
Ciencia

Algunos aspectos de la física actual

LUIS A. BONTEMPI

NACIO EN BS. AIRES. Se graduó de doctor en química en la Universidad de Buenos Aires, especializándose en físico-química. Actualmente es profesor adjunto de físico-química en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata. Profesor de química en el Colegio Nacional Central, dependiente de la Universidad de Buenos Aires. Es secretario de la Comisión de Investigación Científica de la Provincia de Buenos Aires. Ha realizado investigaciones sobre espectroscopía y publicado trabajos sobre capítulos de historia de la ciencia. Colaborador científico del diario "La Prensa". PUBLICACIONES: Berthelot en la ciencia y en el amistad; La labor de Thomas Alva Edison; Leonardo, físico; La obra de Kammelin - Onnes; ¿Tiene sentido moral la ciencia?; Descubrimiento de gases raros; y Semblanzas de Luis Pasteur, Antonio Lavoisier y Guillermo Roentgen.

HENRY Bergson, cuyo centenario corre en este año, conmemorando a Claude Bernard, también en su centenario, estudió la labor del "padre de la fisiología" en sesión del Colegio de Francia, diciembre de 1913. Entre el análisis agudo de su gran obra, en sus implicaciones filosóficas, dejó estampado este pensamiento: "La investigación científica es un diálogo entre un espíritu y la naturaleza". Diálogo, que con espíritu crítico, realizaron los griegos, luego Galileo, Newton, Maxwell, Rutherford, Planck, Bohr, Einstein, citando sólo a las cumbres que coronan ese edificio del conocer de nuestra naturaleza rodeante.

Desde antiguo se planteó el hombre el interrogante: ¿qué es la materia? Demócrito con su atomismo especulativo primero, siguiéndole luego, con saltos de siglos, Gassendi, Newton, Descartes, sostenían que la materia se compone de partículas sólidas, impenetrables, invisibles. Ejemplificaba Newton, que el agua, cuerpo material, es invariable en

sus propiedades y las partículas que la componen no han de poder gastarse ni destruirse. Son los químicos, al comienzo del siglo XIX con Dalton a la cabeza, quienes introducen de manera sistemática la noción de átomo en la ciencia moderna. Son ellos que, en el juego de las reacciones químicas, nos dan las primeras leyes cuantitativas para la formación de los compuestos moleculares, bien definidas.

La Teoría atómica se impuso a través de Avogadro con su Volumen molecular y el número N de moléculas contenidas en una molécula-gramo; a través, también, de los cuidadosos trabajos del físico-químico Jean Perrin en la determinación experimental de aquel número N . De las leyes de la electrólisis de Faraday surgió la noción de Electrón vinculado a la valencia química y a la vez como componente del átomo.

Después el átomo hace su entrada en la Física. La medida de la carga y la masa, sobre todo por las ingeniosas experiencias de Millikan, dan sello de identidad al nuevo ente, realidad certificada, igualmente, por los estudios sobre los rayos Catódicos como por los rayos Beta de los cuerpos radioactivos.

MODELOS ATÓMICOS

Rutherford —1909— realiza la primera transmutación de los elementos al bombardearlos con partículas Alfa del radio y nos da el primer esquema coherente de su estructura —1911—: carga positiva en su centro (núcleo) formado por protones con cargas positivas, y electrones, cargados negativamente, girando a su alrededor. Es decir, la imagen de nuestro sistema solar.

Como la historia de la ciencia lo registra, un esquema ventajoso hoy, muestra sus dificultades mañana.

La objeción mayor al modelo Rutherford fue: puesto que un electrón está cargado eléctricamente, al moverse sobre su trayectoria, debe irradiar energía de acuerdo con las leyes de la Electrodinámica. Irradiando pierde energía, luego debe estrechar su órbita cayendo sobre el núcleo, de donde la estabilidad del átomo desaparece.

Esta crítica profunda, la resuelve Bohr (1913) con modelo idéntico al anterior pero imponiéndole a los electrones, en sucesivas órbitas, un movimiento ondulatorio estacionario, y son tales los que no emiten ni absorben energía. Además, apoyándose en la teoría de los

CIENCIA

Cuántas de Planck, deduce matemáticamente las relaciones sobre las rayas Espectrales establecidas empíricamente por Balmer, Ritz, Lyman, Paschen, Brackett, Pfund.

Postuló Bohr dos condiciones llamadas: condiciones cuánticas de Bohr: una mecánica, otra óptica y explicó el juego energético de los electrones, ya sea cuando emiten o absorben radiaciones.

El esquema de Bohr fue fecundo en resultados, secundado, también, por el Principio de Exclusión de Pauli que postula: cada órbita electrónica está individualizada por 4 números cuánticos; de tal manera que esos 4 números sólo pueden representar una órbita, lo que significa que 2 electrones sobre una misma órbita no pueden estar, luego habrá tantas órbitas como electrones.

Explicó Bohr el espectro de rayos X, espectros de moléculas simples, el efecto Stark (división de rayas espectrales bajo la influencia de un campo eléctrico); algunos espectros de alta frecuencia y los llamados potenciales de ionización.

Lo que no alcanzó a resolver fue el problema espectral del átomo de Helio neutro, los espectros de número atómico elevados (n° atómico introducido por Moseley), ni el llamado efecto Zeeman (división de rayas espectrales por la acción de un campo magnético: horizontal o perpendicular a las líneas de fuerza del campo).

La teoría de Bohr ha sido luego ampliada y profundizada por Sommerfeld que introdujo, en el nuevo esquema, órbitas elípticas en vez de las circulares anteriores y conservando los saltos cuánticos del postulado de Bohr.

La teoría de la Relatividad le fue de gran apoyo, en especial el concepto einsteniano de la variabilidad de la masa en función de la velocidad, y con gran acopio matemático explicó, con todo detalle, el espectro del Hidrógeno (ahondando lo enseñado por Bohr) y los espectros de los átomos Hidrogenoides (Litio, Sodio, Potasio que poseen un solo electrón de valencia).

Postulando condiciones más generales que el primero de Bohr, da razón del efecto Zeeman normal (no así el anormal que después se explicó introduciendo la noción de "electrón girante" o Spin, propuesto por los dos físicos holandeses Uhlenbeck y Goudsmit); interpreta lo que en espectroscopía se llama "estructura fina" que son rayas sumamente próximas con diferencias de niveles energéticos muy pequeños, dando una demostración bastante exhaustiva.

LA MECÁNICA ONDULATORIA

Los esquemas y las teorías de Bohr-Sommerfeld no allanaron todos los interrogantes de los fenómenos atómicos, tan complejos de suyo. Representaban, sólo, una primera aproximación explicativa.

Heisenberg fue uno de los primeros en observar que, si en el estudio de aquellos fenómenos se utiliza la Mecánica Clásica, se introducen magnitudes como ser: las coordenadas de los electrones, las componentes de su velocidad y otras, que no son experimentalmente determinables. De aquí surgió su Principio de Incertidumbre y no de Indeterminación como muy sabiamente corrigiera Langevin. Sobre este Principio habría mucho que decir para ubicarlo, a nuestro entender, en el área que le corresponde y frenar las extrapolaciones fantásticas que se han hecho. Construyó, entonces, Heisenberg una nueva Mecánica donde únicamente figuran magnitudes accesibles a la observación directa: las componentes de las radiaciones que el átomo puede emitir y la intensidad de estas radiaciones.

Pero el método de cálculo (Cálculo de las Matrices) desarrollado por dicho investigador, con la elaboración posterior de Born, Jordan y Dirac, es muy complicado por el lado formal con conceptos y métodos poco comunes.

Contemporáneamente a esta mecánica, Schrödinger edificó otra nueva mecánica atómica profundizando y desarrollando ya ideas y cálculos expuestos por De Broglie anteriormente.

Se acostumbra, como se sabe, dividir la Óptica en dos partes: la geométrica y la física. La primera dice que la luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo e isotrópico, y vale siempre que la luz no atraviese agujero o bordes muy pequeños. No le preocupa si la luz es un fenómeno vibratorio. La segunda, es la óptica de la luz considerada como fenómeno vibratorio. La mecánica Clásica puede compararse a la óptica geométrica.

Hagamos una Mecánica, se dijeron De Broglie y Schrödinger, que sea a la Mecánica newtoniana lo que la óptica física es a la geométrica. A esta nueva mecánica se le llamó: Mecánica Ondulatoria y será una mecánica valedera para el microcosmo.

De Broglie asoció, en sus complejos cálculos, una onda a las partículas en movimiento vinculada a la constante "h" de Planck. Estableció el postulado siguiente: que las partículas en movimiento fuesen grupos de ondas (trenes de ondas) que se desplacen con la velocidad

CIENCIA

de la partícula. A esto llamó: "Onda-piloto", la onda que dirige a la partícula.

La energía radiante se ha triturado en nuestras manos en granos energéticos: los cuantos, que se comportan como corpúsculos dotados de masa. Los electrones se han transformado en grupos de ondas. De aquí surge el dualismo Onda-corpúsculo que domina a toda la microfísica actual.

El pensamiento de De Broglie tuvo su concreción experimental cuando Rupp, Davison y Germer, G. P. Thomson, golpeando con un haz de electrones sobre un retículo óptico, el primero; sobre la superficie de un cristal de níquel, los segundos; sobre una delgada lámina metálica, el tercero, obtuvieron un diagrama sobre placa fotográfica idéntica al producido por rayos X. A estas experiencias se les llamó: Difracción de los electrones. El planteo teórico de De Broglie se vio, así, coronado con el mayor de los éxitos.

El desarrollo matemático de Schrödinger termina en una ecuación diferencial de 2º orden, llamada la "Ecuación de Onda" de la Mecánica Ondulatoria, muy semejante a la obtenida por Bernoulli —1753— que registra la propagación de una onda sobre una cuerda. Si se iguala el coeficiente de Bernoulli con el de Schrödinger, se llega a la relación de De Broglie, antes citada, que nos da la longitud de onda asociada a la partícula.

Aparece en la ecuación de Schrödinger una magnitud 'psi' que matemáticamente tiene el significado del comportamiento de una partícula por intermedio de una función de posición y que satisface a los fenómenos oscilatorios; dio, igualmente, a "psi" un significado físico de distribución de densidad eléctrica, o de "nube" electrónica alrededor del núcleo; pero Born, después, le asignó una interpretación probabilística, que debe decirnos en qué punto del espacio se encuentra el corpúsculo en un instante determinado.

Los resultados obtenidos por Schrödinger para el espectro del Hidrógeno y de los Hidrogenoides, del efecto Stark, Zeeman y otros concuerdan con los experimentales; conformidad mucho más completa que la obtenida, para algunos fenómenos, por la teoría Bohr-Sommerfeld.

La nueva mecánica, con ayuda del Spin, dio razón del efecto Zeeman anómalo y la determinación de los niveles energéticos del átomo de Helio neutro. Además los resultados de esta teoría se corresponden

perfectamente con los obtenidos por la Mecánica de las matrices de Heisenberg.

Con estas mecánicas el átomo perdió su modelo geométrico. Han desaparecido las órbitas fijas, cuantizadas, sustituidas, ahora, por niveles de energía sumergidos en una nube de probabilidad electrónica que rodea al núcleo. Allí donde la nube es más compacta (densa) existe la probabilidad mayor de acumulo de corpúsculos.

Pero nos permitimos interrogar: ¿esta imagen no contradice el análisis espectroscópico puesto que todo átomo expresa siempre su especificidad espectral, invariable, de donde los electrones deben ocupar posiciones medias, constantes? Entonces no se ve cómo la medida de ese estado medio estable, sea una nube informe de probabilidad.

El átomo, ese mundo microfísico que hemos expuesto, muestra su existencia a través de la "Onda-corpúsculo" de De Broglie. Pero si bien el examen de su comportamiento fluye a través de algoritmos difícilísimos de las nuevas mecánicas, hemos perdido contacto traducible con la cosa real, con la exigencia de su estructura de forma que está en la naturaleza de la mente humana.

Y aquí una aguda reflexión que debo a la gentileza del Dr. Teófilo Isnardi: "Los autores de estas teorías soslayan estas objeciones mediante una posición epistemológica extrema: la física teórica, dicen, se propone calcular efectos observables, es decir resultados experimentales. Toda *representación detallada* de los procesos reales es superflua y a menudo imposible".

EL PROBLEMA DEL NÚCLEO.

Jean Perrin "De la méthode dans les Sciences" —1912— tuvo esta frase aparentemente feliz. "La atomística ha llegado a explicar lo visible complicado por lo invisible simple". Veremos que ese "invisible simple" es también enormemente complicado.

Como es conocido, el núcleo está formado por protones y neutrones, en primera definición. Los complejos fenómenos de desintegración que se realizan, desde ha 20 años, han mostrado la estabilidad de los mismos (excepción de los radioactivos).

Hay una energía de unión entre esas partículas. La determinación de las fuerzas entre sus componentes, reveló ser un problema muy difícil. Esas fuerzas no pueden ser de naturaleza eléctrica. Las únicas

CIENCIA

residen en los protones, y siendo de cargas iguales se rechazan; luego el núcleo no puede ser estable con sólo fuerzas eléctricas. Además, éstas serían muy débiles. Sabemos que la energía de unión de dos cargas de signo opuesto (el trabajo que debe realizarse para llevarlas al infinito, como suele definirse) varía en razón inversa de su distancia. Se sabe que la energía de unión de un electrón y un protón en el átomo de Hidrógeno es de pocos Electrón-volt; mientras que la del núcleo alcanza a varios millones de igual unidad.

Consecuencia: las fuerzas nucleares son mucho más intensas que las eléctricas, lo que está perfectamente probado por las desintegraciones actuales. Asimismo estas fuerzas obran sobre distancias extremadamente pequeñas. Lo que hace difícil su conocimiento, es la naturaleza de las mismas, contrariamente a las eléctricas o gravitacionales (que siguen la ley simple del inverso del cuadrado).

Luego, si únicamente se tienen en cuenta las fuerzas nucleares anteriores, de cuya existencia no se duda, se llega a la conclusión de la imposibilidad de la existencia del agregado nuclear.

En efecto, los neutrones no deben presentar interacción por ser eléctricamente neutros: vale lo mismo para éstos con los protones. Pero entre protones, todos de igual carga positiva, deben existir fuerzas repulsivas, que si actuaran, obrarían como fuerzas disgregantes de los mismos protones y posiblemente, también, de los neutrones: en una palabra: desunirían el edificio nuclear.

Se ha calculado, por Scherrer, que la fuerza de repulsión entre protones, teniendo en cuenta su carga eléctrica, la cortísima distancia que los separa, la masa muy pequeña, es aproximadamente de 20 kg. por protón.

Se debe inferir, entonces, que la energía de unión para mantener la "fortaleza" nuclear debe ser de atracción entre protones y neutrones; de donde los neutrones presentes no sólo cooperan a la constitución y al valor de la masa del núcleo y del número atómico, pero son factores necesarios a la estabilidad nuclear.

Otra pregunta: ¿cómo puede explicarse que los radio-elementos naturales y ciertos artificiales emitan electrones negativos los primeros y electrones positivos los segundos?

Heisenberg y Majorana han contestado de la siguiente forma: Los neutrones pueden transformarse en protones con emisión de un electrón negativo, y los protones, a su vez, en neutrones con emisión de un electrón positivo. El protón y el neutrón se nos aparecen así como dos

estados distintos de una misma partícula pesada que hoy se llama "nucleón", uno de los estados cargado positivamente y el otro neutro.

Esta teoría de las interacciones, desarrollada por aquellos autores, conduce a aceptar la existencia de un tipo especial de energía que Heisenberg llamó "energías de recambio", y que corresponden al hecho, como ya se vió, que por una permuta de carga el protón puede transformarse en neutrón y simultáneamente el neutrón en protón.

Ahora esta interacción no puede ser de naturaleza eléctrica puesto que el neutrón es neutro; y si se rechaza la hipótesis de la acción a distancia, debe, aquella interacción, corresponder a la existencia de un "Campo" semejante al campo Electromagnético, pero de un tipo totalmente nuevo.

EL CAMPO DE FERMI.

Para poder dar razón del espectro continuo de las radiaciones Beta (electrones) producidas por sustancias radioactivas, hubo necesidad de crear, por Pauli y Fermi, la existencia de un nuevo ente, el Neutrino (neutro eléctricamente y con masa prácticamente nula) y admitir que la transformación protón en neutrón y la inversa, se acompañan con la emisión de un "par" de partículas: electrones negativos o positivos y un Neutrino.

Amparado en ello para explicar las interacciones de Heisenberg, Fermi hizo corresponder a la cupla electrón-neutrino de un Campo de orden nuevo que se llamó: "Campo nuclear de Fermi" análogo al campo electromagnético, pero transportando cargas eléctricas positivas o negativas.

El cálculo de las fuerzas de interacción entre protones y neutrones por el método campo de Fermi, conduce a energías de unión mucho más débiles que las necesarias para asegurar la estabilidad de los núcleos.

Ante esas deficiencias y otras, la idea fecunda de Fermi de fundamentar un campo nuclear, fue tomada por Yukawa que lo condujo a la previsión del "electrón pesado" o "mesón".

CIENCIA

EL CAMPO YUKAWA.

El físico japonés admitió que la interacción entre partículas pesadas se operaba con intervención de un Campo, vinculado, posiblemente, a partículas nuevas, con igual carga del electrón pero poseyendo un Spin igual a 1 (momento magnético del electrón girante) y emitidas Unidad por Unidad y no por Pares como lo establecía el campo de Fermi.

Atribuyó a esos hipotéticos corpúsculos una masa 200 veces mayor que la masa-electrón, obteniéndose, así, energías de interacción; protón-neutrón con valores que correspondían a la estabilidad real de los núcleos.

Dos años más tarde —1937— el estudio cuidadoso de los rayos Cósmicos permitió descubrir partículas desconocidas llevando cargas eléctricas positivas o negativas sensiblemente igual a la electrónica, pero cuya masa era muy superior (hoy se conocen alrededor de 20 que originan un capítulo nuevo en el orden de la microfísica).

Llamáronse “electrones pesados” o “mesotones” o “mesones” a los nuevos corpúsculos; medidas recientes le asignan una masa 273 veces la masa-electrón. (Del griego: *meso* = intermedio: o sea masa entre el protón y electrón).

Como se ve, la brillantez teórica de Yukawa tuvo su premio. Esta partícula interviene en el campo nuclear y la teoría de la interacción se realiza con intervención de esos mesones, que parecen satisfacer la previsión de los fenómenos nucleares. :

Hay razones de orden experimental que sugieren la inestabilidad de los mesones con cargas (porque los hay neutros), susceptibles de descomponerse en un par Neutrón-Neutrino.

Dada la índole de esta exposición, no podemos agregar otros múltiples datos teóricos y experimentales, sobre la nueva física mesónica, que se sospecha posee el secreto constitutivo de la materia.

En la actualidad se conocen mesones de mayor masa que la del protón, que se les distingue con el nombre de: “Hiperones”.

Se fabricaron “mesones artificiales” operando con un Sincro-ciclotrón (máquina aceleradora de partículas de gran energía), en el laboratorio Universidad de California, por los físicos E. Gardner —norteamericano— y C. M. G. Lattes —brasileño— en 1948.

Volviendo al núcleo, hoy se contienden la explicación de su intimidad 3 modelos nucleares: el “a corteza”, el “a gota” y el “óptico”. De

los tres el que mayor noticias aporta a la fenomenología nuclear, es el modelo "a corteza". Está su exposición, que en parte han estructurado, en el libro "Elementary Theory of Nuclear Shell Structure" por Maria Geoppert Mayer y Hans D. Jensen de Chicago y Heidelberg, respectivamente.

ÁTOMOS ARTIFICIALES.

Desde que los esposos Joliot inauguraron, por así decirlo, la Radioactividad artificial —1934— toda una gama de elementos radioactivos se fabricaron. Se realizan introduciendo en el núcleo un Neutrón y se produce lo que se denomina: elementos Isótopos con carácter radioactivo (Isotopía traduce el igual lugar que ocupan los elementos normales en la Tabla Periódica de los Átomos de Mendeleieff). Los isótopos poseen idénticas propiedades químicas que los elementos normales, pero distintas las físicas.

De lo que queremos dar un esbozo, aquí, es sobre Átomos artificiales o "Átomos mesónicos", donde se ha sustituido un electrón de una cierta órbita (en lenguaje de Bohr) por una partícula mesónica. Estas investigaciones son recientes y quizás sirvan para aclarar mucho de los enigmas que aún contiene la constitución del núcleo.

Las experiencias se han realizado con un Sincro-ciclotrón que permite obtener haces de Mesones negativos, todo con ayuda de aparatos registradores que indican la captura de los mesones por los átomos. la expulsión del electrón orbital, el reconocimiento de las radiaciones X producidas por los mismos.

Los mesones veloces generados por el acelerador indicado, son frenados a través de materia densa y llevados a velocidad térmica (que corresponde a energías que poseen normalmente los átomos que se agitan a temperaturas no excesivas). Alcanzada la sustancia que debe capturarlos, por atracción electrostática de los núcleos, son llevados hacia la parte más interna del átomo, en la vecindad del núcleo.

Al saltar de una órbita a otra (siempre en el cómodo lenguaje de Bohr) emiten rayos X que se registran en un contador a "centelleo" (Geiger) y su longitud de onda se deduce por la medida de la intensidad revelada por los impulsos del contador.

Si la partícula es un mesón "mu", 210 veces la masa-electrón, cada una de sus órbitas, alrededor del núcleo, será 210 veces más pequeña que

la correspondiente del electrón y la longitud de onda radiación emitida disminuye en la misma relación. Operando con mesones "pi", 273 veces la masa-electrón, las órbitas como las longitudes de onda, serán menores 273 veces. Una longitud de onda así pequeña, no cae en el campo de las radiaciones visibles, pero pertenece a la zona de los rayos X.

Las experiencias realizadas por Val Fitch y J. Rainwater de la Universidad de Chicago, confirmaron la teoría que estos investigadores habían esquematizado. Obtuvieron elementos mesónicos con el Neón, Carbono, Hidrógeno, sea con mesones "mu" o "pi" cuyo comportamiento es muy diferente por las energías distintas que cada uno posee.

Con respecto al núcleo dedujeron: a) el núcleo es una especie de nube cargada positivamente, densa, pero perfectamente flúida; b) que las dimensiones del núcleo son la mitad de lo que se pensaba.

Con estas sustituciones mesónicas ha sido posible responder en parte y cualitativamente, qué tipo de fuerza es la que mantiene unidos a los protones y neutrones del núcleo. Gran número de físicos sospechan la intervención preponderante del mesón "pi", este "cemento nuclear" como se lo ha denominado.

Si la fuerza fuese atractiva el mesón se acercaría más al núcleo que si fuese repulsiva, siempre en términos orbitales; la alternativa podría decidirse examinando las longitudes de onda de las radiaciones X emitidas.

Es lo que han realizado los investigadores Stearns, Leipuner y De Benedetti del Instituto Carnegie de Tecnología. Cuidadas medidas de los rayos X emitidos por la acción de un mesón "pi" reemplazando a un electrón, demostraron que la fuerza nuclear actuando sobre los mesones "pi" es repulsiva.

Ya es mucha esta seguridad determinativa recordando lo dicho anteriormente, sobre el complejo problema de la constitución nuclear, que mantiene en vigilia el espíritu de los hombres de ciencia.

Investigaciones semejantes sobre Átomos Mesónicos, han realizado el grupo de físicos de la Universidad de Rochester —New York— obteniendo: Hidrógeno, Berilio, Aluminio, Mercurio mesónicos. Luis W. Alvarez y colaboradores de la Universidad de California —Berkeley— bombardeando, con mesones "mu" negativos, producidos por el Bevatrón, al Hidrógeno líquido, sintetizaron Deuterio mesónico.

EL PRINCIPIO DE PARIDAD.

Desde que los físicos Oersted y Ampère, a principios del siglo pasado, realizaron la conocida experiencia de la acción de una corriente eléctrica sobre una aguja imantada y constatar su desvío, a la derecha e izquierda, al cambio de polaridad de la corriente y con igual ángulo en ambos casos, tal fenómeno, y otros, preocupó la mente, hacia 1850, del gran físico vienés Ernst Mach que sentó la importancia extraordinaria de la Simetría en la física.

Inquietud que también tuvo Pasteur, por los años de 1848, al estudiar el comportamiento a la luz polarizada de los ácidos Tártricos, conocidos en su época, que sólo desviaban el plano de polarización hacia la derecha.

¿Y por qué no debe haber otro que lo realice hacia la izquierda? fue la pregunta obsesiva del entonces joven estudiante.

Sus investigaciones le permitieron aislar, del tartrato racémico sin acción polarizante, el ácido tártrico levógiro que es un Isómero óptico del dextrógiro; comprobándose, así, un caso de Simetría óptica que está prefigurada en la Simetría cristalográfica, como lo probara Pasteur.

Para mejor aclarar, decimos que un cristal dextrógiro es la imagen especular del cristal levógiro, así como un guante derecho es la imagen especular del izquierdo.

La química está tapizada de estos Isómeros ópticos siendo su importancia, no únicamente teórica, sino que proyectan sus efectos en las reacciones biológicas. (Los isómeros son moléculas cuantitativamente iguales pero cualitativamente distintas)

Nuestra física y química ahondan sus raíces en el postulado de la Simetría; como alguien ha dicho: la materia es ambi-dextra.

Simetría, palabra de origen griego: sun = con, metro = medida; en la acepción más general significa: proporción exacta, paridad, armonía. Filosóficamente: es la justa distribución de las partes en la formación de un todo armónico.

Pierre Curie, también, profundizó este aspecto de la física en una memoria publicada en el "Journal de Physique" —1893— titulada: *La simetría de los fenómenos físicos*. Enunciaba la proposición siguiente: "La característica de un fenómeno es la simetría máxima compatible con la existencia del fenómeno". Completaba su pensamiento con esta observación: "Ciertos elementos de simetría pueden coexistir con ciertos fenómenos, pero ellos no son estrictamente necesarios. Lo que es nece-

CIENCIA

sario es que ciertos elementos de disimetría no existen. Es la disimetría la que crea el fenómeno”.

Treinta años antes —1860— Pasteur, en célebres lecciones de la Sociedad Química de Francia, había ya postulado: que la disimetría es la que empuja a los fenómenos químicos.

Por rutas diversas estos dos insignes franceses llegaban a tesis idénticas.

Al principio de simetría se le llamó, después, Principio de Paridad. Todas las teorías estructuradas y experiencia realizadas, han demostrado que la Paridad de un sistema aislado no cambia su valor o sea la Paridad se conserva.

Con el advenimiento de la Microfísica se preguntó si el principio de Paridad se conservaba. Hoy el principio es un súbdito de las matemáticas, de la alta matemática. Es una propiedad de la llamada “función de onda”, que hemos referido, por medio de la cual la nueva mecánica describe el comportamiento de las partículas y fija su posición en el espacio.

Las variables de una función de onda son precisamente aquellas coordenadas que nosotros usamos para individualizar una posición en el espacio. No es difícil mostrar, que si cambiamos el signo de una coordenada (de más o menos, por ejemplo) se hace equivalente a reflejar el sistema en un espejo.

La Paridad es precisamente el parámetro que describe el efecto de tal reflexión sobre una función de onda. Si la tal función queda invariada cuando el signo de una de las tres variables espaciales ha cambiado, se dice que la función tiene una paridad “par”. Si el cambio de signo de la variable lleva consigo la inversión del signo de la función de onda, se dice que su paridad es “impar”. Por consiguiente la paridad posee uno de los dos valores: par o impar. Como se dijo, en un sistema aislado la paridad conserva su valor.

LA PARIDAD Y LOS MESONES “TAU” Y “TETA”.

Dos físico chinos, Tsung Dao Lee de la Universidad de Columbia y Chen Ning Yang del Institute for Advanced Study of Princeton —premio Nobel conjunto 1957— estudiaron detenidamente lo que puede definirse la más complicada incógnita de la física sub-atómica, la denominada: paradoja “tau” y “teta”.

Se conocen 2 mesones llamados "tau" y "teta"; "tau" en su corta vida se desintegra en 3 mesones "pi"; "teta" en 2 mesones "pi". Lo que aparecía difícilmente comprensible era el hecho de que con respecto a todas sus propiedades se comportaban idénticamente, no así en su Ley de transformación o decaimiento. Se preguntaron: ¿no podría ser la misma partícula?

La partícula "tau" decae en un grupo de mesones "pi" o "piones" de Paridad impar; la "teta" en "piones" de Paridad par. La ley de la conservación de la Paridad era terminante en afirmar que si cada una posee diferente paridad, debían ser partículas diferentes.

Pero quedaba aún el interrogante: ¿puesto que ambas presentan propiedades exactamente iguales, por qué existía una distinta? Lee y Yang propusieron la hipótesis que la Ley de conservación de la Paridad no se cumpliera en el campo de decaimiento de partículas tales como las mencionadas.

El decaimiento de "tau" y "teta" pertenece a una clase especial de reacciones que se ha denominado "interacciones débiles". Una experiencia con ellas, para resolver el interrogante, era difícil porque su vida media es muy breve, del orden de mil millonésimas de segundo. Pero los decaimientos Beta, la expulsión de partículas Beta por los núcleos radioactivos, pertenece, también, a la familia de las "interacciones débiles" que se producen a niveles energéticos más bajos, presentan vidas medias mayores medidas en segundos, ejemplo: el Cobalto-60 cuya vida media es de 5,3 años.

Experimentaron con las partículas Beta del Cobalto, que también emite radiaciones Gamma usadas en terapia. Luego con la colaboración de la Dra. Chien Shiung Wu de la Universidad de Columbia y de Ernests Ambler del National Bureau of Standards, se ocuparon de "alinear" los núcleos. El alineamiento nuclear es una ciencia nueva y consiste en la técnica de orientar los momentos magnéticos de los núcleos atómicos, por intermedio de un campo magnético intenso y enfriamiento cercano al llamado Cero absoluto; en estas condiciones los núcleos atómicos se colocan paralelos entre sí.

Así se experimentó: a temperatura del Helio líquido y con las partículas Beta del Cobalto-60. El resultado fue que las partículas manifestaron una dirección netamente preferencial. Esto significa que desde el punto de vista de la emisión Beta, los núcleos poseen un Spin perfectamente orientado. La izquierda puede ser, entonces, distinta de la derecha.

CIENCIA

De donde la experiencia relatada demuestra, *que en esas condiciones especiales de observación*, el principio de Paridad no se cumple.

CONCLUSIONES.

Por todo lo expuesto nos anoticiamos de los complejÍsimos problemas que deben resolverse en el campo atómico. Ya es mucho lo realizado y es orgullo de la mente humana haber llegado allí.

Recordemos una exacta expresión de Anatole France, que vale para todo el ámbito de la ciencia: "Lo que es admirable no es tanto que el mundo de las estrellas sea tan vasto, sino que el hombre lo haya medido. (Le Jardin d'Épicure).

Las medidas para conocer ese mundo reposan sobre dos escalas: una aplicada a la Macrofísica y otra a la Microfísica. Las leyes explicativas de las primeras no lo son para las segundas.

Pero no invalidan la estructura lógica de la ciencia, puesto que la naturaleza de las cosas es así. De donde no debe aceptarse cierto regocijo extracientífico y filosófico, cuando se descubre que una ley válida para la Macrofísica es defectuosa para la Microfísica. Tanto valdría negar el Teorema general de la Hidrostática porque no se cumple en los fenómenos de la Capilaridad, y ambos son del área de la Macrofísica.

Una estructura de escalas podemos hacerla con el ejemplo que nos da el físico-químico Lecomte de Noüy: "A nuestra escala de observación humana, el filo de la hoja de una navaja es una línea continua. A la escala microscópica, es una línea quebrada, pero sólida. A la escala química, son átomos de Hierro y Carbono. A la escala sub-atómica, son electrones en movimiento perpetuo que circulan a velocidades del orden de doscientos mil km. por segundo. Luego es la escala de observación la que crea el fenómeno".

Terminamos, con esta bella imagen que trae el físico historiador J. G. Feinberg en su HISTOIRE DE L'ATOME: "En 1905, muchos años antes que alguien sospechara desintegrar un átomo y destruir la materia, Einstein con un lápiz, papel y su cerebro, predecía que la materia *podría* ser destruída y al realizarse libraría cuantiosas cantidades de energía".

"En el siglo IV antes de nuestra era, con sólo una tablita de cera, un punzón (estilo) y su cerebro. Demócrito predecía que la materia

Luis A. Bontempi

está formada por *átomos*, muchos siglos antes que la ciencia aprendiera a explorar la intimidad de una sustancia”.

Glorifiquemos a esos genios prodigiosos que han marcado rumbos al conocimiento humano.