

BOLETIN DE COSMOLOGIA

1. BIALOBRZESKI, C.—*Sur l'interprétation concrète de la mécanique quantique* (*Rev. Meta*, XLI, 1934, 83-103).
2. MEYERSON, E.—*Le Physicien et l'homme primitif (Du Cheminement de la Pensé*, t. I, 1931, 48-88 y las notas correspondientes del t. III).
3. DE BROGLIE, L.—*Relativité et Quanta* (*Rev. Meta*, XLI, 1933, 269-279); *Sur une forme plus restrictive des relations d'incertitude*, París 1932. ROSENBLUM, S.—*Origine des rayons gamma*. París 1932. DESTOUCHES, J. L.—*Etat actuel de la théorie du Neutron*. París 1932. LEPRINCE-RINGUET.—*Les constituants de la matière* (*Rev. Meta*, XLI, 1934, 235-252).
4. VITORIA, E.—*Métodos modernos de Análisis de los compuestos derivados del carbono* (*Memorias de la Acad. de Ciencias y Artes*. Barcelona, XXIII, 17, 1934).
5. SAZ, E.—*Nuevos avances en el desarrollo de la teoría de las valencias positivas y negativas*. Barcelona 1933.
6. OSWALD WOLFGANG.—*Kolloidchemische Beihefte*. Leipzig. 1930.
7. Conclusiones.

* * *

1.--Bialobrzewski, después de indicar el cambio de la mecánica clásica y la sustitución por la cuántica, busca en la ecuación de Schrödinger el significado real de la función Ψ que determina el estado, o, como dicen los escolásticos, la naturaleza del sistema atómico; y viene a concluir que su correspondencia real y física es la forma sustancial de Aristóteles que da unión interna a los componentes del átomo, los cuales, perdida su individualidad, quedan subordinados al todo y adquieren así nueva finalidad y nuevas propiedades. Con la forma sustancial se cierra el recinto material y se determina de suerte que no hay paso continuo de una forma a otra, sino por saltos instantáneos. Notables son algunas de sus frases: "Nous nous rapprocherons semble-t-il autant qu'il est possible des vues de la mécanique nouvelle si nous admettons que ces particules (Electrons ou photons) existent dans l'atome non en acte mais en puissance, au sens aristotélicien de ces termes", p. 97. "Lorsque par exemple nous passons de l'atome d'hydrogène à celui d'hélium contenant deux électrons nous avons affaire aux propriétés de l'ensemble qui ne sont nullement présagées par celles des électrons libres: ce sont:

l'exclusion d'échange—processus inconnu dans la physique classique—, l'exclusion des états symétriques avec l'intervention du spin, etc.”, página 99.

Pasa luego a describir la naturaleza de la forma sustancial y de la materia aristotélicas para venir a concluir la analogía entre la forma sustancial y la función del estado en la nueva mecánica y entre la materia prima y el abstracto de las ondas, dejado en penumbras por los modernos.

Este artículo, cuyo contenido lo presentó el autor en el Congreso de físicos de Polonia, 29 septiembre 1932, marca una nueva era y es un toque de atención muy sintomático. El atomismo inspiraba a la mecánica antigua: con la mecánica cuántica “s'introduisent des idées rapelant les vues d'Aristote sur la nature de l'état”, p. 102.

* * *

2.--Meyerson se esfuerza en pintar el cuadro real del estado actual y corrientes modernas de la Física. En 1900 emitió Planck la idea fundamental de la discontinuidad en los fenómenos de radiación y la confirmó con los resultados de sus quanta. La energía de un electrón vibrante alrededor de una posición de equilibrio no puede variar sino por grados discontinuos, por quanta iguales entre sí y de magnitud proporcional a la frecuencia del resonador que constituye el electrón. La radiación en vez de ser emitida progresivamente, lo sería de modo discontinuo, intermitente. El rayo luminoso es a la vez paquete de ondas y nube de corpúsculos y de una y otra forma se da a conocer. “Il faudrait connaître comment ces deux aspects se reliant l'un à l'autre. Or, non seulement nous ne le savons pas, mais nous apercevons qu'il y a là deux concepts contradictoires”, p. 63. Y no es pequeña dificultad la de hallar una imagen adecuada en que se junten ambas manifestaciones, paquete de ondas y nube de corpúsculos. En el átomo se ha hecho fácil hallar la imagen. La órbita de un electrón que debía constituir una figura cerrada, debía componerse de un número entero de longitudes de onda. Por lo cual no se puede ya hablar de la posición del electrón en su trayectoria elíptica. Ni la circulación del electrón alrededor del núcleo se asemeja a la revolución de un planeta alrededor del sol, sino más bien a la rotación de un anillo simétrico que a pesar de su movimiento continúa ocupando un mismo lugar del espacio. Pero al tratarse de ondas, en vez de contentarse con las de Fresnel o las de Maxwell en el espacio de tres dimensiones, se las considera en el

espacio matemático de tantas dimensiones como sea el número de grados de libertad del sistema, con que se imposibilita el formar una imagen representativa de su realidad.

Planck cree que el determinismo tiene un sentido algo diferente que el usado en la física clásica: en la mecánica nueva la legalidad preside al conjunto, no al individuo. Cada punto matemático particular del sistema se halla en cierto sentido en cada instante y simultáneamente en toda la región del espacio ocupado por el sistema, y esa simultaneidad se debe no al campo de fuerzas engendrado en torno suyo, sino a la presencia de su masa y cargas propias. Con esto viene a suceder que el concepto de punto matemático, que es el concepto más elemental de la mecánica clásica, debe ser sacrificado y resulta en la mecánica ondulatoria imposible el describir exactamente el movimiento de un punto particular. Para que pueda entenderse de alguna manera el dicho de Planck hay que tomar el punto como cualquiera parte del átomo considerado en su esencia, que es la misma en todo el átomo, y en el que la unidad de forma sustancial da al todo una unidad interna en que se relacionan mutuamente todas sus partes diferentes.

De Broglie en 1928 creía, no obstante, apartándose del sentir de Planck y de otros muchos autores, que es posible atribuir a los corpúsculos una posición y velocidad en los sistemas atómicos de suerte que tengan sentido preciso sus variaciones en el espacio de configuración.

Sommerfeld, poniendo de relieve la importancia de los resultados experimentales de Davisson y Germer y de Kikuchi referentes a la difracción de los electrones, dice: "Aun cuando sea esencialmente igual el estado inicial de los electrones en cuanto a su lugar y velocidad, sin embargo parte de ellos atraviesan la malla cristalina, parte son rechazados en el primer máximo de difracción, parte en el segundo, etcétera". Y preguntándose ¿dónde está el indeterminismo físico?, responde: "Cuando se contempla con Fraunhofer la maravillosa regularidad de las figuras de difracción, no hay lugar a recibir impresiones de indeterminismo; cuando se usa con Rowland las mallas perfectas de difracción se siente la regularidad y seguridad de la determinación completa en el camino seguido por los rayos de luz con sus longitudes de onda. Las figuras de Laue son modelo de legalidad: las de Kikuchi obtenidas en rayas trazadas sobre mica se muestran de igual tipo. El indeterminismo queda relegado por su pequeñez y nuestra ignorancia al quantum de luz o al electrón, y no al fenómeno físico en su conjun-

to. Bien hace el célebre físico en no resignarse al pesimismo de la indeterminación de los procesos naturales.

* * *

3.—De Breglie reseña brevemente las características de las dos teorías, la de la Relatividad y la Quántica, cada una de las cuales pretende generalizarse hasta abarcar todo el campo físico, siendo forzoso el encontrarse. Nacidas la Relatividad como coronamiento de la física antigua macroscópica, y la Quántica como fruto del estudio experimental del mundo corpuscular infratómico, su conciliación exige esfuerzo serio y que todavía no se ha conseguido. Con ocasión de la relatividad se hicieron tentativas numerosas para describir la estructura del éter; pero en vista de los fracasos renuncian los físicos a precisar la naturaleza del éter, contentándose por considerarle como el soporte de los fenómenos electromagnéticos. No se ha logrado conocer el movimiento de la Tierra respecto del éter. Ningún observador encerrado dentro de su sistema puede conocer su movimiento de traslación. En el continuo de cuatro dimensiones—Espacio-Tiempo—, cada observador corta a su modo su espacio y tiempo, y este corte no es igual para dos observadores que se mueven el uno respecto del otro. Entre las consecuencias importantes de la relatividad está el concepto de la inercia de la energía, según la cual a toda cantidad de energía se liga un soporte $\frac{W}{c^2}$ sujeto a la gravitación, de la cual ha dado Einstein una explicación muy satisfactoria.

La teoría de los Quanta nació del estudio sobre la repartición de la energía en las ondas: los movimientos periódicos de las partículas eléctricas elementales no son estables mientras la energía de sus oscilaciones no esté ligada a la frecuencia ν por la relación $E = nh\nu$. La constante h es la unidad mínima de acción. Como la acción (energía multiplicada por el tiempo o cantidad de movimiento multiplicada por longitud) es una magnitud que a la vez depende de la configuración del sistema y de su estado dinámico, el cuántum de acción no puede considerar independientemente la configuración del sistema y su estado de movimiento. Esta unión entre la geometría y la dinámica desconcierta al relativista que en su teoría representa por curvas o líneas del universo los movimientos en el espacio-tiempo. En el terreno atómico en que prepondera la acción, relatividad y quanta no se concilian fácilmente. No obstante, considerada la energía luminosa como

concentrada en gránulos llamados fotones o cuantos de luz, se armonizaron por vez primera el quantum de acción con su valor atribuído a la energía del gránulo luminoso y la relatividad que da a la cantidad de movimiento la expresión $\frac{h\nu}{c^2}$ que nunca la hubiera atribuído la mecánica antigua. Con el quantum de acción intentó, sin acabar de lograrlo, Sommerfeld explicar la estructura fina de los espectros del hidrógeno y del helio y los pares regulares en los espectros Rontgen. El intento de Sommerfeld consiguió llevarlo a buen término Dirac con la teoría del electrón magnético y la interpretación probabilista de la mecánica ondulatoria: aun explicó los efectos anormales Zeeman, nunca antes explicados. Pero todavía queda mucho por hacer para reconciliar integralmente la Relatividad y la Mecánica cuántica.

La cuántica en un principio no era relativista; a su lado surgió la mecánica ondulatoria, cuyo nacimiento vino de parangonar el movimiento de un corpúsculo, el fotón, con la propagación de la onda. En la ondulatoria la magnitud fundamental es la impulsión, lo mismo para fotones como para electrones. La teoría cuántica no se cuida de la impulsión, sino de la interacción entre el sistema medido y el de medida. El terreno propio y exclusivo de la cuántica es el núcleo atómico; el átomo es campo común a entrambas teorías; en el campo interestelar domina la teoría ondulatoria.

Le es necesario predecir el resultado, sin lo cual nada significaría la función Ψ ; no le es necesario repetir un fenómeno igual.

Rosenblum expone la teoría de Gamow en la cual se considera el núcleo como encerrando sus corpúsculos dentro de una película periférica infinitamente pequeña, centro de repulsión para todo agente que trate de penetrar dentro de la esfera. Esa película en la teoría clásica es absolutamente impenetrable, de suerte que rebota en la superficie toda acción. En la ondulatoria se concede a la película cierta transparencia, y por tanto hay posibilidad de penetrar dentro de la esfera. Según Gamow, todos los helios (a lo menos los que se manifiestan en las transformaciones radioactivas) se hallan en el mismo estado energético fundamental dentro de la barrera del potencial propio a los núcleos. La energía cinética que fuera manifiestan, iguala a la energía que poseían en el nivel suyo antes de atravesar la barrera. La partícula alfa, al arrancar hacia afuera, excita, a expensas de su energía, un helio próximo, aumentándole momentáneamente el estado energético; este helio así excitado, al volver al estado normal, provoca

una emisión de rayos gamma. De suerte que la radiación gamma puede explicarse como provocada por cambio de estado de excitación del núcleo. Esa excitación del núcleo será debida a un cambio energético de un helio o protón nuclear.

Destouches resume sus conclusiones de este modo: Está ya probada la existencia de los neutrones, hace doce años prevista por Rutherford. Tienen su importancia para constituir el núcleo con los protones, electrones y partículas alfa; pueden obtenerse por desintegración artificial de los átomos ligeros. La teoría de los quanta no explica la constitución del neutrón. Algunos de sus efectos los explica la mecánica ondulatoria si se añade la hipótesis conveniente sobre el potencial del campo exterior a los neutrones.

Leprince-Ringuet enumera los corpúsculos que se van conociendo en el núcleo atómico: partículas alfa, protón, deutón (isótopo del hidrógeno), neutrón, electrón y positrón (electrón positivo), descubierto en 1932. Pero fijémonos en lo que el autor llama la materialización y desmaterialización de los electrones. "Hemos escrito la ecuación de Einstein $W = mc^2$ " como relación básica de todas las reacciones nucleares. Aplicada a un electrón en reposo, significaría que a su masa corresponde una energía de medio millón de electrones-voltios. No se puede soñar en transformar en electrón en reposo un fotón de ese quantum energético, ya por el principio de la conservación de la electricidad, ya por el de la conservación de la impulsión en el fotón. Pero es posible pensar en transformar un fotón de energía doble (un millón de electrones-voltios) en dos electrones de signo contrario. Si el fotón poseyera un quantum energético superior, la fracción excedente al millón necesario para obtener el par de electrones se repartiría en energía cinética entre los nuevos electrones; este proceso es el de materializar la energía.

Inversamente se puede pensar que dos electrones en reposo de signo contrario se desmaterializarían dando dos o más fotones; después de la transformación, en vez de electrones tendremos fotones, en que se concentrará el millón energético de electrones-voltios que era de los electrones.

Pues bien: no son transformaciones soñadas entrambas: entrambas se han realizado. Se ha conseguido transformar el fotón en el par de electrones (electrón y positrón) que llevan la energía total del foton; inversamente, lanzando positrones sobre núcleos atómicos se ha logra-

do transformarlos en fotones desmaterializados. "La découverte de ce nouveau phénomène est d'une importance considerable", p. 251.

* * *

4.--Vitoria trata de la utilidad del método de análisis químico descubierto por el indú Sir Venkata Raman, profesor en la Facultad de Ciencias de Calcuta en 1928. Cuando una potente radiación monocromática de longitud de onda o frecuencia conocida hiere un medio homogéneo transparente, una débil parte de su energía se difunde en todas direcciones, mientras que otras fracciones o se reflejan o son transmitidas o absorbidas por el medio. La parte difundida constituye la difusión molecular, porque las moléculas del medio irregularmente esparcidas vibran al ser excitadas con la radiación incidente y sus ondas salen más o menos polarizadas. Si con un espectrógrafo colocado en dirección perpendicular a la del haz luminoso observamos la fracción difundida, además de la radiación fundamental, que deja una raya clara en el centro, hay a uno y otro lado dos espectros (continuos para medios líquidos y sólidos, de bandas muy finas, para los medios gaseosos), cuya intensidad es menor que la de la raya central y cuya extensión es corta. Mucho más apartados del centro y a entrambos lados aparece otra serie de rayas o bandas estrechas de intensidad muy débil: son el espectro Raman, de pocas pero muy características rayas. Cada cuerpo tiene su propio espectro Raman que le delata y acompaña. Este espectro puede servir para identificar los compuestos orgánicos, distinguir unos de otros los isómeros, descubrir la formación de compuestos lábiles en el curso de una reacción, como en los compuestos terpénicos de los perfumes. Pero más interesante para la práctica usual es el hecho que un gran número de agrupaciones funcionales conservan su propia individualidad en los espectros Raman; lo cual quiere decir que su aparición en el espectro acusará la existencia de la agrupación funcional en el compuesto que se analiza. Así, por ejemplo, estudiando el espectro del eteno o etileno, tipo fundamental de los compuestos de enlace doble, se han visto las dos rayas, cuyas longitudes son de 1.342 y 1.623 amstrong; la segunda es la más característica y se la ve en todos los derivados eténicos con ligeras modificaciones. El brometeno da la 1.598; el propenal, la 1.618; el propenoico, la 1.638; el buteno-1 y el penteno-1 con sus homólogos, la 1.642; el propenol, la 1.646; el propenol líquido, la 1.647; el cicloexeno, la 1.654; el limo-

нено, la 1.645; el etenilciclopenteno, la 1.638. Al enlace etínico responde la longitud 2.200; al CO del carboxilo, la 1.660; al CO del ester, la 1.730; al CO aldehídico o cetónico, la 1.720; al CO del cloruro de acilo, la 1.780; al CN del nitrilo, la 2.250, y al CN de los isonitrilos o carbilaminas la 2.150; y análogamente la amina NH se delata con la raya 3.300, y el grupo nitro NO_2 , con las 1.560 y 1.380.

* * *

5.--Saz ha reunido en un folleto con nuevas aportaciones la exposición de la teoría de las valencias tratada por él en artículos de revistas y en su obra Análisis químico. Ante los cambios introducidos por las teorías ondulatorias se pregunta cómo puede ser verdad lo de los números de electrones asignados a cada subpiso, y responde: de real, de substancial en el modelo atómico, tanto en la vieja como en la nueva teoría, es que existen los números cuánticos que individualizan la energía, en las trayectorias en el lenguaje antiguo o el valor de la energía en el nuevo. Queda en pie la idea de los niveles de energía. Las configuraciones estables, postulado de Lewis en 1916, las explican Heiter y London en 1927 introduciendo los métodos de la mecánica ondulatoria. Los iones están separados en la solución, a pesar de que las cargas eléctricas de signo contrario se atraen naturalmente, porque otra fuerza mayor actúa permanentemente sobre ellos en sentido contrario, y esta fuerza es la química y diferente de la fuerza eléctrica. Estudia finalmente los complejos moleculares y aun los coloides y admira la destreza con que los químicos pueden señalar estructuras moleculares tan complejas como la del arseniomolibdato amónico.

* * *

6.--Ostwald se dedica al estudio de los coloides, cuerpos que por sus dimensiones llenan el hiato entre el campo químico y el molar. Las dimensiones coloidales son comprendidas entre 0.5×10^{-7} y 10^{-4} m. El amstrong es 0.5×10^{-7} m. Campo el coloidal de aplicaciones interesantísimas a la electrotecnia, metalurgia y hasta para la fabricación de los aisladores, vasos porosos y porcelana. La importancia del coloide viene de que sus dimensiones son del orden de las ondas luminosas y distancias en que se ejecutan las acciones químicas y eléctricas. Y por eso colocan a esos cuerpos sus dimensio-

nes en las condiciones más favorables para que actúen todas las actividades físicas y químicas. No dejará de sorprendernos el hecho siguiente: El análisis químico da para el cloruro sódico igual número de átomos de cloro y sodio, y sin embargo en los cristales da el espectro Rontgen 14 átomos de cloro y 13 de sodio mientras que no alcanzan los cristales las dimensiones coloidales. Por eso los cristales de cloruro sódico cuya arista mide unas 11 milimicras guardan ya la proporción química, cuentan 8.000 átomos de cloro y otros 8.000 de sodio. En el fluoruro de calcio ocurre mayor anomalía. Siendo su fórmula química 2 átomos de fluor por 1 de calcio, hay cristales de espato de fluor de 14 átomos de calcio y 8 de fluor, cuando debieran ser 28. Cuando los cristales alcanzan en sus aristas dimensiones de 6,4 milimicras cuentan ya 4.631 átomos de calcio y 8.000 de fluor, como lo exige la fórmula química con escasa diferencia. Con cristales de espato de fluor de 310 milimicras en sus aristas hay 4.060.301 átomos de calcio y 8.000.000 de fluor.

* * *

7.--Conclusiones.--a) Hay que admitir la existencia de corpúsculos y de ondas. El substracto de las ondas es el éter constituido por fotones o cuantos de luz, contiguos entre sí y sin formar continuo matemático. Los corpúsculos entre sí y con el éter se diferencian en su esencia y también en el accidente de la cantidad, que es distinto en cada corpúsculo, siendo la mayor diferencia entre los accidentes quantitativos de los protones, deutones y neutrones respecto del éter, y menor la diferencia entre los accidentes quantitativos de los electrones respecto del éter. La diferencia del coeficiente de inercia entre las diversas cantidades explica el campo gravitatorio. Un astro, por ejemplo, el sol, es por el grandísimo coeficiente de inercia del conjunto de sus protones, deutones y neutrones, como una sima hacia la cual afluyen por su mínimo coeficiente de inercia ríos de éter, y por eso cuando el rayo luminoso de una estrella se avecina al sol y pasa rasante por su superficie se quiebra y refracta conforme al cálculo merítísimo de Einstein.

b) El átomo es un sistema de corpúsculos-ondas porque lo constituyen los corpúsculos conocidos en la desintegración y el éter en unidad de naturaleza por la unidad de forma sustancial, para lo cual se han transformado corpúsculos y éter. Que haya distinción de corpúsculos y ondas en el átomo se comprueba por el espectro Rontgen,

que indica la posición de los corpúsculos grandes (los electrones no llega a sombrear), y deja libres los intersticios que son de éter. Que haya éter llenando los intersticios se prueba por los pisos y subpisos energéticos del átomo atestiguados por los químicos en la teoría de las valencias. Que los corpúsculos hayan perdido su individualidad se prueba porque de existir, o estaban circulando en las órbitas o en reposo; si circulando, engendrarían campo electromagnético, que no aparece; razón por la cual se desecha la hipótesis de Bohr. Ni tampoco están en reposo, porque caerían sobre el núcleo, arrastrados por la pendiente de medio millón de voltios. Han, por tanto, perdido su individualidad, y transformados, son hechos partes integrantes del átomo, el cual conserva por exigencia de su forma sustancial separadas las cargas eléctricas y distribuidas por su extensión conforme a leyes impuestas por la naturaleza del átomo. De igual suerte el éter se ha transformado para formar pisos y subpisos que integren el átomo. Esta unidad de forma en el átomo, con su exigencia múltiple de actividades accidentales, constituye el estado del átomo, según las concepciones modernas de la mecánica ondulatoria, ya que de ese modo está en disposición virtual de tener ondas y según la ley de los cuantos.

c) La transformación sustancial nuevamente conocida es la de los fotones en electrones, y viceversa, en que las cantidades se han cambiado, realizándose en ese caso particular la transformación total que admitían muchos escolásticos en cualquier transformación sustancial. "Adveniente nova forma, dice Toledo (in 1 phys Arist. text. LXX, q. 15) destruitur altera forma cum sua quantitate et accidentibus et succedit nova quantitas cum isto composito ita ut hujus primum esse sit alterius primum non esse".

d) El espectro Raman, por una parte, nos prueba que los átomos han adquirido espectro propio y nuevo al formar parte de las agrupaciones funcionales, siendo el espectro Raman propio del grupo como tal, el cual es, por tanto, un nuevo cuerpo, distinto de la mera suma de los átomos. Pero como el grupo forma parte de la molécula, la cual es también unum per se, se deduce que el grupo funcional tuvo existencia lábil como cuerpo propio y quedaron en la molécula las actividades ópticas y químicas propias del grupo, ya que los accidentes se sustentan en sola la materia, no en el compuesto. La sucesión de las transformaciones empezando del átomo en nuevas y más complejas moléculas está ordenada por la naturaleza, al fin de ir enrique-

ciendo en cada nueva transformación sustancial con accidentes nuevos nacidos por vía de emanación de las nuevas formas, las actividades completísimas de las moléculas complejas. El coloides es el cuerpo en que las actividades físicoquímicas adquieren su mayor riqueza.

e) La impulsión que admite la teoría ondulatoria es una forma de actividad en la cual hay lugar en el conjunto de ondas a repartición de probabilidades; pero, no obstante, el éter, con su naturaleza, fija el camino a las ondas, como se ve en la regularidad de los espectros. La actividad interna del átomo es muy íntima y de interacción entre sus corpúsculos virtualmente contenidos y el éter, y que entra en ejercicio cuando recuperan la individualidad en las desintegraciones moleculares. Para esas acciones tan íntimas internucleares se requieren muchas condiciones determinadas, ignoradas exactamente por nosotros, y que su multiplicidad difícilmente se repite de modo igual, razón por la que los fenómenos cuánticos son prenunciados, pero no repetibles. Mientras no se hallen nuevos métodos nuestro estudio nuclear avanza por probabilidades, sin que esto signifique que en cada caso el proceso sea probable solamente y no fijo, determinado por el conjunto de condiciones. La teoría cuántica debe conservarse en el terreno infratómico, la ondulatoria tiene su lugar propio en el espacio interestelar; en el átomo deben mezclarse con ánimo conciliador las dos teorías.

J. M. IBERO

Junio 1934.