

ABUSO DE LA LEY ESTADÍSTICA EN LAS TEORÍAS MODERNAS

Pocos momentos hay en la historia de las ciencias profanas como los actuales: con métodos físicomatemáticos de fecundidad asombrosa, con finura y delicadeza de experimentación rayanas en lo inverosímil, se ha logrado sintetizar con orden lógico los hechos secretos que en el interior de los átomos se realizan y enlazarlos con las ondas maravillosas que cruzan el espacio.

Fresnel, Maxwell, dieron ya pasos de gigante en el siglo pasado. De Broglie, Schrödinger, Dirac, Heisenberg... inician en estos últimos años en la física matemática nuevos derroteros muy dignos de estudio y aprecio para el filósofo escolástico. Porque, como exhortó León XIII en su *Allocutio ad scientiarum cultores* “*De Studio philosophiae S. Thomae*” (7 marzo 1880), “tandem sancti Thomae Aquinatis et in hoc exemplum secuti, in rerum naturalium consideratione strenue adlaboretis: quo in genere nostrorum temporum ingeniose inventa et utiliter ausa, sicut iure admirantur aequales, sic posteri perpetua commendatione et laude celebrabunt.—In quibus tamen excolendis scientiarum artibus, illorum morem defugite qui recens reperta ad oppugnandas tum revelatas tum philosophicas veritates prave detorquent: sed divinae potius providentiae gratiam habete, quod hanc gloriam et quasi palmam nostrae aetatis hominibus reservarit, ut rerum utilium patrimonium a maioribus acceptum, multis in partibus industria sua locupletarent.”

Pérez del Pulgar, S. J. (*Anales de la Asociación de ingenieros del Instituto católico de artes e industrias* (I. C. A. I.), Madrid, IX, 1930, p. 173), al proponer la síntesis de los fecundos trabajos de mecánica ondulatoria, comienza exponiendo los lunares de la conocida teoría del átomo de Bohr (1913), de estructura a modo de sistema planetario microscópico. “A pesar—dice—de los éxitos de la teoría que explicaba entre otros hechos la emisión y absorción de las rayas es-

pectrales por el intercambio entre la energía de cada fotón con la de los electrones atómicos, dando números maravillosamente concordantes con la experiencia en bastantes casos, en otros en cambio sólo llegaba a números aceptables mediante hipótesis suplementarias; en algunos como en el helio no se encontraba ninguna que bastara a ello, y en todo caso la cuantificación de las trayectorias de los electrones, quedaba en el mayor misterio y no podía concebirse sino como el resultado de un postulado tan central y tan importante que equivalía a postular casi toda la teoría entera. También era un misterio el por qué un electron en movimiento a lo largo de su órbita una vez cuantificada, no emitía radiaciones, y si las emitía, cómo no acababa por pararse.

“En medio de esta desorientación aparece la audacísima y original teoría de Broglie y Schrödinger por un lado, y de Heisenberg-Born-Jordan por otro, en que, no solamente se cambia radicalmente el concepto de fotón, sino hasta el del próton y el del electrón, y en que se enlazan maravillosamente las conclusiones de la mecánica relativista con las apariencias macroscópicas y aproximadas de la mecánica clásica.

“La nueva mecánica ondulatoria es, pues, una segunda refundición o revisión de toda la física matemática clásica que contiene la relativista y, por consiguiente, a la clásica como caso límite. No podemos asegurar que sea la última y decisiva, pero parece cierto que ella ha dado con la clave antes insospechada del misterioso principio de la cuantificación y ha aportado, por consiguiente, un elemento de importancia a la ciencia.”

Mas no siempre ni en todos los autores el pensamiento filosófico envuelto en las fórmulas carece de lunares y no leves. Tales son las afirmaciones en que a la necesidad y fijeza de las leyes naturales se ha sustituido con la mera probabilidad de las leyes estadísticas, y al principio de causalidad se le antepone el AZAR (1).

(1) El mismo SCHRÖDINGER no está libre de esta mancha. Cfr. *Naturwissenschaften*, 1929, p. 732, según cita de *Phys. Zeitsch.* XXXI 1930, pp. 556-557.

I

¿Por qué proceso se ha llegado a esa conclusión?

Pulgar (*Anales del I. C. A. I.*, IX, 1930, p. 349) lo indica del siguiente modo: "... La imposibilidad de determinar las condiciones iniciales de posición e impulso de un *cuantum* o partícula de energía ha dado lugar a Born para interpretar la mecánica ondulatoria de una manera que se ha dado en llamar estrictamente lógica, pero que bien examinada es singularmente extraña. He aquí cómo la expone Frenkel. Si se quiere formular una micromecánica que solamente afirme y predetermine lo que de hecho es observable por la experiencia, es preciso renunciar a dar una descripción rigurosa y determinista del movimiento de un *cuantum* o partícula, como cambio continuo de su posición, puesto que una tal descripción o determinación supone exacto conocimiento de su velocidad para cada posición. Según la relación de indeterminación de Heisenberg, sólo es posible dar una descripción probabilística de dicho movimiento, la cual no puede asignar sino la probabilidad de que un *cuantum* o partícula se encuentre en un momento dado en tal o cual punto del espacio. Born interpreta, pues, la cantidad que interviene en la ecuación fundamental de Schrödinger como la medida de dicha probabilidad. La mecánica ondulatoria es, pues, para Born la parte del cálculo de probabilidades que rige los procesos atómicos."

Mal dicho está por Born, *la parte del cálculo de probabilidades que rige a los procesos atómicos*, los cuales son independientes de nuestros métodos de calcular, sino debe decir, *la parte del cálculo de probabilidades que guía al físicomatemático para investigar los procesos atómicos*. Se trata de método matemático, no de proceso real del átomo. Efectivamente, la estadística de las modernas teorías procede del planteamiento del problema y del método seguido en su resolución.

Ulmo (según la síntesis de *Le Journal de Physique*, s. VII, 1930, p. 435 D) describe las ideas modernas de este modo: "La hipótesis de los saltos *cuánticos* (que un punto material ni puede recibir de las acciones exteriores, ni puede emitir hacia afuera más que con intervalos de acción hamiltoniana iguales a h), impone al campo am-

biente de las fuerzas electromagnéticas una propagación aparente, regida por una ecuación de ondas en que interviene la acción hamiltoniana del electrón explorador, necesario para descubrir el campo. Por estar al modo clásico determinada por el campo externo esta acción hamiltoniana, la ecuación definitiva que regula el campo ambiente resulta de eliminar la acción hamiltoniana entre la ecuación de ondas y las ecuaciones de la mecánica clásica. Esta eliminación, inmediata en el caso de la aproximación de Schrödinger, no se puede hacer en la mecánica relativista, sino pasando desde las ecuaciones de segundo orden (ondas y d'Hamilton-Jacobi) a ecuaciones equivalentes de primer orden y estamos en las ecuaciones de Dirac. Resueltas las ecuaciones de Dirac, se puede calcular en función de sus soluciones por medio de las ecuaciones precedentes de primer orden la cantidad de movimiento y la energía de un electrón explorador de un punto cualquiera del campo ambiente. El hecho que la posición inicial de un electrón verdadero sea indeterminada en los datos del problema, no permite tratar el estudio de la trayectoria del electrón, sino estadísticamente, por los métodos de la mecánica estadística. Así, en efecto, llega Dirac a las interpretaciones estadísticas (prises en hypothèse) en el caso de las trayectorias posibles por los métodos de la mecánica clásica."

En el bellísimo artículo de Al. Proca "Sur l'équation de Dirac" (*Le Journal de Physique*, s. VII, 1930, pp. 235-248), tienen los cálculos en la nueva forma ahí dada, gran generalidad y los elementos que entran en las fórmulas tienen valores y significación reales: son diez y seis esas magnitudes todas referentes a un electrón.

Cantidad de movimiento—energía—masa
coordenadas espaciales—tiempo—longitud de onda de Broglie
... momento mecánico—momento eléctrico.

La probabilidad de los cálculos es global para el conjunto de todos los valores de esas diez y seis magnitudes. Es claro que el método del cálculo no permite de antemano conocer el valor determinado de estas diez y seis magnitudes en su fase inicial y, en tal caso de incertidumbre de los datos primeros del problema, el método único matemático que ahí tiene lugar y debe usarse es el estadístico de las probabilidades.

Pero ¿de que el método matemático no nos lleve a resultados de-

finitivos y exactos, se sigue en buena lógica que las magnitudes aplicadas al electrón, no tengan realmente su valor determinado aunque para nosotros desconocido? Eso sería aceptar la fórmula absurda de que el orden ideal y el orden real se identifican, que el *percipi rei et esse rei* son una misma cosa.

Suelen hoy señalar esta diferencia entre la mecánica clásica y la mecánica ondulatoria. En la mecánica clásica se estudia cada fenómeno individualmente y, por tanto, ligado con su causa, y el estudio del conjunto de fenómenos seguidos en el tiempo es el resultado de sumar y comparar los resultados obtenidos en los estudios individuales de los fenómenos, siempre unidos a sus causas. En la mecánica ondulatoria se estudia el conjunto como tal con las variaciones que en el espacio tiene el conjunto, distribuído en sus elementos constitutivos, cada uno en su punto del espacio. Ahora bien: como frecuentemente el conjunto como tal no tiene existencia, tampoco como tal conjunto tiene causa propia. Así, por ejemplo, la colectividad humana como tal no existe, el alma colectiva es un mito y producto de ficción mental. Los que existen son los hombres individuales: cada individuo morirá, según ley física y necesaria, determinada por el conjunto de circunstancias y factores. El cuándo de la muerte de cada hombre nos es desconocido. Para calcular el seguro de la vida, tenemos que fingir la colección humana como un conjunto dotado de vida y que la va perdiendo por fracciones, por individuos, sin otra ley en el conjunto sino la de probabilidad.

Pero otras veces, el conjunto como tal tiene existencia propia, y en ese caso tiene también causa propia y ley fija y necesaria. Tal es el caso del átomo: el átomo como tal tiene su realidad; pero como extenso lleva distribuídas sus cargas eléctricas en toda la extensión suya: la distribución de esas cargas es no homogénea y fija, sino heterogénea y variable, y ahí, en esa variabilidad, se apoyan los modernos probabilistas para aplicar el cálculo de probabilidades a los fenómenos atómicos.

Para puntualizar bien el estado de la cuestión y la dificultad contra la sana filosofía que admite leyes naturales, fijémonos en la concepción de Schrödinger. Descartada la concepción del átomo, según Bohr, como incapaz de explicarnos la cuantificación de la energía, debe admitirse que la configuración del átomo es variable, la carga eléctrica del electrón periférico que se suponía vagar alrededor del

núcleo en elipses no tiene existencia individual, es una función activa del campo interior de fuerzas, es una onda estacionaria que cambia de estrato, una nube fluctuante entre ciertos límites, la carga está esparcida desigualmente por todo el átomo y en forma variable.

Así lo describen Hornl y Eckart, exponiendo la concepción de Schrödinger (*Grundzüge und Ergebnisse der Wellenmechanik*, en *Phys. Zeitsch.* XXXI, 1930, p. 115): Nach der Hypothese von Schrödinger besitzt ein einem Atomsystem engehorendes Elektron kein punktförmige Ladung, bsz keine subatomare Grössenausdehnung, sondern seine Ladung ist über den ganzen Bereich des Atoms mit grösserer oder geringerer Dichte kontinüerlich verteilt zu denken."

Supuesta esta concepción viene el sofisma de sustituir a la causalidad y a la ley física cierta la ley estadística de mera probabilidad. Para que haya causalidad, objetan y arguyen, como se arguye en la filosofía escolástica, era necesario admitir el electrón periférico o sistema de electrones en unión dinámica con las cargas del núcleo en virtud de las leyes electrostáticas, etc. Pero no hay tal fijeza de cargas ni hay electrones individuales ni protones fijos; luego no hay lugar a causalidad extrínseca. Tampoco le hay a causalidad intrínseca, porque de haberlo, habría que buscarla en la esencia del átomo: y una de dos, o admitimos que la esencia se identifica con las cargas eléctricas y en ese caso deja de ser esencia porque varía en un mismo átomo, o las cargas eléctricas se distinguen de la esencia, y tampoco se entiende que estando ligadas como propiedades naturales a la esencia fija y constante en todo el átomo, vayan variando con distribución variable en la extensión del átomo. Si en cualquier parte del átomo hay la misma esencia, debe haber la misma propiedad connatural, que es la carga eléctrica, y eso de modo invariable.

Luego la distribución de las cargas eléctricas dentro de la extensión del átomo se lleva a cabo sin causalidad extrínseca ni intrínseca, luego por acaso, es un suceso contingente, es ley del azar: luego las ondas, las emisiones, las rayas espectrales, toda la constitución del átomo es casual. No hay, por tanto, causalidad en el hecho fundamental de la química y de la física matemática.

De ahí las frases de los autores dignas de meditación por la gravedad de sus consecuencias. Como resumen de las opiniones modernas de los físicos, nada más expresivo, como el parafaito con que empieza el físico Kaufmann su discurso en las fiestas jubilares dedicadas

das al físico octogenario Goldstein (5 sep. 1930). El concepto del valor de la ley de causalidad antes aplicada en la física sin restricción a lo grande y a lo pequeño, ahora ha sido sustituido por el azar en los juegos de átomos y electrones. Hoy sólo tienen valor estadístico las leyes que rigen el macrocosmos. "Heute herrscht der Zufall im Spiel der Atome und Elektronen und nur statistischen Wert haben der Gesetze des Makrokosmos" (*Phys. Zeitsch.* XXXI, 1930, número de octubre).

Idéntica es la frase de M. Schlick en su *Naturphilosophie* (Berlín, 1923, p. 460: "Die Welt wäre in letzter Linie dem Zufall ausgeliefert." El mundo en último resultado se guía del Acaso. La razón es porque reduciéndose todos los cuerpos en último análisis a electrones y protones, si las actividades de éstos se ejercen al azar, por el azar se deben dejar gobernar todas las actividades cósmicas.

Lo monstruoso de esas consecuencias nos abre los ojos para saber ciertamente que en ese razonamiento hay incluidos sofismas. Y claro que los hay. Veamos si los descubrimos. El sofisma está en excluir la causalidad interna del átomo. En efecto.

La esencia es constante en el átomo e idéntica por toda su extensión. Luego no se identifica con las cargas eléctricas que varían. Luego las cargas eléctricas son accidentes distintos de la esencia del átomo.

Pero de ahí no se deduce que las cargas eléctricas no sean propiedades dimanadas de la esencia, porque de serlo, serían idénticas y fijas en toda la extensión del átomo. Esta deducción es falsa. Lo que es propiedad del átomo es tener como valor promedio por toda su extensión cierta determinada carga promedial: pero no es propiedad suya el tenerla uniformemente e invariablemente distribuida. Las facultades sensitivas del cuerpo humano son propiedades dimanadas del alma al organismo, pero tampoco están distribuidas igualmente por todo el cuerpo. Expliquemos la solución.

En primer lugar aparece claro en la física moderna que no puede considerarse el átomo como algo inerte y sin inmensas actividades, cada átomo es parte del campo extensísimo de actividad cósmica. En este sentido y sin que la generalización matemática perjudique a la realidad individual del átomo, pueden interpretarse benignamente las concepciones de Broglie y Schrödinger expuestas por Pulgar con estas palabras (*Anales del I. C. A. I.*, IX, 1930 p. 346):

“De Broglie y Schrödinger conciben el espacio entero como lleno de un medio elástico continuo y surcado por ondulaciones de muy diversos períodos, animadas de velocidades muy superiores a la de la luz, cuya propagación está regida por una dalembertiana, cuyas soluciones propias sean

$$\psi_n \ (n = 0, 1, 2, 3\dots)$$

· Cada grupo de soluciones propias determina un recinto cerrado y limitado por todas partes en el espacio donde se suman aritméticamente las amplitudes y, por tanto, las energías de un cierto número de ondas, y por tanto, en dicho recinto, alcanza la energía valores grandes (no infinitos). Este grupo de ondas que llama Sch. *paquete de ondas* es lo que, según el concepto de Schrödinger, constituye la materia.”

Falsa es de todo punto la concepción mecánica del átomo cartesiano: el átomo no es activo porque se pone en movimiento, sino que se pone en movimiento porque está dotado de actividades poderosísimas. Tampoco razonaron bien los dinamistas antiguos que negaban al átomo extensión, creyendo que concedérsela, era despojarlo de actividad. Las teorías modernas compaginan ambas cosas: el cuerpo es extenso como parte del dilatadísimo campo del universo, pero también es activo. Tiene inercia, indiferencia, como lo indica el cambio mismo de la distribución de las cargas y ondas en la extensión del átomo o recinto cerrado de soluciones propias; pero también posee cargas eléctricas de eficacia incomparable, como se manifiesta en las múltiples radiaciones de los cuerpos. Verdad es que de distinta raíz proceden la extensión y la actividad, pero es falso que lo extenso no sea también activo.

De este doble carácter de todo cuerpo viene a concluirse que le son esenciales dos principios: el uno de pasividad, la materia prima o sujeto primordial de sus cambios. El otro de actividad, la forma sustancial. Ambos juntos, ambos íntimamente unidos. Tenemos establecido el hilemorfismo.

Mas la física matemática que comprueba sus ecuaciones con los resultados experimentales, y la química de laboratorio nos enseñan que al ser comunes los campos gravíficos y electromagnéticos de fuera y dentro de los átomos, todos los cuerpos participan de una esencia *genérica*.

Esta comunidad de *género* y no más prueba el sistema natural de los elementos químicos expuesto en la docta y sobria conferencia de Moles. (*La unidad de la materia y el sistema natural de los elementos*, Madrid, 1928, p. 20): "De este modo—decía Moles—resulta que rigen para todo el universo las condiciones de nuestro planeta y que los protones o núcleos de hidrógeno y los electrones o partículas de electricidad negativa, constituyen los componentes fundamentales de la materia, no sólo en nuestro pequeño mundo, sino en todo el gran mundo sideral."

Algún retoque hay que dar a esa expresión que sigue más fielmente la concepción atómica de Bohr y no la de Broglie y Schrödinger. Démoselo: el átomo, que en lenguaje matemático podemos considerarlo como parte definida del campo de fuerzas, como recinto cerrado de ondas, no es algo que se forma por síntesis, no es una agrupación de protones y electrones, preexistentes, individuales, sino es algo que exige y determina en el campo interno de su extensión limitada, una constitución heterogénea en sus manifestaciones, y en la distribución de las cargas eléctricas con las ondas resultantes. Ni las cargas ni las ondas constituyen la esencia del átomo, porque en ese caso serían iguales y uniformes en todo el átomo ya que la esencia es idéntica en todo un mismo cuerpo, ni serían variables con la variación intrínseca de la onda, porque la esencia no varía rítmicamente.

Pero las cargas eléctricas nos dicen en su distribución y en su mismo variar que son accidentes activos naturalmente dimanados de la forma sustancial, que es lo que determina para cada especie de átomo el número y distribución propia de sus cargas eléctricas dentro de las oscilaciones alrededor de un promedio constante. De ese modo resulta que la diferencia específica de los átomos entre sí proviene de la naturaleza de cada forma sustancial diversa, la cual exige en los distintos átomos distinta carga eléctrica y distinta distribución de ondas estacionarias.

No es nueva esta doctrina, es mera aplicación de una antigua ya propuesta por Suárez en dos pasajes de incomparable mérito, el uno de su metafísica, el otro del *De opere sex dierum*. Trascribámoslo uno en pos del otro para completar con ambos el pensamiento que íbamos desarrollando en la explicación de las teorías modernas del átomo: "Igitur (*Metaphys.*, disp. 15, sec. 1, n. 18), praecipua ratio sumenda

est ex fine formae substantialis, qui est constituere et complere essentiam entis naturalis, qui finis seu effectus est absolute necessarius in rerum natura: alioqui nihil esset in rebus corporeis in sua substantiali natura completum et perfectum. (Por eso no basta considerar el átomo como un paquete de ondas, un recinto de ondas de soluciones propias.) Neque esset multitudo et varietas specierum substantialium in qua maxime consistit hujus universi corporei mirabilis dispositio et pulchritudo." Y en otro lugar (*De opere sex dierum*, I. 2, c. 8, n. 7.): "Omnis forma determinat certam dispositionem in materia tam secundum raritatem et densitatem, quam secundum alia accidentia unicuique formae proportionata. Unde et tota forma requirit certam dispositionem in tota materia, et pars formae in parte materiae vel cum omnimoda uniformitate vel cum proporcionata varietate juxta naturam et exigentiam formae." ¡Cuánta más razón hay para defender esa distribución heterogénea, no ya en los accidentes dispositivos, sino en los accidentes activos que de la forma dimanan y son de naturaleza cuantal, como lo son las cargas eléctricas de los átomos!

Volvamos ahora a leer algún pasaje que nos recuerde la teoría moderna. Lanczos (*Diracs wellenmechanische Theorie des Elektrons. Phys. Zeitsch.* XXXI, 1930, p. 126) dice que viene a conjeturar si la constante *alfa* del electrón no deba considerarse como tal, sino como función del campo en la parte atribuída al electrón individual, y que la función tiene su valor mayor en el centro del átomo y de ahí va decreciendo hacia la periferia, de suerte que la diferencia de masa entre el electrón y el protón se explique por mera adición de su carga eléctrica. Las palabras son éstas: "Die Konstante *alfa* nicht als tatsächliche konstante zu betrachten, sondern an ihre Stelle ein Feldfunktion zu setzen, die in centraler Gebieten einem hohem Wert besitzt, dann aber nach aussen gegen einen sehr kleinen Wert abfällt. Es wäre soviel aussichtslos in eine konsequente Feldtheorie ein konstante mit der Masse des Elektrons einzuführen: des Masses unterschied von Elektronen und Protonen würde damit von Haus aus der Erklärung entzogen sein."

Y en *Le Journal de Physique* (serie VII, 1930, p. 20 D) cuando se compendia el trabajo de Pauli, "resulta de la teoría de Schrödinger, interpretada por Pauli, que el electrón al recorrer su trayectoria puede ir a cualquier parte, pero las posiciones en que con más fre-

cuencia se halla, tienen por lugar geométrico las órbitas de Bohr. En otras palabras, la órbita electrónica constituye como una nube en el espacio cuyos centros de gravedad están dispuestos sobre una órbita de Bohr. La probabilidad total de un salto del electrón, es la suma de las probabilidades de la capacidad del electrón para ocupar posiciones idénticas en los dos estados sucesivos; entre todas las diferentes que podía ocupar. Esto lleva a la conclusión que el electrón no salta: no cambia de posición. No desaparece de un sitio para reaparecer en su lugar. A lo más hay un cambio en la cantidad de movimiento y que obedece a una ley de fuerza, habiéndose al modo de las moléculas vibrantes después de recibir y absorber *quanta* de luz.

Con la doctrina expuesta desaparece la probabilidad estadística y se restablece la causalidad, que en nuestro caso es extrínseca, como resultado de dimanación natural del átomo. La teoría hilemórfica enseña que aun descartada con la concepción de Bohr la causalidad extrínseca entre las partes constitutivas del átomo, queda la causalidad intrínseca, que es más poderosa y constante y da verdadera unidad sustancial al átomo. Queda, por tanto, sin vigor la dificultad propuesta por los estadísticos al proclamar con las concepciones modernas el Azar como la ley del universo.

Que no haya mera probabilidad se prueba por la constancia con que las cargas eléctricas residen en los átomos con toda la fijeza que para sus propiedades señala la química: ¿Dónde iría a parar la química si todo fuera mera probabilidad?

“La idea genial de Laue—dice Moles en su conferencia ya citada, p. 10—, hecha realidad por Friedrich y Knipping, de utilizar los cuerpos cristalizados para producir la difracción de los rayos X, lleva a Moseley ... al descubrimiento de su ley famosa. Ya no es el peso atómico la constante fundamental para la ordenación genética de los elementos, sino el número de orden que llevan en el sistema periódico o natural. Este número de orden resulta (ser) una función lineal de la frecuencia característica de los rayos X emitidos por cada elemento al ser colocado en el anticatodo... Esta ley permite comprobar que las aparentes anomalías de los pares de elementos, argon-potasio, cobalto-níquel, teluro-iodo, desaparecen al tomar como base de la clasificación el número de orden, y además, y esto encierra un interés considerable, sirve para determinar el número de elementos

existentes entre el hidrógeno, cabeza y origen del sistema natural, y el uranio, último conocido. Dicho número es de 92 en total, de los que conocemos en el momento presente hasta 90 diferentes, sin tener en cuenta los isótopos."

Y todo esto ¿es mera causalidad? ¿Puro azar?

Si la ley del átomo fuera estadística y solamente probable, fuerza irrefutable tienen las críticas dirigidas contra la concepción de Schrödinger por Hornl y Eckart de que al sustituir Schrödinger la unidad puntual del electrón por la nube de carga fluctuante, revuelve contra sí todos los argumentos con que la física moderna pretendía haber probado y con evidencia la realidad del electrón. ¿Y para qué había de haber en cada átomo estados cuantales determinados? ¿Qué razón puede haber para asentar el postulado de Heisenberg y Dirac, si no hay causalidad, sino causalidad, cuando creen que la naturaleza solamente realiza aquellos estados estacionarios en los cuales tienen carácter antisimétrico las funciones activas de las cargas? "Dieses fundet nach Heisenberg und Dirac seinen allgemeinsten wellenmechanischem Ausdruck in den Postulat: Der Natur sind nur diejenigen stationären Zustände realisiert, für welche die zugehörigen Eigenfunktionen antisymmetrischen Character haben, d. h. bei Vertauschung der Argumente irgend zweier Teilchen ihr Vorzeichen wechseln" (*Pys. Zeitsch.* XXXI, 1930, p. 115).

Este postulado necesita la exigencia interna de la naturaleza del átomo y de las cargas eléctricas. Las críticas contra la concepción de Schrödinger se desvanecen admitiendo en el átomo electrones y protones solamente en estado virtual, quiero decir, hay los accidentes de la electricidad negativa del electrón y positiva del protón, pero la sustancia del electrón y del protón o núcleo del hidrógeno se contienen sólo virtualmente y aparecerán en su ser propio y formal en la desintegración atómica.

"Bombardeando con rayos concentrados Rutherford y Chadwick por una parte, y más tarde Peterson y Kirsch, han conseguido arrancar núcleos de hidrógeno de todos los átomos de elementos ligeros, salvo el helio (Moles, Conf. p. 16). Y en la desintegración radioactiva las partículas *alfa* desprendidas son helio. No puede, por tanto, negarse la existencia virtual, la cual es prueba contra la mera causalidad. El valor de la carga eléctrica de los átomos es un promedio, como lo comprueba la existencia de los isótopos.

Pero si se da el promedio—objetan—se da la ley estadística, porque por definición, ley estadística significa la ley de los promedios. Así Weyl (*Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*, München und Berlin, 1927, p. 153): “Hiernach wird man verstehen, dass die meisten physikalischen Begriffe, namentlich alle diejenigen, welche die atomistischgebauten Materie betreffen (z. b. Dichte eines Gases) keine exakten sind im Sinne einer reinen Gesetzesphysik, sondern statistische, mit einem gewissen Grad der Unbestimmtheit behaftete Mittelwerte, und die meisten der gelaufigen physikalischen “Gesetze” namentlich alle, welche die Materie betreffen, nicht als streng gültige Naturgesetze, sondern als statistische Regelmässigkeiten aufzufassen sind. Zur Statik (enthaltend die im thermodynamischen Gleichgewicht gültigen Gesetze) und zur Dynamik (enthaltend die Gesetze welche denübergang von einem gestörten in den Gleichgewichts-Zustand regeln) tritt die Schwankungslehre, welche die Schankungen um den statistischen Mittelwert und die damit verbundenen physikalischen Effekte untersucht.”

Pero volvamos a insistir en la distinción entre esencia y accidentes propios: la esencia carece de valores promedios; se da o no se da; es un todo indivisible. Pero los accidentes, aunque sean propios, pueden tener ciertas variaciones entre límites cercanos, de donde resulta el valor promedio. Ahora bien, la existencia de esos valores promedios para las cargas eléctricas atómicas, nos prueba radicarse éstas en la esencia del átomo como propiedades derivadas de su forma sustancial, y por tanto, con causalidad y determinación interna.

Muy bien dice Plank en su obra (*Das Weltbild der neuen Physik*, según cita en *Phys. Zeitsch.*, XXXI, 1930, p. 558), que si vamos al fondo de la cuestión, aun en la mecánica ondulatoria y quantal, a pesar de sus apariencias de mera probabilidad y de falta de constancia, el proceso está determinado. “Ferner scheint mit der Einführung der Wahrscheinlichkeit zunächst die strenge Kausalität aufgehoben. Indessen ist die Aufhebung der Kausalität vielleicht nur eine scheinbare, bedingt durch ein falsche, der Korpuskular theorie entnommene Fragestellung. In der klassischen Physik war der Konfiguration determiniert: hier in der Quantenmechanik aber können wir das nur von der Materienwelle verlaugen. Daren Verlauf aber ist in der Tat determinet”. Muy bien dicho.

Y Pulgar (*Anales de I. C. A. I.*, IX, 1930, p. 347): “La interpre-

tación de Schrödinger y el concepto de los paquetes de ondas se basa sobre el principio de causalidad y (deben) concebirse los fenómenos atómicos como sujetos a leyes perfectamente determinadas por ecuaciones diferenciales, cuyas integrales, una vez determinadas las condiciones iniciales o en los límites, rigen de tal modo cuanto ocurre en el interior del átomo que nada quedaría indeterminado. Podemos decir que la teoría de Schrödinger se basa como toda física matemática clásica de los fenómenos macroscópicos en un determinismo regido por el principio de causalidad que determina unívocamente todos los sucesos por las condiciones iniciales a que está sometido el sistema."

Toda constante promedial supone la existencia de límites entre los cuales la frecuencia varía ascendiendo y decreciendo. Toda esa marcha y limitación requiere el principio de causalidad, ley natural, constancia radicada en la naturaleza.

José M. IBERO

(Continuará.)