

Algunos caminos de la Física en el siglo XX

Por Dr Jorge Páez Portuguez

Introducción

Resulta hoy en día, un anacronismo el tratar de que el físico tenga un completo conocimiento sobre los diferentes campos de la Física. Ya que la complejidad en cada rama de esta ciencia es lo suficientemente grande, como por ejemplo, para que la persona dedicada al análisis en un determinado problema de Física, no salga de su campo de estudio y, le ocurre que fácilmente, pase al olvido de las otras corrientes de investigación científica.

Aunque esto sucede muchas veces y muy a menudo. En el siguiente caso sencillo, la aclaración es bien representada: un físico que tenga como rama de investigación, digamos, la física experimental en semiconductores, no le **interesa** lo que un astrofísico investiga. Esta problemática apuntada viene desde hace varias décadas. Con el propósito de eliminar esas barreras tan habituales entre las diferentes corrientes en la Física (extensibles también a otras Ciencias), y con la finalidad de tratar de reducirlas un poco, fue la meta impuesta en la conferencia de la Sociedad Europea de Físicos (European Physical Society), efectuada en Florencia en abril de 1969.

El presente artículo tratará, al menos en espíritu, de seguir la línea dada en esa conferencia, de cómo tratar de minimizar esas barreras planteadas en esta Ciencia, pero cuya problemática en lo fundamental aún se mantiene.

Física del siglo XX

La Física en el siglo XIX se basa principalmente en la descripción de las propiedades de la materia en función de constantes empíricas, a pesar de que algunos principios básicos, como la existencia de los átomos (tabla periódica de los elementos de **Mendeleev**), eran conocidos en ese tiempo.

Así, el desarrollo de la Física actual, al menos durante el siglo XX, se empieza a desarrollar, aunque parezca paradójico, en el comienzo del siglo, es decir en 1900. Vale recordar que la primera conferencia pública de **Max Planck** sobre el **quantum** de acción se da precisamente el 14 de diciembre del año 1900. Le siguen poco tiempo después las publicaciones de **Albert Einstein** sobre el Efecto Fotoeléctrico, y la Relatividad Especial, así como el modelo de **Rutherford** sobre el **núcleo atómico** y, sobre todo, con la construcción teórica (**Aufbau**) de **Niels Bohr** sobre el **átomo**, seguida al poco tiempo por el teorema de la dualidad onda-partícula de **Louis de De Broglie**. Todo ese desarrollo anterior conduce a lo que se ha denominado **los años dorados de la Física (1924 - 1927)**.

Esa época se caracteriza por la cimentación de los principios básicos de la **Teoría Cuántica** y se analizan las consecuencias de tal teoría. Todos los fundamentos de la nueva teoría fue una labor titánica lograda por pocos hombres, vale recordarlos: **Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, y Max Born**.

La Teoría Cuántica representa, para su época, el paso a lo desconocido, mientras que la Teoría de la Relatividad, se puede decir, es la coronación de la Física del siglo XIX.

Aunque ambas teorías elaboran nuevos conceptos, la Teoría Cuántica los introduce a la escala microscópica. Se trata de entender los fenómenos a una escala atómica, y se le da importancia de la simetría de las cosas y a los números enteros en su descripción. La introducción de todos estos nuevos conceptos en la Cuántica, dan problemas a los físicos de la generación vieja (de formación previa a 1900). Ellos no podían entender como una función de onda podía representar a una molécula (objeto sólido) y a su vez ser una onda. Pero uno de los triunfos de esta teoría fue que las constantes empíricas del siglo XIX se pudieran reducir en número y, muchas de ellas pudieron ser calculadas a partir de unas pocas constantes fundamentales, i.e., la carga eléctrica e , la masa del electrón m , la constante de Planck h , y de la velocidad de la luz c (300.000 km/s).

Ese logro enorme de La Teoría de la Relatividad nos ubica en el tiempo y el espacio,

ambos conceptos que desde Newton habían convivido separadamente, están unificados por la Relatividad. Se da un cambio de paradigma en la Mecánica. La velocidad de la luz es la máxima velocidad alcanzable por un objeto y, adiciona que la materia está distribuida uniformemente en el Universo (el Universo es isotrópico). Agrega que todos los objetos se mueven unos relativos a otros. Y por lo tanto, la mecánica newtoniana queda reducida a describir a los fenómenos de velocidad muchísimo menor que la de la luz c .

Con los descubrimientos del neutrón, el positrón y del decaimiento β , evoluciona la Física hacia nuevas escalas de energía (si nos adentramos en la escala atómica los procesos son más energéticos). También se llega al reconocimiento que el núcleo atómico no es una partícula elemental sólida, sino que posee su estructura propia. Toda la partícula que denominamos núcleo atómico es mantenida unida por medio de la denominada fuerza nuclear (interacción fuerte). En adición ya se conocían en la Naturaleza: la fuerza gravitacional, la fuerza electromagnética y hasta un tercer tipo de fuerza, la interacción débil, en corrección con el neutrino, una partícula muy evasiva por su masa cercana al cero y que, Pauli había predicho teóricamente con muchos años de antelación a su descubrimiento experimental.

Por la concepción alcanzada, **mutatis mutandis**, se aplica la analogía de la estructura del átomo al núcleo. Este último gobernado por el radio nuclear de Bohr y la energía de Rydberg, dando origen al sistema periódico del núcleo, en capas cerradas y mostrando discontinuidades en los primeros estados excitados del núcleo atómico. Sin embargo, obligatoriamente se introducen nuevos números cuánticos y surge una nueva espectroscopia, **la espectroscopía nuclear** que permite describir los niveles de energía de los núcleos atómicos a una escala de energía mayor que los que se utilizan en la física atómica de Bohr.

Cuando hablamos de energías atómicas, las escalas se miden en electrón-voltios (eV), si nos adentramos al nivel nuclear, los niveles de energías, oscilan entre los cientos de kiloelectrón-voltios (Kev) hasta los millones de electrón-voltios (Mev).

Estas escalas de energía eran conocidas perfectamente durante la primera mitad del siglo

XX. Nuevas escalas de energía surgirán con el devenir del siglo y hacia finales del mismo, al tratar de entender la estructura misma del zoológico de partículas elementales detectadas experimentales, nos llevará a energías de los giga-electrón-voltio y más allá.

En cuanto al desarrollo que la Física Experimental en la segunda mitad de la década de los 20 se debe en gran parte, al tratar de corroborar los logros teóricos de la Mecánica Cuántica. Sin embargo, es notable que a falta de guía teórica, muchos de los descubrimientos fueron hechos accidentalmente.

Así, por ejemplo, algunos experimentos no explicados por los Joliot, hacen suponer a Chadwick la existencia del neutrón que él después confirmó en su propio experimento: También en el caso de predicción teórica, la confirmación experimental era más o menos accidental como en el caso del π - mesón de Yukawa. Esa fue la forma de trabajar en esos tiempos, como el mismo Joliot explica a sus alumnos en que les enseña: se diseña un determinado experimento en busca de algo específico, pero es importante salir del laboratorio para la detención de lo inesperado.

Las fuerzas de la naturaleza

La búsqueda de causas primarias y de leyes universales de la naturaleza no viviente es la característica de la Física y así la define. Para ello se basa la Física en el ordenamiento de cantidades básicas que le permiten describir cualquier proceso en función de esas cantidades.

A manera de ejemplo, si se toma el espacio y el tiempo, como unidades fundamentales, entonces, la relación del diámetro de una partícula elemental con la expansión del universo esta es de $1:10^{40}$, y la correspondiente relación de masas (masa de la partícula con la masa total del Universo) es de $1:(10^{40})^2$.

Hasta hoy en día esta relación, que aparece en un análisis de esta forma, no ha podido ser explicado. Por lo tanto, no se puede decir que la Física es un libro cerrado, sino que aún hay una serie de problemas que esperan soluciones.

En su ordenamiento la Física ha ido agregando, por ejemplos nuevos tipos de fuerza de interacción para la descripción de fenómenos físicos. Hasta el descubrimiento del núcleo atómico a principios del siglo XX, los fenómenos físicos eran entendibles como consecuencia de solamente dos tipos de fuerzas: de Gravitación y Electromagnética. En el lenguaje de los físicos esas fuerzas se les llaman ahora interacciones.

Con el estudio a escala nuclear y subnuclear se descubrieron dos nuevos tipos de interacción, la fuerte y la débil. Hubo un tiempo en que se hablaba de un nuevo tipo de interacción, la súper débil (fuerza entre los Quark)? (hasta hoy en día no se tiene la comprobación de que esa quinta fuerza o interacción en la Naturaleza exista).

La acción de una fuerza puede ser explicada de dos formas (dualismos)

Primero: como la acción de un campo de un objeto sobre una partícula de prueba.

Segundo: como el resultado de un intercambio continuo de partículas (o partículas de campo) o quanta del campo entre los objetos interactuantes.

Sabemos que el radio de acción de un campo es inversamente proporcional a la masa del quantum del campo. Por ejemplo, el fotón o el gravitón (partícula aún no descubierta) no tienen masa, así que, su radio de acción es infinito y ambas se mueven a la velocidad de la luz. El bosón intermedio se ha detectado experimentalmente a pesar de su gran masa. La energía de los aceleradores de hoy no alcanzan para probar o improbar su existencia de ciertas partículas campo que rigen la unificación de las fuerzas de la Naturaleza, tal y como se dio en el origen del Universo). En las interacciones fuertes está el Kaón que posee también una masa enorme, y en la interacción electromagnética algunos mesones especiales que se podrían utilizar para explicar esas interacciones, pero no es ese el caso. Hay que ir más allá y postular la existencia de nuevas formas de interacción en su forma unificada.

Como andamiaje básico del estudio de las interacciones en la Física, se utiliza siempre la formulación de las interacciones con un metalenguaje de la Física -Matemática.

Algunos campos de la Física

La siguiente es una lista incompleta de las ramas más importantes de la Física de hoy, no están basadas en el desarrollo cronológico, sino representa una jerarquía de fundamento:

- Astrofísica relativista
- Física de partículas elementales
- Física Nuclear
- Física de plasmas
- Física atómica
- Física de la materia condensada
- Óptica, acústica, mecánica, etc

Astrofísica relativista

En los últimos años se han hecho en Astrofísica importantes descubrimientos. Uno de ellos son: el de las estrellas **pulsares**, seguidamente las estrellas de **neutrones** y finalmente de los llamados **agujeros negros**. En este punto es de resaltar con una breve reseña de los fenómenos físicos el desarrollo de las estrellas.

Después que el material de fusión (hidrógeno - helio) se ha consumido en una estrella, esta comienza una contracción de la materia de la estrella debido a la fuerza de gravedad. Se puede pasar, durante ese proceso, de un densidad inicial de unos 100 gr/cm^3 hasta una de aproximadamente $100 \text{ toneladas/cm}^3$. Si la estrella era un poco mayor que el Sol, la estrella evoluciona a ser una estrella **enana blanca** (estrella muy pequeña pero muy caliente). Y después de quemar todo su material quedará solamente como un resto de una masa fría de gran densidad. Si la estrella era mucho mayor que el Sol, el proceso de contracción continúa debido a la fuerza de la gravedad. Los electrones excitados del plasma que forman la estrella se unen con protones para formar los neutrones) de ahí su nombre), por eso, se vuelve importante la acción de la fuerza nuclear, entonces, la densidad aumenta hasta un 10^{15} gr/cm^3 . El proceso termina en una estrella **estable de neutrones** (un ejemplo típico se encuentra en la nebulosa del Cangrejo).

Para estrellas con masa mucho mayor que el Sol todavía puede sufrir la estrella más compresión hasta sufrir un colapso relativista (el diámetro de la estrella será menor que la métrica de Schwarzschild). De acuerdo a la teoría este estado es una formación de densidad infinita y de un diámetro infinitamente pequeño (para el caso del Sol sería una esfera de 3 km de diámetro). En dicho estado, y debido a las enormes densidades, la presión ejercida por la gravitación será más fuerte, tan enorme, que los mismos fotones (partículas sin masa) se ven sometidos a esta fuerza. Es decir, dejan de ser fotones libres, y no pueden escapar de la acción de la gravedad del ente que se formó por la contracción y se regresan o no les es permitido el escapar de la estrella. Este estadio del desarrollo es el llamado **agujero negro**. Por observación astronómica ha sido comprobada su existencia. Hay que recordar que de acuerdo con la electromecánica cuántica, los fotones al no poseer masa, no pueden sufrir los efectos de la fuerza gravitacional, pero en estos objetos, ellos son atrapados gravitacionalmente como si tuvieran masa.

Cuando ocurre un colapso de una estrella, se espera que los gravitones sean dejados en libertad, además de otras partículas elementales (neutrinos). Para la detección de los gravitones se han construido aparatos detectores, para comprobar la existencia de tales partículas. Los datos que hay se tienen llevan a contradicciones.

Otro campo importante de la Astrofísica es el estudio de los Quasar (objetos casi estelares). Formaciones pequeñas con emisiones muy fuertes de ondas de radio, así como, emisiones infrarrojas y de rayos X. Dichos objetos pueden ser puntos en el espacio donde hay colapsos relativistas, o bien, son centros de interacción de materia-antimateria. También pueden ser estadios iniciales o finales en la formación de galaxias.

Grandes avances se han dado en la Astronomía observacional, gracias al desarrollo espacial. Permitiendo el establecimiento de satélites astronómicos, como el IUE (Internacional Ultraviolet Explorer), el mismo Telescopio Hubble, o bien, telescopios que observan en el ámbito de los rayos X, rayos gamma e infrarrojo. También se empezó una nueva etapa con el establecimiento de telescopios grandes en varias partes de mundo que tienen una mejor resolución que el telescopio Hubble. Y se está por entrar en

la era de los telescopios súper gigantes con espejos de más de 50 metros de diámetro.

Otro campo que sufrió una expansión importante es el de la Radioastronomía, con el establecimiento de grandes arreglos de antenas parabólicas de radio, para observar el Universo en diferentes longitudes de onda de radio. Esos son el gran arreglo de antenas Very Large Array (VLA) en Socorro, Nuevo México, así como observatorios radio astronómicos en otras latitudes que permiten unirlos a todos, para formar lo que denominamos un arreglo supergrande de antenas, que expande nuestro conocimiento del Universo radial a dimensiones y profundidades nunca antes imaginadas.

Física de las partículas elementales

Hasta la década de los años de 1940 eran conocidos como partículas elementales sólo los electrones, el positrón y los fotones, así como el producto del decaimiento de tales partículas, como el neutrón. Así, también aquellas partículas sin masa: el fotón y el neutrino (teóricamente).

De acuerdo con la teoría Dirac (mecánica cuántica relativista) si se tiene una energía el doble de la equivalencia-masa-energía ($E = mc^2$) se podría formar siempre su partícula y su correspondiente antipartícula. A consecuencia de esta teoría el positrón (antielectrón) fue descubierto en 1932 y tiene una masa con una energía equivalente de 1 Mev (10^6ev).

El antiprotón pudo ser descubierto hasta 1955, en Berkeley, en ayuda del acelerador de partículas denominado Betatrón, en el que se podía obtener energía de hasta 2000 Mev.

Hoy en día, no solamente se tienen antipartículas, sino también anti-átomos, como el antihidrógeno y el antihelio en los aceleradores del Laboratorio Nacional de Fermi, cerca de Chicago y en el Centro de Investigaciones Nucleares (CERN) de Ginebra, Suiza.

Las partículas elementales se dividen en dos grupos: leptones y hadrones

Los leptones sufren de interacción débil, como el fotón, electrón, neutrino, etc. En los hadrones, además del neutrón y del fotón, hay unas 25 partículas llamadas **estables**, con una vida de 1 microsegundo (el π -meson=Pion) y, un número grande de partículas **inestables** que pueden decaer en partículas estables.

En la búsqueda de un fundamento para explicar el número grande de partículas elementales, llevó a la postulación de la hipótesis de la **Quarks (The eightfold way)** a inicios de los años 1960. Con ayuda de la teoría de grupos matemáticos se pueden dividir los hadrones en familias de multipletes: **Mesones** y los **Bariones**. En ayuda de los Quark u (up), d (down), s (side) y sus antiquarks, se pueden construir todos los hadrones. A manera de ejemplo, la partículam Λ fue predicha por ésta hipótesis, y poco después se llegó a su comprobación experimental. Si es que los quarks existen, ellos se encuentran interactuando con una nueva fuerza natural, la llamada interacción superdébil, eso se creyó durante algún tiempo, después fue descartada dicha interacción.

Experimentalmente se han podido comprobar que existen, aunque la energía con que hoy día se cuenta con los aceleradores de partículas no es lo suficientemente elevado como para construir las en el laboratorio, vale decir, tener quarks libres y construir partículas a partir de ellos. Eso sí, se observan los resultados al romperse el saco que las contiene.

Un mayor paso, aunque no experimentalmente, se ha dado en la construcción de teorías, algunas de ellas especulativas, sobre teorías que promueven una unificación de las cuatro fuerzas fundamentales, tal y como se debió de haber dado en el inicio del Universo, cuando este era muy caliente y reducido a dimensiones muy pequeñas. Es hoy un campo de gran actividad para entender en su globalidad los orígenes del Universo

Un avance importante se dio en 1964 cuando se descubrió la denominada radiación de fondo, que es la firma de que el Universo en su origen tuvo que ser muy caliente y, que al sufrir una **Gran Explosión (BIG BANG)**, se empezó a enfriar, y que la temperatura del Universo hoy día es de 2.7° Kelvin de temperatura.

Física nuclear

En los últimos 50 años el número de 300 isótopos naturales estables se han agrandado hasta unos 1600 isótopos artificiales. Muchos se pueden predecir que son bastantes estables.

Para el calcio (conocidos 12) deben ser 39 y 107 para el uranio (conocidos 14).

Con una radiación de 2 GeV que se disparen al uranio se deben producir unos 6000 núcleos diferentes.

Elementos transuránicos con una carga nuclear $Z = 105$ (tal vez, hasta $Z = 107$) han sido producidas en Rusia, Alemania y EU. Hoy tenemos hasta el elemento 110. La tabla periódica de los elementos se ha ido agrandando con esos nuevos elementos. Con el aumento de su carga eléctrica los núcleos atómicos son menos estables, viven menos de <1 ms(una milésima de segundo). De acuerdo a estudios detallados (extrapolados) hacen suponer que núcleos con carga $Z= 114$, 126 y posiblemente 164 tengan una vida de algunos años. El estudio de núcleos superpesados es aún en una de los puntos fuertes de investigación de algunos centros de investigación nuclear.

Una investigación del plomo ha encontrado que el modelo de capas del núcleo no anda muy bien, debido a que fueron encontradas nuevos niveles de excitación. Que algunas veces hace que se acoplen, no sólo pares de neutrón-protón, sino hasta cuartetos; en una forma muy similar como lo hacen los electrones en la superconductividad, es decir **núcleos superconductores**.

Si al núcleo se le suministra más energía, muchas de los nucleones pueden **evaporarse**, de una forma similar como lo harían las moléculas de una gota de agua. Los estudios muestran, sin embargo, a menudo un cambio hacia una nueva estructura. Y la energía que se siga administrando será ocupada para la formación de los denominados **sub-cluster** de nucleones. Por ejemplo, un núcleo de silicio excitado con una energía de 40 Mev, no se **evapora**, sino que forma una especie de molécula nuclear, construída por dos

núcleos de carbón, que con un intercambio de una partícula ? se mantienen unidas.

Otro de los puntos de investigación en Física Nuclear es el estudio de la fusión nuclear. Hasta hace pocos años se suponía que con una partícula, el núcleo se podía separar de inmediato. El conocimiento en fusión descubrió que el núcleo puede tardar hasta segundos antes de dividirse. Muchos investigadores en diferentes partes del mundo se interesan extraordinariamente por la causa de tal retardo en este proceso. Con cálculos mecánicos cuánticos se encuentra que existen dos barreras de potencial entre el estado metaestable del proceso. Lo que ha llevado a la construcción de aceleradores de núcleos, abriendo por consiguiente nuevos horizontes, como la dinámica nuclear, los núcleos de cluster y moléculas nucleares cluster.

Otro campo interesante y que ha cobrado hoy en día actualidad, es la relacionada con la construcción de los centros nucleares. Pero es un campo al margen del tema aquí tratado.

Con la ayuda de aceleradores (LAMPF, Los Alamos Meson Physics Facility) y usando bariones, se pueden construir **hipernúcleos**, campos que se espera ser interesante en el próximo futuro (ver arriba).

La ciencia médica se ha beneficiado con la construcción de los reactores nucleares, así como, de aceleradores de alta energía y aceleradores de iones, ya que existe una enorme diversidad de isótopos para aplicación biológica y técnica. Por ejemplo para el tratamiento médico de glándulas hasta ahora se ha usado el yodo-131. Este isótopo tiene una vida media de 8 días, pero tiene algunos efectos no deseados de radiactivos. El isótopo yodo-123 que es el que se seguirá usando, tiene una vida de apenas 13 horas y no muestra los efectos colaterales del yodo-131. Naturalmente estos isótopos se producen sólo en aceleradores y el isótopo yodo-131 es más caro. En los reactores nucleares puede ser producido en grandes cantidades.

Física atómica

Hasta eso de 1930 la Física Atómica fue el **leitmotiv** de la investigación en la Física. Le siguen después las décadas en que deja de ser el punto principal de investigación. Es el período en que la Física Nuclear y Subnuclear son la moda en Física. En los últimos años, sin embargo, ha habido un renacimiento de esta rama, particularmente con el desarrollo del Laser, así como de los aceleradores de rayos de moléculas y de los experimentos de colisiones de electrones, iones, átomos o moléculas, donde la Física Atómica juega un rol central. Esa nueva instrumentación permite una mejor apreciación en la estructura de los ligamientos de sistemas de átomos. Lo mismo ha traído un florecimiento de la **Físico-Química**. En el futuro se necesitará esta Física para seguir una reacción química, así con la formación de rayos de sustancias que se desean estudiar, y que interactúan, podrán ser vistas en la pantalla del computador y por medio de este dejar manejar la reacción.

Con ayuda de pequeños aceleradores se permite un detallado estudio de los estados de átomos muy ionizados (beam-foil-spectroscopy). Los estados muy ionizados de los átomos son obtenidos por medio de los rayos de electrones al pasar por una hoja metálica. En especial se han desarrollado en la Física Atómica los métodos más precisos de medida. Por ejemplo, la constante de estructura hiperfina estructura del hidrógeno, de acuerdo a la definición actual del segundo 1420405751 Hertz, es la constante física más exacta que se tienen. Hay también ha permitido la construcción de relojes atómicos con una exactitud de 1 segundo en 300000000 años.

Los avances en la producción de rayos de electrones y de iones han llegado a la construcción de instrumentos como el microscopio electrónico de rastreo y los microscopios electrónicos de gran potencia, capaces de resolver dos puntos que se encuentran separados 1 \AA (10^{-10} cm.). Microscopios con mayor resolución se han construido gracias al efecto cuántico denominado efecto túnel, y con técnicas de reconstrucción de imágenes.

Es bien claro que tal avance en esta rama de la física se debe en gran parte al desarrollo

del láser. Porque es el láser el que viene a cerrar las brechas en el espectro electromagnetismo entre microondas, el infrarrojo, hasta el ultra violeta de vacío. Láser de rayos de X se han construido y permiten hacer holografías de los átomos. Se han desarrollado láseres con una pulsación de picosegundos, pero con una potencia de 10^{12} watts. Tal impulso de energía es equivalente a la energía que producen las plantas eléctricas del mundo, todo esa energía en un paquete de fotones de 0.3 mm de largo y de un par milímetros de diámetro. Estos láseres de gran potencia son capaces de evaporar cualquier material hasta el estado de plasma en poco tiempo. Con pulsos de menor energía será posible seguir los procesos atómicos y químicos muy exactamente.

La característica principal de los láseres es su coherencia, lo que ha dado un proceso para la formación de imágenes, llamado **holografía**. Como consecuencia hay un renacimiento de la óptica, y al mismo tiempo se abrió un campo nuevo de estudio que es la **electrónica cuántica**.

Física de plasmas

El plasma es el estado de la materia, que consiste en la colección de los átomos ionizados y de electrones y partículas cargadas libres. El Universo está firmado en su totalidad por plasma, excepto algún pequeño campo, como son los Planetas.

La densidad de partículas puede variar desde 1 a 100 por cm^3 en el gas interestelar, y de 10^8 hasta 10^{20} por cm^3 en el laboratorio, y de 10^{22} hasta 10^{25} por cm^3 en el centro de las estrellas y explosiones nucleares. Las temperaturas que puede tener un plasma, varía desde 1000 grados Celsius (descarga de arcos voltaicos) hasta muchos millones de grados en plasmas cosmológicas en fusión.

En los últimos 40 años se ha dado impulso al estudio del plasma con la finalidad de construir un reactor de fusión nuclear (construir un Sol en el Laboratorio y poder manejar la liberación de energía en dicho instrumento), y cuya meta es alcanzar número de Lawson de 10^{14} . Este número es el producto de densidad y el tiempo de contacto de las partes de una reacción, a partir del cual, un proceso de fusión empieza a ser crítico, esto

es, andar por sí mismo. La meta se puede alcanzar de dos formas diferentes:

Primero es el de tratar de mantener un plasma de poca densidad durante bastante tiempo en contacto.

Segundo consiste en obtener un plasma a temperaturas termonucleares altas durante un tiempo corto. Se aplican al plasma temperaturas que serían entre las 40 a 100 millones de grados Kelvin y presiones de 1 a 10 millones de atmósferas.

El primer camino es el que se ha tratado durante desde hace 40 años, mientras que este segundo aplica desde hace pocos años y, está en estrecho contacto con el desarrollo de la tecnología de rayos láser. En estos experimentos se aplican varios rayos láser sobre una perla de hidrógeno sólido hasta llevarla a evaporizarse en un plasma para iniciar el inicio de la reacción de fusión. Con ambos métodos se está siempre uno o dos órdenes de magnitud inferiores que el número de Lawson.

En la Unión Soviética se le dio una enorme importancia a la obtención de energía basada en la magnetohidrodinámica. El método se basa en la obtención energía eléctrica directamente de la energía térmica, que se logra de un plasma caliente soplado entre un campo magnético cruzado. Esta forma de ganancia de energía es muy posible que en el futuro sea más importante que la obtenida de reactores de fusión.

La condición para una reacción fusión es: ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{n} + 17.6 \text{ MeV}$.

Requiere un ion y una temperatura de electrón entre los 10-20 keV y una densidad de 10^{14} - 10^{15} partículas por cm^3 , un tiempo de contacto de 1 segundo y un campo magnético del orden de 10 - 100 kGauss.

Física de la materia condensada

Esta rama de la Física se ocupa del estudio de las propiedades eléctricas magnéticas y térmicas de la materia condensada, así como, de la interacción con todo tipo de radiación.

Este tipo de materia es la que abunda en la Tierra. Tiene un grado de orden muy grande, uno en el cristal hasta un orden aproximado como son los fluidos.

Uno de los fenómenos interesantes en los cuerpos sólidos es la superconductividad, descubierto en 1917 y, entendida primero en 1957. Se ha convertido en un instrumento de variada aplicación, por ejemplo, con aplicaciones a gran escala en el futuro, como lo es en el transporte de energía eléctrica. Análogo a la superconductividad es la superfluides para los fluidos.

Un producto secundario de la superconductividad es el efecto Josephson (Premio Nobel, 1973). Cuando se separan dos superconductores por medio de una hoja metálica, se obtiene un oscilador muy sensible, donde la frecuencia es proporcional al potencial aplicado u :

$(F = \frac{h}{2e}u)$, donde h es la constante de Planck, e es la carga eléctrica del electrón. Permite de esta forma obtener los mejores valores para el cociente entre h y e .

Recordemos que en 50 años de desarrollo del transistor dan una visión de lo que este campo se ha producido: el radio de transistor y actualmente los calculadores electrónicos de bolsillo, teléfonos celulares e Internet.

Otra de las aplicaciones de este campo consiste en la obtención de aleaciones de muy alta calidad, gracias a disparar iones sobre la superficie del cuerpo sólido, técnica usada en la producción de circuitos integrados.

Con ayuda de rayos de neutrones de reactores de gran intensidad se estudian los defectos en los cristales, así como los fenómenos de oscilación en esos cristales. De esta

forma es como se descubrieron las llamadas ondas de **spin**, que son correlaciones entre el **spin** del núcleo y los átomos vecinos en la red cristalina.

En cuanto al campo de la guarda de información, se han hecho interesantes desarrollos.

Se ha logrado obtener células de memoria en forma de pompas reversibles magnéticas (magnetic bubbles), de 50 μ m de radio en capas de itrium de 100 μ m. Se espera lograr una densidad de tales pompas de 10^5 por cm^2 o más. Lo que trae una rebaja de precio en el campo de procesamiento de datos.

Óptica

Desde los inicios de la óptica clásica, época en que se le dio siempre prioridad al desarrollo de instrumentos, como por ejemplo, el microscopio de luz, así como, también a los problemas visuales, como los colores y a los problemas físicos como la interferencia, difracción, espectroscopia, etc. En los últimos años ha habido un desvío de esos canales, para pasar a darle importancia a la interacción entre la luz y la materia. Aquí corresponden los campos de la holografía, fotoemisión, contadores directos de fotones y el láser.

Técnicas nuevas permiten una mejor construcción de elementos ópticos y aparatos. Así se pueden, con la ayuda de los computadores, obtener lentes de una alta calidad. Los métodos de la transformación de Fourier permiten mejorar la relación señal y ruido, así como, su resolución en los espectrógrafos en un factor de 2.

La óptica de las capas delgadas ha ganado enorme importancia en los últimos años. Ya sea para la obtención filtros de interferencia o capas de reflexión de protección, así como, la producción de células solares, que eventualmente en sistemas de kilómetros cuadrados de superficie podrán ser montados, para obtener energía eléctrica.

Acústica

Primero considere la siguiente tabla de frecuencias:

Campos acústico	Frecuencia (Hertz)
Infrasonido	10^{-4} hasta 20
Sonido Audible	20 hasta $2 \cdot 10^4$
Ultrasonido	$2 \cdot 10^{-4}$ hasta $5 \cdot 10^8$
Hipersonido	$5 \cdot 10^8$ hasta 10^{12}
Oscilaciones térmicas	10^{12} hasta 10^4

Cada uno de estos campos de estudio es un tema de la investigación moderna de la acústica. La holografía acústica se encuentra ya en marcha. La acústica debido a la penetración que tienen, gana importancia en la geofísica y ya le hace la competencia a la técnica de rayos X en la Medicina.

Hay en otros campos como la acústica no lineal, las ondas de choque, líquidos en campos acústicos, etc., que tienen aplicación variada. Instrumentos de infrasonido se han desarrollado rápido, y son excelentes detectores en experimentos de gran dimensión como son el estudio de los movimientos de los océanos, o bien, en medidas de sonidos sobre varios miles de kilómetros.

Física de las corrientes

Mientras el estudio de corrientes laminares ordenadas de líquidos se domina, las corrientes turbulentas aún es un problema no resuelto de la Física.

Si es que fueran corrientes totalmente caóticas, se podrían manejar un método estadístico, pero ellas poseen un cierto grado de orden. El estudio de la turbulencia tiene

importancia para la comprensión de la circulación de la sangre, así como, de la producción de ruidos de turbinas, o los procesos meteorológicos y cosmológicos.

Conclusión

El espectro que ofrece la Física a inicios del año 2003, como se desprende de lo que arriba se dijo, es muy variada, compleja y muy cambiante. Hay aspectos que no se ha incluido en este trabajo, pero permiten tener una visión muy somera sobre aspectos importantes que se han desarrollado durante el siglo XX en esta Ciencia, tan fundamental para el entendimiento del desarrollo de nuestra sociedad globalizada, pero cuya influencia aún se siente a inicios de siglo XXI. No fue la meta de este estudio dar una explicación profunda sobre cada campo o rama de la Física, pero le quedaría al autor como una meta lograda, si es que al romper con ciertas barreras intelectuales entre los físicos, o en general, entre los científicos, si estos se interesaran en incluir en sus diálogos, entre pares, temas que van más allá de lo meramente particular de su campo, y pasar a una esfera más diáfana en conexión con los otros campos. Hay muchos aspectos que nos indican que las Ciencias en general, no están acabadas o cerradas para continuar laborando en ellas. Los problemas que surgen a diario eso nos lo indica, y lo único que podemos esperar es que la juventud que nos sigue, tengan y laboren en la consecución de mejores metas, con una mejor información y formación sobre los campos aledaños a su Ciencia, para lograr incentivar a los que a ellos los seguirán. Si eso fuera así, se habría logrado una de las metas propuesta por la Conferencia de Florencia, desde hace más de 50 años. Que básicamente dice, conozcámonos mejor, veamos que hacen nuestros vecinos y tendremos una mejor Ciencia en general.

Literatura:

- 1.- The Growth points of Physics, Bulletin of Physics. 1969.
- 2.- Neve Wegweiser in der Physik, Allan Brownley, Umschau und Wissenschaft und Technik, 15 April 1974.

