. Formularán las ecuaciones que unifiquen sus explicaciones y formen una única historia.

WEBGRAFÍA

- <http://mural.uv.es/sansipun/>
- http://www.explora.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=601:el-largo-camino-desde-la-fisica-clasica-a-la-fisica-cuantica-&catid=203:ciencias-fisicas-y-matematica&Itemid=1090
- <http://trinityeyes.wordpress.com/2008/08/16/breve-historia-y-evolucion-de-la-fisica-preambulo-a-la-matrix/>
- <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/einstein/relatividad.htm>
- <http://www.mecanicacuantica.com/introduction.htm>
- <http://fisica.laguia2000.com/fisica-del-estado-solido/materia-condensada>
- http://html.rincondelvago.com/superconductores_1.html
- <http://www.monografias.com/trabajos59/bio-fisica/bio-fisica2.shtml>
- <http://www.portalciencia.net/nanotecnol/>