

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES

MOMENTO ACTUAL

DE LA

FÍSICA

DISCURSO LEÍDO EN LA SOLEMNE SESIÓN INAUGURAL DEL CURSO
ACADÉMICO DE 1921-22

FOR EL

ILMO. SR. D. BLAS CABRERA

EL DÍA 13 DE NOVIEMBRE DE 1921



MADRID

IMPRESA DE ESTANISLAO MAESTRE

POZAS, 12. TELÉFONO 38-54 M

1921

SEÑORES ACADÉMICOS;

SEÑORES:

Yo bien quisiera que hoy me fuese posible fijar vuestra atención en una obra mía, pero desgraciadamente sólo alcanzan mis fuerzas a laborar en un recinto limitado de esta admirable construcción intelectual que se llama Física. No es vano alarde de modestia lo que me dicta estas primeras palabras. Pretendo únicamente disculparme por que haya de ocupar este sitio exponiendo ideas que en su inmensa mayoría no me pertenecen y seguramente conocéis mejor que yo.

Pero es que el terreno restringido en que se desenvuelven las actividades de los investigadores que no figuramos en la serie muy limitada de los genios suele ser recinto vedado a quienes no son especialistas, y por ello interesa bien poco a la generalidad del mundo científico. Así, sería de mi parte una lamentable equivocación empeñarme en distraeros con ideas y resultados que yo no he de negaros miro con verdadero arrobamiento paternal, que creo tienen positivo interés para la conquista pro-

gresiva de la verdad oculta por la Naturaleza y cuyo descubrimiento es el fin último de la Filosofía natural, pero que no son adecuados para lograr la finalidad que sin duda persiguieron aquellos a cuya iniciativa se debe la institución de esta fiesta académica.

Percibo con toda claridad que el interés de este momento radica en hacer la propaganda de la Ciencia, contribuyendo a despertar el deseo de su estudio, tanto para la recluta de sus futuros elaboradores, como para la creación de un ambiente que haga posible su vida.

Gran número de los hombres que consumen su existencia en el laboratorio o gabinete de trabajo, haciendo avanzar lentamente las fronteras de nuestro conocimiento, son soldados de filas que contribuyen con su esfuerzo a la victoria de la Ciencia contra la Naturaleza, en la batalla librada para arrancarle sus secretos. Sea cual fuere la extensión del campo cubierta por la labor de cada uno, su esfuerzo es necesario para el buen éxito; y ciertamente será tanto más entusiasta, cuanto más clara noción tenga del valor de su contribución y más favorable el ambiente que le rodea.

En España quizá sea hoy lo más urgente, crear este ambiente para dar mayor impulso al adelantamiento de la ciencia nacional, ya iniciado. Hacer obra útil para conquistar el respeto y la consideración del mundo sabio en medio de una sociedad absolutamente indiferente, sin recibir el calor que da la crítica favorable o adversa de quienes inmediatamente nos rodean, es cosa que sólo pueden realizar mentalidades fuera de la medi-

da común, que por desdicha para la Humanidad son bien escasas, lo mismo en España que fuera de nuestra patria.

En mi concepto, al menos, esta festividad académica va encaminada a fortalecer aquel ambiente y no está orientada a dar fe de nuestra vida ante el mundo, cuyo es el objetivo de la publicación de trabajos de investigación realizados en España, y por esto entiendo que debo apartarme de los temas de interés restringido, siquiera pudieran serme personalmente más gratos, y señalar a la juventud que hace su preparación para sucedernos los grandes problemas que son como faros que orientan la ruta de los investigadores en el campo de las ciencias físicas.

Sin duda, el momento presente no es un capítulo aparte en la historia del pensamiento científico. Las ideas y doctrinas que hoy rigen nuestra labor son hijas directas de otras vertidas en el pasado siglo; pero es interesante ver cómo no fueron éstas las que privaron entonces, sino que más bien fueron mantenidas al margen de lo que se consideraba como obra más acabada del espíritu humano.

El siglo XIX terminó sus gloriosos días elaborando un concepto de la Filosofía natural, cuyos orígenes es necesario buscar en la Geometría de Euclides y en la Mecánica de Newton. Este molde, en que nuestros progenitores aspiraban a vaciar todo el contenido de la Cien-

cia, puede reducirse a un esquema, cuya claridad compite con el rigor lógico de su construcción: Un número reducido de postulados independientes, enunciado conciso de toda la experiencia adquirida en el conocimiento de los fenómenos. Estos postulados son la primera materia a que ha de aplicarse nuestra actividad mental levantando el edificio de la Ciencia, sin más preocupación que el rigor lógico de los razonamientos, asegurado por la técnica matemática. Una vez acabada la construcción, ella ha de dar las relaciones que ligan los fenómenos directamente perceptibles, las cuales han de hallarse en plena conformidad con los resultados de la observación, si es que los postulados elegidos lo fueron con precisión.

Hasta aquí nada hay criticable: realmente el esquema precedente debe serlo de toda doctrina que aspire a su consagración definitiva como teoría científica. Cuando no fué tan feliz aquella escuela fué al señalar los caracteres que deben adornar a un postulado. Aspiraba a que su sencillez fuese tal y el contacto con la experiencia tan inmediato, que casi mereciera los honores de una verdad axiomática. La confirmación o denegación *a posteriori* de los corolarios de la teoría no tenía otra utilidad que servir de criterio para juzgar hasta qué grado los postulados admitidos son suficientes, o si es indispensable agregar alguno más, desde luego, con un cierto carácter secundario. Y lo califico así, porque no todos los postulados se consideraban, y ello es justo, de igual rango. En una extremidad de la escala deben colocarse aquellos que gozan de las prerrogativas de los *principios fundamentales* de la

Ciencia, a los cuales asigna Poincaré la característica de ser un producto de la experiencia, pero una vez admitidos desligarse de ella e imponerse a la observación misma; en la otra extremidad las meras hipótesis inventadas *ad hoc* para volver al acuerdo la teoría y la experiencia, supuesto que en algún momento se haya roto.

La noción estrecha de los postulados a que acabo de referirme denuncia un falso concepto del valor de la Ciencia, pues en él va contenida implícitamente la convicción de que la Naturaleza se nos manifiesta con la plena exhibición de sus recursos; que los principios que parece imponernos el mundo hoy a nuestro alcance, tienen una validez absoluta, extendiéndose más allá del dominio del conocimiento actual.

El pensamiento científico de nuestros días ha roto más de una vez contra esta consagración de los principios, pero ciertamente no lo ha hecho sin despertar la más viva resistencia.

En último término, la bandera de la inmutabilidad de los principios es la que se tremola por quienes luchan contra la teoría relativista, lo mismo en su forma restringida que en la general, a pesar de que mirada desde puntos de vista más fundamentales se ofrece como heredera directa del pensamiento clásico en orden a la construcción de la Ciencia. No se la combate, ni habría posibilidad de hacerlo, apoyándose en que deje inexplicados fenómenos que la Filosofía natural clásica interprete claramente, pues dentro del dominio a que esta última alcanza el acuerdo es perfecto; ni tampoco se puede argumentar con su esterili-

dad, porque gracias a ella se logra encuadrar en la ordenación lógica de nuestros conocimientos hechos y fenómenos que quedaban antes al margen de la Ciencia. Un somero análisis de las opiniones emitidas por los detractores más autorizados de la teoría revela que la raíz de la oposición está, como decía, en que echa por tierra la inmutabilidad de ciertos principios, en cuanto rechaza la exactitud de leyes que de modo más o menos explícito habían alcanzado aquella categoría. La de Lavoisier referente a la conservación de la masa y la de atracción de Newton son dos ejemplos bien claros de estos principios o cuasiprincipios eliminados por las nuevas concepciones; pero aún, y esto es pecado más serio, también se la rechaza en nombre de determinadas nociones que habían sido elaboradas de modo casi inconsciente, cual la de rigidez de los cuerpos, la de simultaneidad y el carácter euclidiano del espacio.

Otro sector del pensamiento actual que contradice la extrapolación de los principios, es aquel en que figura como hipótesis fundamental la de los *quanta*. La continuidad de la energía y de la acción dinámica era algo de que nadie había dudado hasta que Planck, hace unos quince años, puso en evidencia la necesidad de un proceso discontinuo en la emisión o en la absorción de la energía radiante para interpretar la manera como ésta se distribuye en el espectro del llamado *cuerpo negro*. Desde aquella fecha hasta hoy la evidencia en pro de discontinuidades esenciales en los procesos dinámicos ha ido fortaleciéndose en proporción abrumadora. Por *quanta* parece crecer la energía de los cuerpos al elevar su tem-

peratura; también se comprueba la existencia de estas unidades indivisibles en las relaciones de energía que ligan la frecuencia de una radiación absorbida por la materia y la fuerza viva con que son emitidos los electrones en el llamado fenómeno fotoeléctrico; así como en su inverso, la emisión de radiaciones luminosas o de rayos X por el choque de los electrones; y aun todos los movimientos periódicos o cuasiperiódicos que en el seno del átomo se producen exigen que la acción dinámica varíe de un modo discontinuo con una unidad que corresponde al propio *quantum* de Planck. En una palabra; cuando de lo que podemos llamar nuestro mundo, que cabría caracterizar diciendo que es medible por nuestras propias dimensiones, así espaciales como temporales, descendemos al microcosmos que se oculta bajo él, y que en general sólo percibimos a través de un complejo de efectos, la Ciencia necesita una modificación profunda que aún no es posible precisar, no obstante lo cual puede afirmarse que se ha de apoyar en la modificación de los principios que con pretendida validez universal estableció la ciencia clásica.

Dejando a un lado esta crítica del valor de los postulados fundamentales de la Ciencia del siglo precedente, pasaré a un aspecto más positivo de ella. Me refiero a la pretendida imposibilidad de descorrer el velo que cubre el secreto de las intimidades de los fenómenos que per-

cibimos, y por ende la utilidad que pueda tener el intentarlo. Ostwald y Duhem, los dos más celosos apóstoles de aquella concepción filosófica de la Ciencia, y aun el mismo Poincaré, espíritu menos doctrinario y más abierto, opusieron la más rotunda negación a toda esperanza de rebasar los límites que al conocimiento puede señalar la potencia escrudiñadora de nuestros órganos de relación con el mundo exterior. Y hemos de convenir en que eran consecuentes con el espíritu de su tiempo, pues nada tan opuesto a él como los métodos de la Mecánica estadística, cuyo empleo es indispensable para abordar aquellos problemas, y que verdaderamente al margen de la Ciencia, como he dicho antes, fueron desarrollándose desde los primeros intentos de Bernoulli y gracias principalmente a los trabajos de Clausius, Maxwell, Boltzmann y Gibbs.

Basta para comprender la certeza de este juicio contemplar fríamente lo que significaban estos métodos en la época en que aquellas ideas dominaban. Pocas leyes tan simples, de percepción tan inmediata y formulación tan clara, como las que para los gases obtuvieron empíricamente Mariotte y Gay Lussac, relacionando magnitudes que como la presión, el volumen y la temperatura, se nos muestran sin ningún misterio. En contraposición a esta claridad y sencillez la teoría cinética admite que los fenómenos observados ocultan un mundo complejísimo, constituido por un número fabuloso de sólidos rígidos e independientes (las *moléculas*), en movimiento desordenado, gracias al cual sus velocidades se distribuyen

alrededor de un cierto valor medio que fija la temperatura mediante la ley descubierta por Maxwell.

Cierto que esta sustitución de lo sencillo por lo complejo resulta invertida cuando se avanza en el estudio de los fenómenos que en la materia se producen, y así Boltzmann, gracias al nuevo modo de ver, reemplaza la mística noción de entropía por la notoriamente más clara de probabilidad; al propio tiempo que fué posible deducir como corolarios de la teoría, las leyes de los calores específicos, de la viscosidad, la conductividad calorífica y la difusión, así como la existencia de relaciones numéricas entre los respectivos coeficientes, que la ciencia clásica había de introducir como meros resultados empíricos.

Pero el brutal contraste entre la simplicidad de las leyes empíricas fundamentales y la complejidad del mecanismo que tras ellas se oculta, según las teorías cinéticas, se ofreció con bastante fuerza a aquellos espíritus enamorados de la elegancia de construcción de la Geometría, la Mecánica y la Energética, para no dejarles percibir estas ventajas posteriores, ni aun la claridad y sencillez que sobre las leyes de la Química arroja la doctrina atómica. Las cosas no cambiaron hasta que en el primer decenio de este siglo Perrin intentó y logró comprobar experimentalmente la ley de las velocidades de Maxwell y la que rige la densidad de distribución de un conjunto de moléculas situadas en un campo de fuerzas uniforme. Sus trabajos y los de Svedger y Millikan, reduciendo las citas a los nombres más preeminentes, probaron sin reservas que los métodos de la Mecánica estadística

responden a la realidad física, y así no es de extrañar que los propios patriarcas del *Energetismo* hicieran pública confesión de su yerro al condenar los puntos de vista del atomismo como interpretación de los fenómenos naturales. Es a este respecto interesante documento para la historia de la ciencia el prólogo de Ostwald a la cuarta edición de sus *Grundriss der Allgemeinen Chemie*.

En lo que se refiere al conocimiento de las moléculas, los métodos inaugurados por Perrin permitieron inmediatamente, y por caminos bien diversos, contar el número de las que integran una masa definida de un cuerpo (concretamente su masa molecular, para cuyo caso el número referido se llama de Avogadro); aparte de que justificada la teoría cinética, ella daba los medios para averiguar algunos detalles referentes a la estructura misma de la molécula y sus dimensiones geométricas; pero la precisión de estos datos era muy inferior al valor que para la teoría del conocimiento tiene la plena confirmación de la existencia de estos mundos ocultos a nuestros medios de observación directa. Otros eran los caminos que habían de precisar aquellas nociones.

El descubrimiento de las leyes de Coulomb para las acciones eléctricas y magnéticas en la época en que la Mecánica celeste de Newton cosechaba abundantes éxitos aumentando sus prestigios hasta el punto de que se olvidase su carácter hipotético, bien expresamente declarado

por su autor, era motivo más que suficiente para justificar que se calcara la teoría de los fenómenos electro y magneto-estáticos en aquella ciencia, como de mano maestra hizo Poisson, y explica también que las leyes elementales de Coulomb fueran elemento constructivo en los trabajos realizados para formular la teoría de las influencias modificadoras que en los fenómenos electro-magnéticos ejerce el medio interpuesto.

Y aún subraya esta acción sugestiva de la Mecánica celeste sobre los fundadores de la Electricidad el hecho de que fuese Faraday quien, impresionado vivamente por aquellas influencias del medio, impulsó a la Ciencia por nuevos derroteros. En efecto, su escasa preparación analítica le libertaba de aquella sugestión, aunque también es responsable del poco favor de que disfrutaron sus ideas hasta que Maxwell les dió forma matemática.

Pero aun así, el triunfo no se logró sino sacrificando ciertos aspectos del pensamiento de Faraday. La estructura fina de hilos de fuerza que imaginaba tendidos entre los cuerpos electrizados o imantados se eliminó totalmente, para dejar reducida la teoría a las ecuaciones fundamentales del campo electro-magnético que Maxwell escribió por primera vez y que para Hertz contenían todo lo que en la nueva teoría era esencial. De este modo, una concepción que comenzó buscando en mecanismos ocultos la interpretación de los fenómenos perceptibles, se integró en la corriente predominante del pensamiento de su época, adoptando como postulados las referidas ecuaciones del campo electro-magnético.

De ellas derivó Maxwell la teoría electro-magnética de la luz, la más grande obra que la Filosofía natural realizó en el último tercio del pasado siglo. Pero la renuncia a la idea de los mecanismos ocultos del tipo de los imaginados por Faraday, que el propio Maxwell y Lord Kelvin no echaron en olvido, limitaba su dominio a los fenómenos producidos allí donde no existe materia: en el seno de ese medio sutil que los físicos inventaron para tranquilizar su propia conciencia ante el fracaso, que juzgaban aparente, de sus ideas, y al cual se llama éter. Así fué el recurso para conservar intactos los principios de la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento, cuando se pensaba que una y otra magnitudes físicas necesitan algo material para localizarse. Más tarde, cuando la relatividad restringida hizo ver que la energía por sí misma posee masa, y la experiencia demostró que ella es la única que realmente se manifiesta en los fenómenos dinámicos, su necesidad y aun su utilidad desapareció, y por un momento se creyó en la conveniencia de eliminarla de la Filosofía natural. Pero he aquí que en el momento presente necesitamos acudir de nuevo al viejo recurso empujados por los motivos de siempre: la rotación, como una aceleración cualquiera, es directamente denunciada por la experiencia, y sin embargo no podemos concebir un movimiento sin un sistema de referencia. Newton buscó este sistema en el *espacio absoluto*. Mach en un estado dinámico medio de la totalidad del Universo. A poco que se medita sobre el contenido de estas hipótesis se cae en la cuenta de que no son más

claras que la del éter, y en cambio éste, en la teoría de relatividad, se halla definido con tanta precisión como lo fué el éter electro-magnético en la vieja escuela.

Dejando este asunto a que involuntariamente he sido llevado por el interés del tema, volvamos a seguir el hilo de mi pensamiento. Decía que las ecuaciones de Maxwell; consideradas como suprema síntesis del pensamiento del sabio inglés, permitieron formular la teoría completa de la física del éter; pero cuando de él se pasaba a la materia ordinaria, la sólida construcción comenzaba a resquebrajarse y para sostenerla se hacía indispensable introducir múltiples coeficientes específicos, que las más de las veces tenían el carácter de magnitudes independientes; o de relacionarse entre sí, lo hacían ocultando la razón íntima del parentesco o dejaban al descubierto inexplicables contradicciones entre la experiencia y la teoría. La semejanza de tal estado de cosas con el que señalé para la teoría clásica de los gases, es bien evidente, y además el uno y el otro son producto de las mismas causas.

Para remediar este estado de cosas, Lorentz, y también Riecke y Drude, buscaron la solución apoyándose en la teoría electro-magnética; pero suponiendo que de la materia ordinaria forman parte cargas eléctricas con individualidad propia y con una cierta libertad de movimientos, siquiera cada una de ellas haya de encontrarse ligada por acciones que tienen su origen en la organización estructural de los átomos.

Estos trabajos de orden teórico recibieron desde muy pronto el auxilio de los descubrimientos que en el labo-

ratorio inició Thomson, gracias al estudio de los fenómenos eléctricos en los gases y de las radiaciones corpusculares que se producen espontáneamente en los cuerpos radiactivos, y en la materia ordinaria bajo la acción de la energía radiante o del calor. Estos estudios precisaron la noción de aquellas partículas eléctricas de Lorentz, demostrando primeramente que todas ellas tienen igual carga, sean positivas o negativas, y luego separando las unas de las otras mediante otras características no menos esenciales. Las negativas, a las cuales ha venido a contraerse el nombre, en un principio un poco general, de *electrón*, son separables de los átomos de los cuerpos con mayor o menor facilidad según el carácter químico de los mismos; pero tanto cuando se hallan aislados como si forman parte de aquéllos, poseen una masa que es pura consecuencia del campo electro-magnético que les envuelve, y cuyo valor es poco superior a media milésima del átomo de H, el más pequeño de todos los que la Química conoce. En cambio la electricidad positiva va en todos los casos ligada a los átomos de la materia ordinaria.

Este diferente comportamiento de las dos clases de electricidad ha venido, después de siglo y medio, a resolver el viejo pleito entre los dos flúidos hipotéticos de Symmer y el único de Watson y Franklin. Según la manera de ver del primero la materia era un receptáculo pasivo de los flúidos vítreo y resinoso, mientras desempeñaba un papel activo en la concepción de los segundos, pues se le atribuía una apetencia determinada para el *éter*

eléctrico de Watson, cuya plena satisfacción se suponía corresponder al estado neutro. En cambio las dos electrificaciones serían consecuencia de un defecto o un exceso de dicho *éter* sobre la cantidad que determina el indicado estado. Es casi innecesario decir que los resultados experimentales antes apuntados daban la plena razón a estas últimas ideas, identificando el *éter eléctrico* de Watson con el flúido cuyos átomos son los electrones: ese flúido cuyos cambios de presión en el seno de las válvulas termiónicas determinan las ondas hertzianas utilizadas en la telegrafía y la telefonía actual, a la manera como los cambios de presión en los tubos de órgano provocan las ondas sonoras.

El descubrimiento de los electrones en el seno de los átomos fué el primer paso serio en el sentido de investigar una organización de estos últimos, capaz de interpretar la correlación de las propiedades de los cuerpos simples descubierta por Mendeleeff y formulado en su clásica ley periódica. Pues es evidente que todo intento en tal sentido habría sido vano antes de disponer de un elemento común a todos ellos, y aun más, habría merecido la repulsa del mundo científico, pues el continuado fracaso de los alquimistas hizo brotar en el espíritu de los químicos, como postulado de esta ciencia, la creencia en la heterogeneidad de las substancias de que se suponían formados los diferentes átomos.

La situación cambió de aspecto una vez probado que aquellas partículas de electricidad negativa existen de modo permanente y en mayor o menor número para cada

átomo. Dejando a un lado la posible existencia de una materia específica, era innegable que en su seno se acogían los electrones, a los cuales es lógico atribuir el carácter de órganos de relación de aquella materia con el éter, o si se quiere con la radiación luminosa. Así, pues, el camino a seguir para averiguar los detalles de la organización electrónica en el átomo, tanto por lo que se refiere a su distribución geométrica, como a las características dinámicas del sistema, debía ser el estudio de los espectros provocados por diversos modos de excitación, o los fenómenos que en los cuerpos determinan ondas externas de frecuencia conveniente; ni más ni menos que se pueden averiguar muchos detalles de construcción de los instrumentos musicales, ocultos a la investigación directa, estudiando los sonidos que emiten bajo la influencia de acciones definidas.

Ya en este camino, muy pronto hubo de reconocerse que la ciencia clásica era impotente para resolver el problema trascendental a que vengo refiriéndome, y ha sido el mérito de Bohr dar el primer paso en una nueva senda, adoptando como postulado fundamental la discontinuidad de la acción dinámica, cuya unidad natural es el *quantum* de Planck, lo mismo para determinar los elementos de las órbitas estacionarias de los electrones que para regir los procesos de emisión y absorción de energía que acompañan a los cambios de organización del sistema. Rompiendo por este modo con todo lo que es clásico para la ciencia elaborada hasta nuestros días, Bohr, Sommerfeld, Kossel y Landé, por no citar sino las

figuras más salientes en este orden de conocimientos, han construido un modelo de lo que podría llamarse región electrónica del átomo, que en sus líneas esenciales puede describirse así: El lugar que cada elemento químico ocupa en la serie construida por Mendeleeff, lo que hoy se llama su *número atómico*, es igual al de electrones que integran la mencionada región. Este conjunto se halla distribuido en estratos o pisos, cada uno de los cuales se satura con un número determinado de ellos, de suerte que los pisos en cuestión van apareciendo sucesivamente cuando ascendemos en la serie. Los períodos de la clasificación de Mendeleeff corresponden precisamente a la ocupación y organización de un nuevo piso en el átomo. Así, en el H y el He existe uno solo, con uno y dos electrones, respectivamente; del Li al Ne los átomos tienen dos pisos, y en el segundo el número de electrones crece desde uno hasta ocho; entre el Na y el A existen tres pisos; del K al Kr, cuatro, y así sucesivamente.

Pero, además, los procesos de emisión y absorción de energía por parte de los pisos profundos del átomo, que corresponden siempre a los espectros de rayos X, revelan que cualquiera de ellos una vez formado conserva indefinidamente los rasgos característicos de su constitución, de suerte que las propiedades que de él dependen se modifican de un modo progresivo sin mostrar los cambios periódicos que manifiestan la mayoría de las propiedades físico-químicas y que sirvieron precisamente de base para la clasificación a que vengo aludiendo. Esta circunstancia revela, con evidencia innegable, que

los fenómenos en que los elementos intervienen más frecuentemente, de los cuales procede el conocimiento que de ellos tenemos y que dan margen a toda esa ciencia mágica que se llama Química, sólo afectan al piso atómico en vías de formación. Pudiera decirse que de los átomos, como de los astros, sólo se nos ofrece fácilmente accesible la superficie.

Esta circunstancia explica cómo bastan los electrones para interpretar muchas propiedades de los elementos químicos, a pesar de ser notorio que en sus átomos existe algo más que dichos electrones. De una parte, la carga negativa de éstos necesita una cantidad equivalente de electricidad positiva, pues la materia se presenta las más de las veces en estado neutro. De otra parte, el peso atómico, base de la ordenación de los elementos hasta que muy recientemente se cayó en la cuenta del sentido físico del número atómico, es imposible de interpretar mediante los electrones. Cierto que ellos tienen una masa propia mera consecuencia de su carga, pero su pequeñez es tal que no ofrecen base para reconstituir el valor de dichos pesos. Basta recordar que en el hidrógeno existe un solo electrón cuya masa apenas si excede de 5 diezmilésimas de la total del átomo, y aun esta relación va reduciéndose a medida que ascendemos en la serie de los elementos, para ser en el Ur de unas 21 millonésimas.

Estos dos elementos esenciales del átomo, carga po-

sitiva y masa material, han permanecido sumidos en el misterio hasta que Rutheford logró descubrir su paradero lanzando contra él los minúsculos pero formidables proyectiles constituidos por los rayos α de las sustancias radiactivas. Ellos, gracias a su pequeñez y enorme energía, pueden vencer la resistencia que el átomo ofrece a toda violación de su organismo, y han encontrado aquellos elementos misteriosos reclusos en un volumen pequeñísimo, en el corazón mismo del átomo, formando su núcleo central.

Tal pequeñez sugirió inmediatamente al propio Rutheford el modo de interpretar la masa atómica; basta suponer que una carga positiva equivalente a la del electrón tiene un diámetro 1.830 veces inferior al de éste para que su masa sea igual a la del átomo de H. En tal hipótesis, dicho átomo debe hallarse integrado por esa carga de volumen pequeñísimo, que comienza a llamarse *protón*, a cuyo alrededor gravita un electrón, de modo comparable a como la Luna lo hace alrededor de nuestro planeta. Sin embargo, es necesario salvar en esta imagen la proporcionalidad de las dimensiones, pues supuesto el protón del tamaño de la Tierra el electrón satélite habría de alejarse más de diez veces la distancia del Sol a Neptuno.

Y aún logró Rutheford con este método de bombardeo del átomo averiguar mucho más acerca de la constitución de su núcleo; pues ha podido deshacer los del boro, nitrógeno, fluor, sodio, aluminio y fósforo extrayendo de ellos protones, mientras en el carbono y el

oxígeno, cuyo peso atómico es un múltiplo exacto del He, no existe ningún indicio de aquéllos. Habida cuenta de que las partículas α . emitidas espontáneamente por el núcleo de los átomos radiactivos, son núcleos de He, parece imponerse la vieja hipótesis de Prout modificada en el sentido de ser el núcleo, y no el átomo íntegro quien ha de considerarse formado por núcleos de H, bien directamente, bien por el intermedio de los del He, que a su vez se suponen constituídos por cuatro protones y dos electrones. De aquí el nombre de protón con que se designa el referido núcleo de H.

Contra la hipótesis de Prout se esgrimió en su día el hecho cierto de que los pesos atómicos no sean múltiplos del correspondiente al H. Pero hoy sabemos que los cuerpos llamados simples por los químicos no ostentan con derecho este nombre en muchos casos, y desde luego en todos los que, siendo de peso no muy elevado, su expresión numérica es fraccionaria. Tales cuerpos, simples para el químico, son en realidad mezclas de diferentes elementos que se han denominado *isotópicos* en atención a que la mayoría de sus propiedades asequibles a la experimentación y en particular aquellas en que se fundan los métodos químicos de purificación y separación son idénticas para todos, pues, como decía anteriormente, tienen su origen en la región electrónica del átomo y principalmente en su piso más externo.

El escasísimo número de fenómenos en que desempeña un papel apreciable el núcleo hace que el conocimiento de su contextura escape aún a la Ciencia, si se prescinde

de algunas ideas muy generales obtenidas por métodos tan indirectos que tienen más bien el carácter de intuiciones. Casi nos vemos reducidos a la radiactividad como única fuente de información, y la absoluta imposibilidad de intervenir con acciones exteriores en los procesos que en el núcleo de este tipo de cuerpos se producen, a consecuencia de los cuales se rompe su equilibrio y se transmutan unos en otros, nos coloca frente a esta región del átomo, en una situación equivalente a la del astrónomo respecto de los fenómenos que ocurren en los sistemas estelares. Aún tropezamos aquí con el grave inconveniente de que los detalles del núcleo están muy alejados de nuestros medios de observación directa; siquiera en parte se halle compensado por ser la unidad de tiempo proporcionada a este mundo subatómico infinitamente menor que la correspondiente a los fenómenos siderales, de donde deriva la mayor frecuencia con que para nosotros se repite un mismo suceso de aquél. Tal circunstancia permite la aplicación correcta de los métodos estadísticos a los fenómenos radiactivos, mientras en la astronomía estelar apenas si se ha intentado su utilización.

No me es posible dar más detalles sobre este interesante asunto sin fatigaros demasiado, pero no quiero terminar sin llamar vuestra atención sobre una circunstancia singular: El modelo del átomo que acabo de bosquejar se ha elaborado utilizando como elementos construc-

tivos el electrón y el protón, y la ciencia que sirve para estructurarlo, en la parte que hoy es dable hacerlo, admite como postulado esencial la existencia del *quantum* de acción. De este modelo, ya lo he dado ha entender pero conviene hacerlo resaltar, derivan explicaciones para multitud de fenómenos no interpretados antes, con precisión tan grande que parece imposible una futura alteración esencial del mismo, y sin embargo, *aquellos elementos constructivos y aquel postulado esencial escapan plenamente a nuestra comprensión.*

Respecto al *quantum* basta repetir que significa la atribución de una divisibilidad limitada para la acción dinámica, magnitud que ha venido a nuestro conocimiento, no por intuición directa, sino creada por una Ciencia en la cual la continuidad es postulado necesario de sus razonamientos. En cuanto al electrón y al protón han quedado reducidos a dos cargas eléctricas finitas, negativa la una y positiva la otra, pero equivalentes en valor absoluto, que existen como una unidad a pesar de carecer de soporte material y vulnerar la ley elemental de las repulsiones eléctricas que exige su completa disipación.

Fué Poincaré quien primero buscó el medio de superar esta dificultad de la teoría de Maxwell-Lorentz, imaginando una presión de naturaleza desconocida que equilibra aquella repulsión y que sólo actúa en el seno de las cargas en cuestión; pero es evidente que a una hipótesis *ad hoc* de esta clase no ha de otorgarsele otro valor que el de una expresión más concreta y precisa de la dificultad misma. Otro es el juicio que merecen los diferentes

intentos que en estos últimos años se han hecho con el mismo fin.

Mie pretendió resolver la dificultad sin abandonar la teoría exclusivamente electro-magnética de la materia, modificando las ecuaciones generales del campo de modo que se establezca una diferencia esencial entre el dominio interior del electrón y del protón y todo el espacio que les envuelve; diferencia contra la cual nada puede objetarse en principio puesto que la definición misma del campo eléctrico, magnitud fundamental de la teoría, no es ya aplicable en aquellos dominios. Sus razonamientos le llevaron a reducir todo el problema a investigar una llamada función del Universo que es invariante respecto del grupo de transformación de Lorentz en la relatividad restringida. Prescindiendo de que la función referida no está hoy unívocamente determinada, y de que necesita ser tal que interprete la asimetría existente entre el electrón y el protón, es el caso que, según Pauli señala, los potenciales eléctricos escalar y vector que la teoría clásica introduce como magnitudes auxiliares del cálculo, con una constante aditiva indeterminada, aquí aparecen totalmente definidos, con lo cual resulta que, colocadas aquellas unidades naturales de carga en una cavidad de un conductor metálico, las alteraciones en el potencial eléctrico de éste se traducirían por cambios en la estructura íntima de aquéllas, consecuencia que parece en flagrante contradicción con el teorema de las pantallas eléctricas, bien establecido en el orden experimental.

Otro intento ha sido hecho por Einstein buscando las acciones que impiden la disipación de las cargas en fuerzas de origen gravitatorio: podríamos decir, en atención a las ideas directrices de la teoría de relatividad, dentro de la cual razona Einstein, que dichas cargas producen en el espacio una curvatura que las obliga a agruparse en porciones iguales a las repetidas unidades. Este pensamiento fundamental es claro, pero las dificultades surgen cuando se quiere concretar buscando las funciones que definen el electrón y el protón. El problema permanece sin resolver también en este caso.

Y otro tanto puede decirse respecto de la aplicación que Weyl ha querido hacer de sus ideas relativistas, más generales aún que las de Einstein, al mismo problema. Dentro de este modo de ver, las fuerzas que impiden la dispersión son parcialmente de naturaleza gravitatoria y, en otra parte, electro-magnética, puesto que lo característico de la nueva doctrina es ver en estas dos clases de fenómenos dos aspectos de la métrica del Universo; pero, como advertí, tampoco se ha llegado a una solución. Quizá se esté más lejos de ella que en los dos casos anteriores.

Con esto resulta bien claramente confirmado que electrón, protón y *quantum*, las últimas realidades en que la naturaleza se descompone, permanecen sumidas en el misterio, no obstante la innegable existencia de estas entidades.

HE DICHO.