

LA DISCONTINUIDAD

UNIVERSIDAD DE MURCIA

DISCURSO

LEÍDO EN LA SOLEMNE INAUGURACIÓN

DEL

CURSO ACADÉMICO DE 1918 Á 1919

POR EL DOCTOR

DON ANTONIO IPIÉNS LACASA

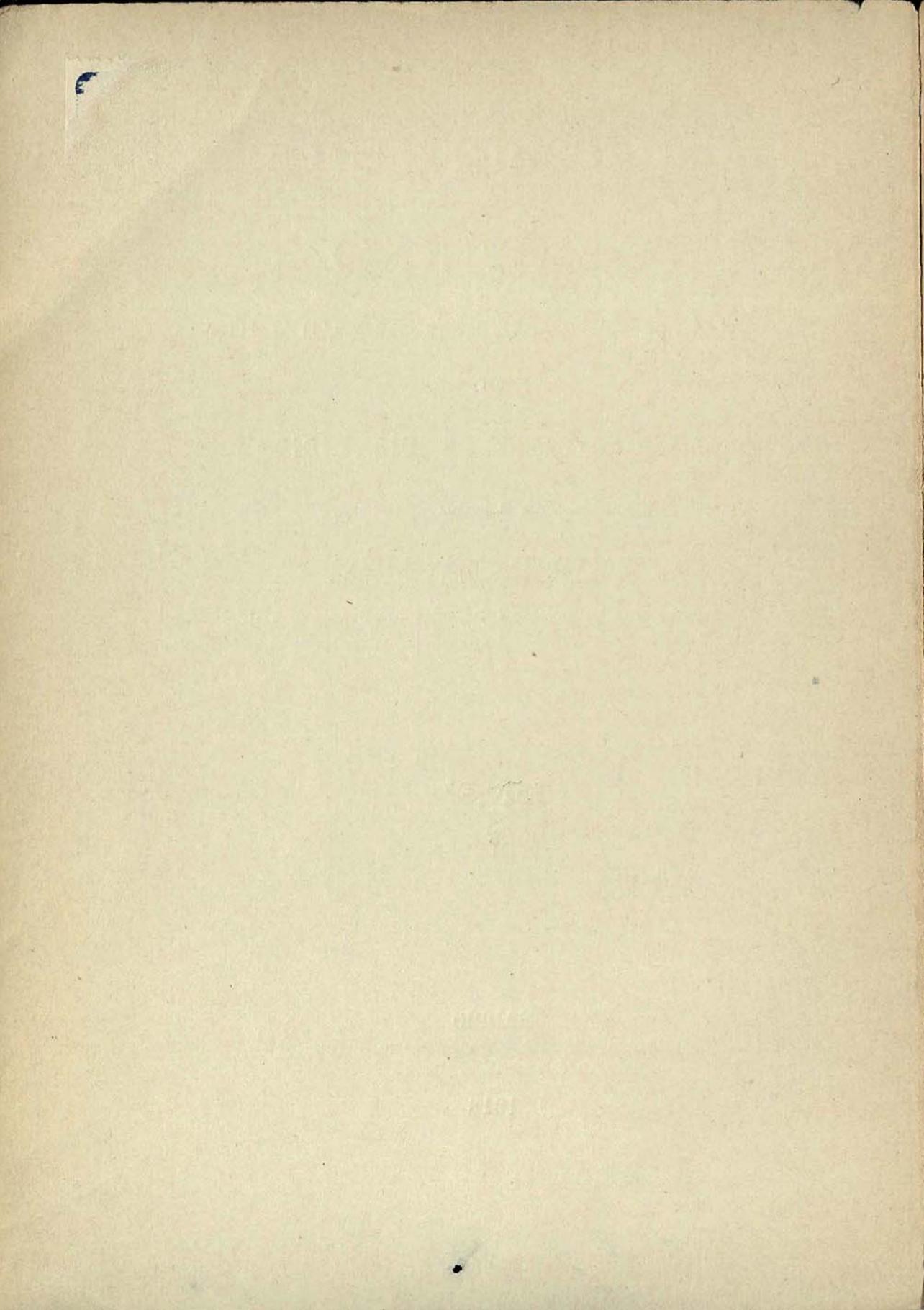
VICE-RECTOR DE LA UNIVERSIDAD Y CATEDRÁTICO DE QUÍMICA GENERAL.



MADRID

LIBRERÍA GENERAL DE VICTORIANO SUÁREZ
Calle de Preciados, núm. 48.

1918



Juan Loustau
Murcia
PX

UNIVERSIDAD DE MURCIA

DISCURSO

LEÍDO EN LA SOLEMNE INAUGURACIÓN

DEL

CURSO ACADÉMICO DE 1918 Á 1919

POR EL DOCTOR

DON ANTONIO IPIÉNS LACASA

VICE-RECTOR DE LA UNIVERSIDAD Y CATEDRÁTICO DE QUÍMICA GENERAL.

J. JOSÉ
LOUSTAU



L00743

Univ. Murcia



1749485

411760

MADRID

LIBRERÍA GENERAL DE VICTORIANO SUÁREZ
Calle de Preciados, núm. 48.

1918

LA DISCONTINUIDAD

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA CONSTITUCIÓN DEL UNIVERSO

ILUSTRÍSIMO SEÑOR:

SEÑORES:

Sólo el cumplimiento de un deber impuesto por inexorable mandato de la ley puede justificar mi actuación en la solemne apertura del curso académico de 1918 á 1919. Sin el precepto legal que ordena el riguroso turno de rotación entre los catedráticos de las diversas Facultades, osado fuera ocupar esta honrosa tribuna, porque ello significaría la usurpación del puesto á mis sabios compañeros, quienes de modo elocuente hubieran desde ella vertido raudales de ciencia, como en años anteriores hicieron los ilustres oradores que me han precedido.

Ausente de nuestra Universidad el muy ilustre Decano de la Facultad de Ciencias Dr. Fernández-Nonidez, á quien por derecho propio correspondía la disertación, forzosamente hube de aceptar la difícil tarea de dirigirme á vosotros, cumpliendo así el mandato con que el ilustrísimo señor Rector y distinguidos compañeros me honraron. Y cuando entonces vi definitivamente desvanecida la esperanza de escuchar la autorizada palabra del Dr. Nonidez, y sentí la opresión de la pesada carga que sobre mí gravitaba, de entre las zozobras y temores que en los primeros instantes embargaron mi ánimo, surgió luego la tranquilidad y reflexión; porque si sensible era que la Universidad de Murcia se encontrase privada en el acto de

la inauguración del curso de la ilustre figura que ostentando la representación de la Ciencia había de contribuir desde esta tribuna al mayor esplendor de la fiesta, muy halagüeño es, en cambio, saber que allende los mares, en la Universidad de Columbia, y junto á afamados profesores, recoge entretanto el Dr. Nonidez los valiosos frutos de su talento y amor al trabajo, y á la par que con su ciencia honra á nuestro joven Centro de cultura murciano, mantiene elevado el pabellón de la intelectualidad española.

Perdonad que al sustituirle sea este humilde Catedrático quien rompa la gloriosa tradición de solemnidad que siempre fué norma de este acto, el más genuinamente universitario, y permitidme que asido á vuestra inagotable indulgencia os la pida para juzgar mis mal hilvanadas reflexiones; únicamente la confianza de que me la otorguéis puede calmar mi inquietud.

* * *

Pródigo en acontecimientos fué el curso académico que ayer expiró. Creada la Universidad de Murcia en el año 1915, se encuentra hoy organizada merced al celo y actividad desplegados por los ilustrísimos Comisarios Regios que al frente de ella estuvieron: D. Andrés Baquero, don Vicente Llovera y, finalmente, D. José Loustau, garantizaban con sus nombres el éxito en las delicadas gestiones que desde el Ministerio de Instrucción Pública les encomendaron.

Hace ya muchos años que el nombre ilustre de D. Andrés Baquero sonaba gratamente entre los míos, por haber sido colaborador de mi entrañable padrino, el que fué Cate-

drático de Latín de este Instituto, D. Antonio Escartín y La casa. Más tarde, cuando me posesioné del cargo de Catedrático y conocí las dificultades con que tropezaría el Sr. Baquero para desarrollar el vasto plan universitario, y el éxito que coronó su trabajo, cuando continuamente escucho las sinceras manifestaciones de cariño con que le recuerda el agradecido pueblo murciano, un profundo sentimiento de respeto se apodera de mí hacia la personalidad insigne, gloria de Murcia.

Don Vicente Llovera, animado de un entusiasmo extraordinario en cuanto á trabajo se refiere, fué su digno sucesor en la Comisaría Regia de la Universidad: su paso por ella significa la consolidación de nuestro primer Centro docente; justo es que cuantos conocemos la intensa labor científica y administrativa realizada por el Dr. Llovera, le rindamos tributo de admiración y hagamos fervientes votos para que en breve nos quepa el honor de recibirle con carácter definitivo en el seno del Claustro que tan dignamente presidió.

En el curso pasado se desglosaron de la Comisaría Regia y Secretaría general las funciones particulares de cada Facultad, y se organizaron éstas con independencia merced á la iniciativa y activo trabajo de sus muy ilustres Decanos Dres. Fernández Nonidez, Font y Carande, y á la competencia de los correspondientes Secretarios de Facultad. Se expidió á favor de D. Ramón Carande el citado nombramiento de Decano de la Facultad de Derecho, y á D. Laureano Sánchez Gallego se le otorgó el título de Secretario de la misma Facultad; con este motivo, séame permitido dirigir calurosa felicitación á tan distinguidos y

eminentes compañeros. De tal modo se modificó la constitución de la Junta de Hacienda, que sin dejar de ajustarse á los preceptos contenidos en el Reglamento de creación de la Universidad, se asimiló en cuanto fué posible á las Juntas Económicas de Centros análogos; esto es, se dió entrada en ella á los Decanos y Secretarios de Facultad, presididos por el ilustrísimo señor Rector. En el Claustro de Catedráticos ingresaron, tras brillantes oposiciones, D. José Xirau Palau, D. Fernando Ramón Ferrando, D. José Pou de Foxá, D. José Castán Tobeñas y D. Salvador Salom Antequera, quienes, con su talento y amor á la enseñanza, timbres de gloria conquistarán desde la Cátedra para sí y para la Universidad de Murcia. Y en la vacante que al tomar asiento en los escaños del Congreso dejó nuestro eximio diputado D. Emilio Díez de Revenga, sustituyóle la prestigiosa figura de D. Diego Hernández Montesinos.

En virtud de estos nombramientos, cuando ya los Catedráticos numerarios integraron mayoría en el Claustro, la Universidad, constituida legalmente en mayor de edad, alcanzó la plenitud de sus derechos; el Excmo. Sr. Ministro de Instrucción Pública, entendiéndolo así, é interpretando legalmente el ya citado Reglamento de creación de nuestro primer Centro docente, sometió á la sanción de S. M. el Real decreto de 7 de Junio pasado, por el que se conmuta el nombre de Comisario Regio en el de Rector, que de derecho correspondía. Para tan elevado cargo cúpole el acierto de designar al Catedrático de la Facultad de Ciencias, ilustrísimo Sr. D. José Loustau y Gómez de Membrillera. Si con brillantez supiese describir los excepcionales méritos que para el ejercicio de aquel título concurren en el Dr. Loustau,

quizás no me atreviera á detallarlos ante el temor de herir su excesiva modestia; mucho menos, pues, los debe exponer quien sólo sabe hacerlo en forma desaliñada y tosca. De trato afable y delicado, carácter complaciente á la par que justo, late en su alma el genio emprendedor de aquellos coterráneos suyos que se llamaron Cortés y Pizarro; y aun si ello no fuera suficiente, su extraordinaria cultura, la admiración de que es objeto y el sentimiento de franca simpatía con que su nombramiento fué acogido por los compañeros del Claustro y por cuantas personas le conocemos, permítannos augurarle un éxito personal indiscutible y nos hacen confiar en un porvenir risueño para la vida de nuestra Universidad. Poco tiempo después el nombramiento de Vice-rector recayó en el que tiene el honor de dirigiros la palabra.

No concluiré los preliminares de este trabajo sin mencionar un hecho lamentable: durante el curso que terminó, y por haber cumplido la misión que interinamente se les había confiado, dejaron de pertenecer al Claustro los Catedráticos siguientes: D. Pedro Bernal, D. Emilio Díez de Revenga, D. Jesús Romero, D. Francisco Barrios, D. Luis Leante y D. Matías Domínguez. Tengan tan distinguidos amigos la seguridad de que al cesar en sus cargos jamás perderán ante nosotros el calificativo de compañeros, porque á quienes honraron la Universidad desde su Cátedra por derecho propio corresponde el honorable título de Catedrático. Murcia os deberá siempre gratitud, y no serán dignos de esta tierra los que á dichos sentimientos no se asocien.

*
* *

Empresa difícil fué siempre desarrollar un tema en acto tan solemne como el que anualmente congrega en esta fecha á autoridades ilustres, eminentes catedráticos, público ávido de ciencia y jóvenes estudiosos que van á ingresar en las aulas universitarias, ó acuden hoy á este lugar con el propósito de recoger el premio de su aplicación si por ellas ya desfilaron.

Mi primera dificultad fué la elección de tesis; entre la conveniencia de escoger un asunto de capital interés científico ó de hacer un estudio crítico sobre los actuales métodos de enseñanza en las Facultades de Ciencias, hube de dudar largo tiempo. Comprendo que los temas de la última índole tal vez son más á propósito para explanarlos en un discurso de apertura que los de carácter científico; pero son ya tantos los planes propuestos, tan numerosas las modificaciones que por Reales decretos y Reales órdenes se han ensayado para la organización de nuestras Facultades y tan grande el divorcio existente entre los compañeros de las distintas Universidades, que muy pronto me convencí de la arduo de la empresa y de los escollos que la erizaban (1). Por estas razones, decidíme á abordar una cuestión científica; tarea no menos difícil para el que se encuentra en los primeros años de profesorado universitario y acude á la Cátedra deseoso de aprender en lo que en ella

(1) Para mostrar el caos que domina en materia de Instrucción pública y marcar soluciones en el problema de la enseñanza, es muy recomendable la lectura del discurso pronunciado por mi respetable maestro el Dr Mascafeñas, en la inauguración del curso académico de la Universidad de Barcelona del año 1899.

enseña, y hoy agravada más y más ante el estallido espantoso de una guerra sin precedentes; porque divididas en dos grupos las más poderosas naciones, créanse con las bayonetas fronteras inexpugnables que se oponen tenazmente á la natural expansión de que siempre disfrutaron las investigaciones científicas; comprenderéis cuán difícil es en estas condiciones averiguar lo que en los cuatro últimos años descubrieron en el campo de las ciencias hombres meritísimos, cuyas energías están hoy de lleno consagradas al triunfo de sus ideales patrios.

Entre las innumerables cuestiones que la ciencia nos ofrece, ninguna fué más sugestiva para mí que la que modestamente pretendo desarrollar y presento con el título: *La discontinuidad, principio fundamental de la constitución del Universo.*

Problema de hondo sentido filosófico, evoca en mí el recuerdo de aquella elocuente alocución dirigida por el muy ilustre Decano de la Facultad de Filosofía y Letras á los Catedráticos de la de Ciencias, en la solemne inauguración del último curso universitario; decía el Dr. Font: «Séame permitido asegurar por mi parte que jamás la Facultad de Filosofía y Letras estará divorciada de la de Ciencias, en cuanto á cultura se refiera; es una exigencia esencial de las ciencias filosóficas tener fija la mirada en aquellas que se profesan en la Facultad de Ciencias, y delito de lesa Filosofía fuera olvidarlo.» Sentimiento recíproco que abriga también la Facultad de Ciencias para con la de Filosofía, nacido no sólo al calor de la gratitud que tan vibrante párrafo le inspira, sino, y ésta es la razón principal, por la convicción de que únicamente estrechando

los lazos de las dos Facultades habrá de conseguirse la finalidad común para que fueron creadas; esto es, la formación y enseñanza de la ciencia pura.

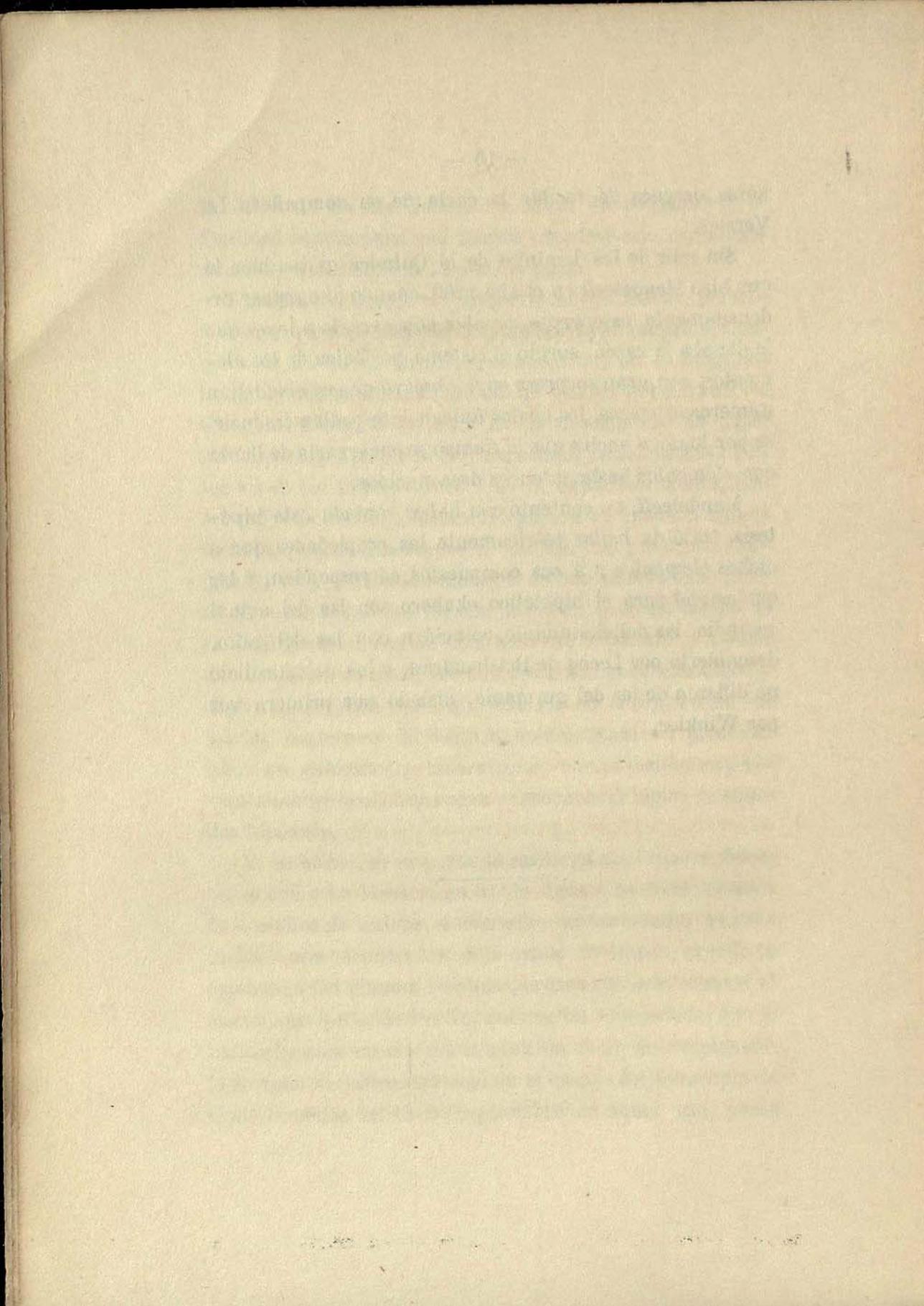
Y en prueba de que tal consorcio ha de existir, permítome recordar el discurso con que Solvay inauguró el Congreso de Física de Bruselas, el año 1911; en él aseguraba que, dada la situación actual en que se encuentran las Ciencias Físicas, la Filosofía ha de desempeñar un papel tan importante para resolver los complejos problemas planteados en los últimos años, que la experimentación, con ser muy necesaria, quedará relegada á un instrumento de trabajo, pospuesto siempre al cálculo y al raciocinio. Según Solvay, al filósofo conocedor de una ciencia es á quien el porvenir le reserva los más elevados puestos, porque él es el llamado á sentar con facilidad hipótesis generales que se hallen en armonía con los fenómenos conocidos y explicados, y con otros que todavía no encajaron en las teorías modernas. El técnico desempeñará su principal labor en gabinetes y laboratorios, comprobando experimentalmente hechos que sean consecuencia lógica de aquellas hipótesis.

Y, en efecto, gran parte de razón lleva el ilustre físico; así es como Le Verrier, en 31 de Agosto de 1846, después de dos años de trabajo, durante los cuales estudió las perturbaciones encontradas en la órbita de Urano, predijo la existencia del planeta Neptuno, ordenando acto seguido al astrónomo Galle, de Berlín, que con las coordenadas que le indicó buscase en el cielo la posición de un nuevo planeta; la imagen del astro apareció en el campo del telescopio de Galle la noche del 18 de Septiembre de aquel año, pocas

horas después de recibir la carta de su compañero Le Verrier.

Sin salir de los dominios de la Química es también lo que hizo Mendeleeff en el año 1869, cuando al agrupar ordenadamente los cuerpos simples con arreglo á leyes que le dictaba la razón, surgió el sistema periódico de los elementos; con gran sorpresa suya observó que en él existían numerosos huecos, los cuales únicamente podían traducirse por lugares vacíos que el tiempo se encargaría de llenar con elementos hasta entonces desconocidos.

Mendeleeff, no contento con haber sentado esta hipótesis, trató de hallar teóricamente las propiedades que á dichos elementos y á sus compuestos corresponden, y las que asignó para el hipotético ekaboro son las del actual escandio, las del ekaluminio coinciden con las del galio, descubierto por Lecoq de Boisbaudran, y las del ekasilicio no difieren de las del germanio, aislado por primera vez por Winkler.



LA DISCONTINUIDAD

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA CONSTITUCIÓN DEL UNIVERSO

I

PRIMERAS HIPÓTESIS ATOMÍSTICAS

De nuestra actual teoría acerca de la unidad de la materia encontramos reminiscencias en la civilización griega, bien sea en las ideas de Thales, que consideraba al Universo derivado de una materia única, el agua; bien en las de Anaxímenes, para quien la substancia fundamental era el aire; ó en las de Eráclito, que todo lo suponía derivado del fuego; ya en la hipótesis de la materia continua de Anaxágoras, ó en su opuesta, la que esbozó el filósofo Leucipo (430 años antes de Jesucristo) y admitió su discípulo Demócrito, en cuya hipótesis se preconiza la discontinuidad de la materia como carácter esencial. Á pesar del fondo de verdad que dicha hipótesis encierra en la idea de materia constituida por partes indivisibles llamadas átomos, de formas distintas para cada substancia y dotadas de movimiento continuo, quedó abandonada durante más de veintidós siglos; lo cual dice una vez más que las hipó-

tesis, para dar fruto, necesitan encontrar el terreno fertilizado con abundantes hechos científicos de los cuales puedan nutrirse, porque en otro caso no adquirirán el vigor necesario para soportar el olvido en que las sumen los hombres cada vez que un nuevo hecho experimental aparece en contradicción con la hipótesis.

Por eso en veintitrés siglos no arraigaron los conceptos emitidos por Leucipo; fué necesario que llegara el siglo XIX, época venturosa para la Química, porque encauzada ya entonces por Lavoissier, Cavendish, Scheele y otros químicos no menos notables del siglo XVIII, quedó desprovista de las aberraciones á que dieron origen la ambición de la mayoría de sus cultivadores, los cuales no vieron en la Química otro fin que el de enriquecerse, procurando resolver el problema de la Alquimia ó buscando recetas fantásticas, como las que aún se conservan del famoso médico van Helmont.

La hipótesis de Leucipo no tenía, por otra parte, utilidad teórica ni práctica durante todos aquellos siglos; tal vez por eso no preocupó á los que se dedicaban á estudios de Química. Ocurrió con ella lo que con el descubrimiento de Cavendish en 1781: á la combinación del nitrógeno y oxígeno por influencia de la chispa eléctrica, apenas si en un principio se le concedió más importancia que la que se otorga á un reactivo vulgar; fué preciso que la electrotecnia hiciera en el siglo XIX progresos maravillosos; que en 1840 descubriera Liebig el poder fertilizante de los nitratos, y que los estudios realizados en 1900 por una comisión de ingenieros demostrasen para fecha no muy remota el agotamiento de los grandes depósitos de nitro existentes

en Chile y Perú. Sólo entonces, ante el pavoroso problema que se vislumbraba para la agricultura, se concedió á la experiencia de Cavendish su verdadero valor; desde esa hora, aquel experimento, al parecer insignificante, constituye la base de las formidables industrias del ácido nítrico sintético y de los nitratos, cuya fabricación industrial agradecemos al genio y constancia de Birkeland, Eyde, Schönbein, Schönherr, etc. La reacción, que durante más de un siglo no atravesó los umbrales de los laboratorios, estaba destinada á resolver uno de los más grandes problemas que en esta cruenta guerra se han presentado á Alemania, y ha puesto en su poder no tan sólo el medio de continuar preparando los potentes explosivos que necesita y que de otro modo difícilmente hubiera podido disponer, sino también gran número de materias colorantes y otra infinidad de productos.

Así también cuando Proust, Dalton, Wollaston, Richter y otros enunciaron las leyes fundamentales de las combinaciones químicas, la hipótesis atómica de Leucipo, acomodada naturalmente al estado en que se encontraba la ciencia al principio de la pasada centuria, en que estos descubrimientos se realizaron, constituyó una necesidad; tal vez pudiera decirse más propiamente una exigencia, porque alrededor de aquélla giraban lo mismo los principios experimentales de la Química que las más diversas teorías acerca de la constitución de la materia.

Díganlo si-nó en prueba de ello las hipótesis de Bernoulli sobre la constitución de los gases, los bellos trabajos presentados por Waterston en el año 1845 á la Real Academia de Londres, y los que independientemente hicie-

ron en 1857 Krönig y Clausius; trabajos cuyo fundamento es la discontinuidad de la materia y que en conjunto forman un cuerpo de doctrina conocido con el nombre de «Teoría cinética de los gases».

II

LA TEORÍA CINÉTICA

Pocas hipótesis lograron con la rapidez que ésta tan señalados éxitos; ella es la interpretación más plausible de las leyes de Boyle–Mariotte, de Gay–Lussac y del principio de Avogadro–Ampère, y ninguna consiguió unificar mejor fenómenos que en sí parecían diferentes. En efecto, los de difusión, frotamiento interior y conductibilidad calorífica son consecuencias del movimiento molecular; porque nada más natural que al caminar libremente las partículas cambien rápida y frecuentemente de dirección, á causa de los choques que forzosamente han de sufrir sobre las paredes del recinto y sobre otras moléculas. Por consiguiente, éstas recorrerán un camino en zig-zag cuyos segmentos rectilíneos poseen longitudes que oscilan entre todos los valores imaginables, aunque, según el cálculo de probabilidades, las posiciones más frecuentes corresponden á aquellas en que la velocidad de las moléculas y la longitud de dichos segmentos adoptan un valor medio. Y no debe sorprendernos, en virtud de la extraordinaria pequeñez de las moléculas, que las del aire, cuya velocidad de difusión es de 470 metros por segundo, choquen en este tiempo alrededor

de cinco mil millones de veces, y sólo puedan recorrer libremente, esto es, sin chocar, $\frac{1}{10.000}$ de milímetro; movimientos rapidísimos que explican el fenómeno de la difusión en los gases, dan cuenta del frotamiento interior, como resultado de igualarse las velocidades de las capas gaseosas próximas, y muestran á la conductibilidad, efecto del intercambio de energía cinética que se efectúa en los choques moleculares.

La discontinuidad de la materia, traducida en la admisión de átomos, se tambaleó á consecuencia de los experimentos efectuados por Berzelius á fin de comprobar las leyes volumétricas de las combinaciones ó de Gay-Lussac. Por un momento creyóse que la hipótesis de discontinuidad pudiera derrumbarse; mas de nuevo se afianza cuando Avogadro, jurisconsulto y físico notable, inició la idea de distinguir entre átomos y moléculas, y sentó aquel principio que lleva su nombre y constituye la esencia de la teoría cinética de los gases.

Las moléculas y átomos, que hasta la mitad del siglo XIX fueron conceptos vagos, medios de expresión para comprender fenómenos que en realidad no tenían explicación satisfactoria, dejaron entonces de ser una ficción y adquirieron, con el principio de Avogadro, el carácter de realidad que les faltaba; porque si bien es verdad que no los tocamos ni manejamos aisladamente, sentimos la misma impresión, puesto que los contamos. La sensación de realidad que todavía nos está vedado experimentar directamente con los instrumentos de observación, la adquirimos por múltiples métodos indirectos, en los cuales la experi-

mentación toma una buena parte, pero cuyo principal papel lo desempeña el cálculo matemático. No vaya á creerse por lo dicho que los procedimientos experimentales de trabajo son todavía mediocres; más bien debe buscarse la causa de su ineficacia en el orden de magnitud de las moléculas y átomos con respecto á las dimensiones á que la vida ordinaria nos tiene acostumbrados; aquellas magnitudes sobrepasan por su pequeñez á todo lo imaginable, y es muy difícil darse cuenta que tres millones de las moléculas constitutivas del aire, colocadas en línea recta, ocupan la longitud de un milímetro, ó que en un centímetro cúbico de nuestra atmósfera existen treinta trillones de tales partículas.

El principio de Avogadro, á la postre, no es más que la expresión del volumen ocupado por una molécula-gramo de cualquier gas en las condiciones normales de 0 grados y 760 milímetros; dicho volumen, constante siempre é igual á 22, 412 litros, planteó inmediatamente un problema de transcendencia, cual es el de averiguar el número de moléculas de gas contenidas en dicho volumen, ó lo que es lo mismo: determinar el número de Avogadro.

La consistencia de la teoría cinética molecular exigía que los resultados obtenidos para dicho número, utilizando procedimientos distintos, fueran iguales, ó cuando menos próximos, y en este punto, preciso es declarar que el éxito ha superado á cuanto podía esperarse; porque la discontinuidad de la materia está suficientemente probada por la consideración del movimiento browniano, la estructura heterogénea del medio atmosférico, la teoría cinética de los gases y ecuación de van der Wals, la estructura atómica

de la electricidad, la ionización de los gases, los fenómenos radiactivos y otros procedimientos que, no teniendo entre sí ninguna conexión en lo que á métodos de trabajo se refiere, conducen á valores relativamente próximos para el número de Avogadro.

III

EL MOVIMIENTO BROWNIANO

El estado de equilibrio de los flúidos, aunque aparentemente estático, es realmente dinámico; no podríamos percibirnos del movimiento del aire en las altas regiones de la atmósfera, si no fuera porque la forma y posición de las nubes lo delatan, sirviendo de puntos de referencia; del movimiento ondulatorio de la superficie de los mares no nos formaríamos cabal juicio á grandes distancias, si el balanceo de los vapores que lo surcan no lo denunciara; y por la misma razón, el movimiento molecular de un flúido se esfumaría á nuestra vista si estuviera exento de partículas en suspensión.

El movimiento de estos corpúsculos, ó movimiento browniano, lo observó por primera vez el botánico inglés Brown, en experiencias practicadas con granos de polen de la *Clarkia pulchella*; y aunque en un principio lo atribuyó á fenómenos vitales, pronto hubo de convencerse que la causa era distinta, por cuanto no es peculiar de las materias organizadas, sino general en substancias inorgánicas; también éstas, en estado de finísima división, adquirirían en el seno de los flúidos un movimiento vibratorio y otro

de traslación en zig-zag, que son los caracteres del movimiento browniano. Los estudios de Siedentopf y de Zsigmondy, realizados con disoluciones coloides, demuestran que de este movimiento participan igualmente las partículas ultramicroscópicas del coloide, las cuales aparecen en el campo del ultramicroscopio como puntos brillantes, semejando en conjunto á un cielo estrellado.

No puede atribuirse el movimiento browniano á circunstancias externas al fluido, por ejemplo, á las trepidaciones y evaporación del líquido; ni tampoco á la influencia de la luz, porque así lo demuestran las observaciones de Gouy; más bien es consecuencia del movimiento molecular del fluido en que tales corpúsculos flotan, y reconoce por causa primera la energía cinética de las moléculas. Al adquirir éstas un movimiento desordenado en todas direcciones y chocar contra los corpúsculos heterogéneos que coexisten en el fluido, obliganlos á moverse en cada momento con la dirección y velocidad que corresponderían á su masa si se sometiera á una fuerza cuya intensidad y dirección fuera la resultante de todas las fuerzas del choque; su valor, según el cálculo de probabilidades, rara vez es nulo, y disminuye la probabilidad de obtenerlo á medida que decrecen las dimensiones de los corpúsculos. Por consiguiente, el movimiento browniano es efecto del movimiento térmico de las moléculas, al que Einstein aplicó en 1905 la teoría cinética, demostrando así que entre la agitación de aquéllas y la de las partículas no existen más diferencias que las que pueden derivarse de su tamaño.

Razones suficientes son éstas para demostrar que los resultados numéricos obtenidos en el estudio del movimiento

browniano, y los que otros métodos suministran, deben coincidir; lo cual de hecho encontramos en los trabajos de Perrin acerca de la distribución de los corpúsculos que integran las emulsiones. La riqueza en granos está siempre en íntima dependencia con la altura de la capa líquida, y es mayor en las regiones inferiores si el coloide es más denso que el agua; sin embargo, las partículas no se depositan totalmente á causa de la mayor presión osmótica que ejercen las capas del fondo, cuyo efecto es expansionar el coloide hacia el resto del líquido; fenómeno análogo al que ocurre en la atmósfera, en que la gravedad no precipita el aire sobre la superficie terrestre, porque á ello se opone la fuerza expansiva del gas, la cual establece un equilibrio á costa de una desigual concentración en las diferentes alturas.

Aquellos trabajos sirvieron á Perrin para deducir el número de Avogadro, cuyo valor de $6,88 \times 10^{23}$ es idéntico al que el mismo físico obtuvo estudiando el movimiento de traslación de las partículas en suspensión. Con lo cual logró ponerse de acuerdo con los valores deducidos por Einstein y Smoluchowski al emplear métodos que probaban la dependencia existente entre el movimiento browniano y la temperatura.

Muy cercanos á estos números son los calculados por Perrin y Dabrowski, mediante consideraciones acerca del movimiento de rotación de las partículas en suspensión. Los físicos mencionados asignan el valor $6,5 \times 10^{23}$; y tampoco difiere gran cosa, en el orden relativo, el número $6,9 \times 10^{23}$ deducido por los físicos anteriores y el sueco Svedberg en sus estudios sobre la difusión. Así se demos-

traron una vez más las íntimas conexiones que existen entre la presión osmótica ejercida por las sustancias disueltas, la que desarrollan las partículas en suspensión y la presión gaseosa.

La heterogeneidad de las suspensiones y emulsiones no difiere de la que caracteriza á las disoluciones verdaderas más que en el tamaño de sus partículas; tamaño extraordinariamente mayor el de los granos suspendidos y gotitas emulsionadas que el de las moléculas disueltas. Las partículas en suspensión, las gotitas emulsionadas y los corpúsculos ó *micelas* de los cuerpos coloides son visibles por medio del ultramicroscopio, y á veces del microscopio; pero ello no es carácter suficiente para establecer diferencias esenciales entre aquéllos y las moléculas disueltas de las disoluciones verdaderas; la invisibilidad de éstas obedece exclusivamente á los imperfectos medios de experimentación de que disponemos, los cuales son incapaces de mostrar tan pequeños corpúsculos; mas no debe atribuirse á la diferencia de constitución de dichos sistemas.

La teoría cinética de los gases—aplicada á las disoluciones como consecuencia de los estudios hechos sobre la presión osmótica por de Vries, Pfeffer, Traube y van t'Hoff—pudo extenderse sin inconveniente alguno á los sistemas mencionados, y su generalización logró un verdadero éxito al encontrar para el número de Avogadro resultados relativamente concordantes con el valor 7×10^{23} deducido de la ecuación de van der Wals.

IV

EL COLOR AZUL DEL CIELO

A los mismos resultados de heterogeneidad material y de existencia de átomos y moléculas condujeron ciertos fenómenos luminosos. Bien conocido es el procedimiento para hacer visible el polvo que continuamente flota en el ambiente; un rayo de sol que penetra en una habitación oscura se manifiesta á causa de los fenómenos de difracción experimentados en las partículas de polvo que pululan en el aire, y la luminosidad esparcida entre los corpúsculos más tenues se debe á las radiaciones de menor longitud de onda, que son precisamente las que mejor se difractan y polarizan en los corpúsculos.

La visión de las partículas coloides en el ultramicroscopio, y el fenómeno de opalescencia crítica observado cuando se ilumina con luz blanca un vapor que se halle en la proximidad de su punto crítico, obedece á causas análogas; en el último caso el tono azulado traduce un régimen de heterogeneidad constituido, según Smoluchowski, por gotitas condensadas que flotan en el vapor.

Los cálculos verificados por Keesom para deducir el valor de la intensidad de la luz difractada se han generalizado á los gases, y permiten explicar como un fenómeno de difracción el color azul que en días despejados ofrece el cielo á nuestros ojos; difracción que no puede atribuirse á las partículas de polvo que flotan en la atmósfera, porque

la intensidad del color no decrece cuando las observaciones se hacen en las cumbres de las más altas montañas, regiones límpidas en las que dicha heterogeneidad sólo puede ser resultante de las moléculas de los gases que componen la atmósfera, y cuya pequeñez intensifica el color azul de la luz difractada, ya que la proporción de ésta varía en razón inversa de la cuarta potencia de la longitud de onda. Los cálculos de Keesom demuestran que, en virtud de la pequeñez de tales corpúsculos, la intensidad de la luz difractada debía de ser prácticamente nula; pero el extraordinario número de dichas moléculas compensa por adición aquella pequeñez, hasta lograr una intensidad muy marcada.

Apreciaciones en armonía con aquella hipótesis de Rayleigh, en la cual se supone al color azul del cielo efecto de un fenómeno de difusión lateral de la luz solar sobre las moléculas de aire; de los valores calculados por el físico inglés para la relación entre la intensidad de la luz solar incidente y la luz azul difractada, han deducido Bauer y Molin que el número de Avogadro oscila entre $4,5 \times 10^{23}$ y $7,5 \times 10^{23}$, cuyos números, á pesar de su error relativo, fundamentan la teoría de Rayleigh.

Y así resulta que todos los números indicados hasta aquí y obtenidos por procedimientos distintos son del mismo orden de magnitud, esto es, del orden de la potencia vigésimotercera; por consiguiente, el color azul con que vemos los espacios infinitos que envuelven á nuestro planeta, es una prueba más de la teoría cinética molecular y de discontinuidad de la materia.

V

ESTRUCTURA DISCONTINUA DE LA ELECTRICIDAD

Para consolidar las teorías atómicas era preciso el auxilio de las nuevas hipótesis enunciadas con objeto de explicar los fenómenos eléctricos. La primitiva teoría de las cargas eléctricas desarrollada por Coulomb, parangoneando los fenómenos eléctricos con los de gravitación universal, cedió su puesto á la teoría de Faraday, en la que el papel principal lo desempeña el medio en que tales acciones se verifican y transmiten; y los conceptos de línea y campo de fuerza invadieron desde entonces el terreno de la ciencia sobreponiéndose á la antigua idea de carga, la cual, y quizás por el fracaso que sufrieron las teorías de los flúidos calórico y lumínico, quedó relegada á segundo término. Los trabajos de Maxwell, demostrativos de que las acciones electromagnéticas no se transmiten instantáneamente, como suponía Coulomb, sino con la velocidad de la luz, y los estudios de Hertz que lo probaban experimentalmente, fueron la base de la teoría electromagnética, hoy universalmente aceptada y cuyo inmenso radio de acción permite abarcar y relacionar multitud de fenómenos antes considerados sin nexo alguno.

Esta teoría llegó á su apogeo merced á la hipótesis de Lorentz, esto es, á la admisión del éter, lo mismo en los espacios interestelares vacíos de toda materia ponderable como en el interior de los átomos, y á la suposición de que las propiedades electromagnéticas de los medios materiales

dependen de la presencia de partículas electrizadas separadas por el éter y móviles con relación á él. El átomo eléctrico ó electrón de Lorentz es el lazo de unión que existe entre la materia y el éter; gracias á él pueden sortearse los graves escollos de la teoría de Maxwell, entre los cuales son dignos de consideración la dificultad de explicar la diferente manera de propagación de las ondas hertzianas y luminosas en los medios materiales y en el vacío y la dispersión que en aquellos medios experimentan.

He aquí, pues, de qué manera, al intentar sustituir la teoría de las cargas eléctricas de Coulomb por aquella otra de Faraday, los mismos que desarrollaron la segunda hipótesis caen nuevamente en conceptos esencialmente análogos á los que querían reemplazar; es más: la ley de Faraday acerca de la electrolisis condujo á Helmholtz á admitir para la electricidad una estructura atómica, por cuanto dicha ley no tiene explicación plausible, suponiendo á la electricidad un carácter de continuidad que contrasta con las cargas que toman los iones; porque estas cargas están siempre en la relación de los números enteros, es decir, son iguales, dobles, triples, etc., según el valor de la valencia del ion; y así como la ley de las proporciones múltiples necesitó la ayuda de la teoría atómica ó de discontinuidad de la materia para dar idea de que las cantidades en peso de los diferentes elementos que se combinan á un peso dado de otro están entre sí como los primeros números enteros, así también la estructura discontinua de las cargas eléctricas es condición necesaria para explicar multitud de fenómenos.

VI

MASA Y CARGA DEL ELECTRÓN

Cada equivalente gramo de un ion necesita para separarse en el electrodo correspondiente 96.540 culombios; por consiguiente, un gramo-ion de cualquier substancia de valencia n requiere 96.540 n unidades; lo cual, admitiendo los átomos y moléculas implícitamente, supone la existencia en cada uno de los iones monovalentes de una carga eléctrica ó átomo de electricidad equivalente á $\frac{96.540}{N}$ culombios, ó, multiplicando por 3×10^9 , á $\frac{29 \times 10^{13}}{N}$ unidades electrostáticas C. G. S.; si en esta fórmula se toma para el número de Avogadro el valor $6,88 \times 10^{23}$ encontrado por Perrin, la carga de un electrón es $4,26 \times 10^{-10}$ unidades electrostáticas cegesimales.

Valores obtenidos también por Townsend midiendo la carga elemental que poseen los iones gaseosos producidos por las diversas radiaciones ionizantes. En efecto, todo ion que se encuentra en un gas es arrastrado por el torbellino molecular, pudiendo en su movimiento llegar á la proximidad de una partícula y ser atraído por influencia hacia el medio de poder dieléctrico más elevado, precipitándose sobre aquélla; su carga eléctrica se opondrá á la precipitación de un segundo ion del mismo signo, y, en cambio, facilitará la de los iones de carga contraria; el fenómeno, repitiéndose sobre las múltiples y numerosas heterogenei-

dades, establece un equilibrio si la radiación ionizante continúa obrando.

Tal hipótesis está confirmada con las experiencias de Broglie sobre aire cargado de humo de tabaco; medio heterogéneo es éste que, iluminado convenientemente y observado con potentes microscopios, aparece constituido por puntos brillantes dotados de movimiento browniano, y cuando se le somete á la influencia de un campo eléctrico se disgrega en tres haces, cuyas direcciones muestran el carácter positivo, negativo y neutro que respectivamente poseen cada uno de ellos.

Para deducir la constitución atómica ó discontinua de la electricidad y para determinar la carga y masa del átomo eléctrico, sirvió igualmente á Townsend y á Thomson la propiedad que poseen los iones gaseosos en un medio desprovisto de heterogeneidades, pero saturado con vapor acuoso, de condensar éste en gotitas cuyo núcleo es el ion.

Townsend operaba con gases desprendidos en la electrolisis, y Thomson con gases saturados de vapor acuoso y expansionados adiabáticamente. En el último caso, hallando el peso de la niebla formada y la velocidad de caída de las gotas, deducía, auxiliado por la ley de Stokes, el radio de éstas, y por consiguiente, su volumen y su peso; la relación entre el peso de la niebla y el de la gota representa el número de gotas, y el cociente, de dividir la carga eléctrica del gas por dicho número, será la carga eléctrica de cada gota; el valor de esta carga podía ser doble, triple, etc., y en los casos más sencillos oscila entre $6,8 \times 10^{-10}$ y $3,4 \times 10^{-10}$ unidades electrostáticas C. G. S. con los métodos de experimentación de Thomson, y entre 10^{-10} y

3×10^{-10} con los de Townsend; cuyas diferencias entre sí y con el valor $4,26 \times 10^{-10}$, antes asignado, probablemente proceden de suponer las gotas esféricas, cuando seguramente poseerán formas irregulares y variables, con frecuencia esponjosas. Y, en efecto, las experiencias de Millikan y Flechter sobre gotas macizas atribuyen á la carga del átomo eléctrico valores comprendidos entre 4×10^{-10} y 5×10^{-10} unidades electrostáticas C. G. S., de conformidad con otras medidas modernas que le asignan $4,68 \times 10^{-10}$ unidades del mismo orden ó, dividiendo por 3×10^{-10} , $1,56 \times 10^{-20}$ unidades electromagnéticas absolutas, esto es, $1,56 \times 10^{-19}$ culombios. De cuyo número puede deducirse el número de Avogadro y obtener para él $6,2 \times 10^{23}$, valor relativamente próximo al calculado por los otros procedimientos que ya hemos enumerado.

No se oponen estos resultados á la hipótesis de que los rayos catódicos producidos, bien sea en la incandescencia de los metales, bien en la iluminación con rayos ultravioletados ó en los fenómenos de descarga disruptiva, los constituyen partículas eléctricas cuya carga sea la de un ion monovalente, pues las experiencias de Townsend, realizadas con dichos rayos sobre gases húmedos, prueban el carácter negativo de los iones formados y el valor constante de sus cargas iónicas.

Por otra parte, las leyes electromagnéticas demuestran que la masa de las partículas catódicas es constante é igual próximamente á 8×10^{-28} grs. En efecto, en cualquiera de los casos en que hay producción de rayos catódicos, la relación $\frac{e}{m}$ de su carga á su masa equivale á $1,77 \times 10^7$

unidades electromagnéticas C. G. S.; mas como una partícula catódica lleva una carga igual á la de un ion hidrógeno, y en éste la relación $\frac{e}{m}$ es 9.654 unidades del mismo sistema, resulta que la partícula catódica es 1.840 veces menos inerte que el átomo de hidrógeno, cualquiera que sea la materia de donde proceden los rayos catódicos y el medio empleado para extraerlos. Ahora bien, el átomo de hidrógeno pesa $\frac{1,008}{N}$ gramos, y admitiendo para N el valor $6,8 \times 10^{23}$ encontrado por Perrin, dicho peso asciende á $1,48 \times 10^{-24}$ gramos; por consiguiente, la masa del electrón debe ser 8×10^{-28} gramos.

Resultado al que nos ha conducido la aplicación del número de Avogadro y la consideración de los fenómenos electrolíticos y electromagnéticos, y merecedor de tenerse en cuenta, no sólo porque convence de la discontinuidad universal que la ciencia ha sentado, sino también porque convierte en real lo que á los mismos físicos pudiera parecer una ilusión; la masa y carga eléctrica más pequeñas que pueden existir, esto es, la masa y carga del electrón, principio fundamental de todo lo existente, son ya conocidas.

VII

LA ESTRUCTURA HETEROGÉNEA DEL ÁTOMO COMO CONSECUEN-
CIA DE LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Las experiencias numéricas citadas comprueban que los electrones son componentes esenciales de los átomos, en cuya formación, según Thomson, entran en número constante, neutralizando exactamente la carga positiva y desconocida del núcleo atómico. Por esto, en los átomos, la emisión de uno ó más electrones origina el carácter positivo del resto atómico, y por el contrario, la acumulación de aquéllos da lugar á un átomo negativo; y en ambos casos las líneas de fuerza, lejos de quedar encerradas como en los átomos ordinarios, tienden sus extremos entre el núcleo positivo del átomo y las partículas eléctricas lanzadas, tanto si éstas continúan libres como si han penetrado en otro átomo.

La estructura heterogénea del átomo, formado por electrones de masa y carga constante, resplandece de manera especial en la hipótesis electrónica de los metales. De ordinario los electrones que integran los átomos son arrastrados en los movimientos térmicos de éstos, y hay necesidad de considerables cantidades de energía para desligarlos; sin embargo, en los metales los electrones se desprenden con relativa facilidad, y circulan por entre los grandes espacios vacíos que dejan los átomos neutros y los iones positivos formados á consecuencia de aquella emisión; de lo cual resulta un comportamiento especial de los

metales que los asimila á cuerpos esponjosos, por entre cuyas oquedades se mueven vertiginosamente los electrones; á su vez chocan éstos con frecuencia con los átomos y con los iones positivos, originando un equilibrio dinámico, durante el cual se forma una capa superficial de electrones, que por su carga negativa son retenidos sin salir al exterior.

Por consiguiente, con arreglo á la teoría electrónica, un metal es comparable á un gas en el que moléculas pequeñas, cargadas negativamente, estuviesen mezcladas á otras muy gruesas, positivas ó neutras y prácticamente inmóviles. Los electrones no saldrán al exterior ni serán lanzados en el espacio envolvente, mientras su energía cinética no sobrepase el valor medio que les corresponde; pero en el momento en que haya electrones cuya energía cinética sea mayor, se desprenderán bajo forma de rayos catódicos. Así sucede en el fenómeno de Hertz, esto es, cuando se ilumina un metal con radiaciones ultravioletadas, ó si se lleva á la incandescencia (fenómeno de Edison), y, sobre todo, cuando se ponen dos de sus puntos en comunicación con los polos de un generador eléctrico.

La existencia de los electrones en el interior de los átomos y los rápidos movimientos de aquéllos, son los puntos fundamentales á que se apela para explicar la producción de los rayos Röntgen, de los ultravioletados, luminosos, caloríficos y de las ondas hertzianas. Admitido que los rayos X se produzcan en la brusca detención de las partículas eléctricas de los rayos catódicos cuando éstos caminan con velocidad de 20.000 y aun de 100.000 kilómetros por segundo, nada de extraño tiene que se formen ondas de

aceleración, ó, lo que es lo mismo, que á dichos rayos se les considere, según dicen Stokes y Wiechert, como pulsaciones electromagnéticas emitidas en el éter; pero en virtud de la gran velocidad de emisión, la detención se verifica en un espacio tan pequeño que puede compararse con las dimensiones atómicas; por consiguiente, el espesor de la película radiada no sobrepasará la magnitud de los átomos, y por ello gozará de fuerte poder penetrante, como la experiencia enseña. Cuyas circunstancias explican la naturaleza idéntica de rayos γ emitidos por los cuerpos radioactivos, rayos que nacen en el brusco cambio de velocidad experimentado por los electrones cuando, al ser lanzados del átomo radioactivo, chocan y rompen su corteza, y en los que la mayor velocidad es efecto de la enorme energía potencial contenida en el átomo. Por esta razón, en los rayos γ el espesor de la película radiada, al producirse dicho cambio de velocidad, es todavía menor, y su poder penetrante en cuerpos opacos más grande que el de los rayos X; así lo prueban, en efecto, las experiencias de Tuomikoski.

Los rayos X y γ únicamente difieren de las ondas hertzianas en el período de vibración; mientras en las ondas de Hertz la longitud de onda varía entre varios kilómetros y algunos milímetros, en los rayos X ó en los rayos γ la aceleración se produce y desaparece en un tiempo comparable con el extraordinariamente pequeño que invertiría la luz en atravesar un espacio cuya dimensión fuera la de un átomo; por eso la rapidez de sus vibraciones es tan grande, que las longitudes de onda de estos rayos se hallan comprendidas entre 10^{-8} y 10^{-9} centímetros. Límites extremos de longitud de onda, entre los cuales se encuentran

las de los rayos caloríficos, luminosos y ultravioletas, cuyos valores oscilan entre 10^{-2} y 10^{-6} centímetros.

Después de lo dicho, lógico resulta el triunfo del atomismo; las antiguas hipótesis atómico-moleculares, simbolizadas en la teoría cinética, significaban ya la discontinuidad material del Universo; mas éstas no eran todavía suficientes, y á complementarlas ha venido la teoría electrónica de los metales, basada en la idea de la carga eléctrica de Coulomb y en la influencia del medio sustentada por Faraday, pero cuyo desarrollo es fruto de los trabajos teóricos de H. A. Lorentz. Y todavía en el siglo actual la teoría de los átomos de energía de Planck y Einstein reemplaza á la anterior allí donde la teoría electrónica fracasa; por ejemplo, para explicar los fenómenos de gravitación, la radiación del cuerpo negro ó la variación del calor específico con la temperatura.

VIII

PROGRESOS DE LA QUÍMICA EN EL SIGLO XIX

Cuando declinaba el siglo XIX la ciencia había recibido un impulso extraordinario; jamás los hombres de siglo alguno le prodigaron tantas atenciones y recogieron tan copiosos frutos. La Química, por el estado embrionario en que la legaron Lavoissier y sus contemporáneos del siglo XVIII, gozó en mayor escala de las benéficas consecuencias del progreso; y en efecto, los adelantos científicos de diferentes órdenes, puestos al servicio de la Química por cultiva-

dores eminentes de esta ciencia, consiguieron llevar á feliz término la resolución de complejos y delicados problemas industriales.

Para elaborar los productos orgánicos ya no se pensaba entonces en la necesidad de la fuerza vital, porque el genio de Whöler había logrado la preparación sintética de la urea, y Berthelot, con su síntesis del acetileno y de la bencina, sentaba las bases para la preparación artificial de largas series de productos; y así ocurrió que éstas y otras síntesis relegaron á lugar secundario el cultivo de numerosas plantas, por ejemplo, de las colorantes; á consecuencia del éxito que suponía la síntesis de la alizarina se desterró de Francia el cultivo de la rubia, y por efecto de los admirables trabajos de Bayer, hubieron de dedicarse á otros fines las inmensas extensiones de la India destinadas á la explotación de las plantas productoras del añil.

En aquel siglo se habían estrechado los lazos de unión de la Química con las otras ramas del saber humano; el metabolismo animal y vegetal se resolvió en fenómenos químicos más ó menos complejos, y aunque en su esencia no se lograba penetrar las más de las veces, porque el poder destructor que ejercen los reactivos en la intimidad de la célula nos impide sorprender lo que en ella sucede, en cambio, no pasaron desapercibidos á los investigadores ni el papel químico desempeñado por las glándulas, ni muchas de las modificaciones que en el seno de los órganos enfermos se producen á consecuencia de acciones químicas anormales.

Las conexiones con la Física se manifestaron en dicho siglo en tan alto grado, que hubo necesidad de crear una

físico-química para estudiarlas; en ella tuvieron entrada conceptos trascendentales, como son: la idea de masa en las reacciones químicas, debida primeramente á Berthollet y después á Bergmann, Guldberg, Waage, etc.; la noción de *afinidad*, con su factor primordial la *energía libre*, principalmente creación del genio de van t'Hoff; las relaciones entre la energía calorífica y química se conocen por los estudios de Berthelot, Hess, Sthomann, etc.; la fotoquímica es obra de Eder, Bunsen, Roscoe, etc.; la magnífica teoría de los iones fué sentada por Arrhenius, y de los estudios electroquímicos nacieron poderosas industrias, que hoy se utilizan para la preparación de productos químicos.

Un siglo que alborea con las ideas atómicas de Dalton, consolidadas después por Berzelius; una época en la que viven Clausius y Krönig, los fundadores de la teoría cinética de los gases; van t'Hoff, el verdadero creador de la teoría de las disoluciones; Graham, Bredig, Billitzer, Siedentopf, Zsigmondy, Swedenberg y otros amantes del estudio de los cuerpos coloides; un siglo en que se establece la estructura discontinua de la electricidad y se crea la teoría electrónica de los metales, con el nuevo concepto de átomo emitido por Thomson; en resumen, un siglo tan fecundo para la ciencia no podía terminar sin antes mostrarnos un destello más de su fecundidad incomparable. Y los fenómenos radioactivos, descubiertos en 1896 por Becquerel, fueron las antorchas destinadas á iluminar en las postrimerías de ese siglo el cúmulo de acontecimientos científicos que al morir nos legaba, y además el punto de mira sobre el cual habían de converger nuestras miradas apenas

naciase el siglo en que vivimos; porque con los potentes chorros de luz que tales fenómenos nos envían, se han de consolidar las teorías de discontinuidad que en este trabajo se apuntan.

IX

LOS FENÓMENOS RADIATIVOS

A las observaciones experimentales de Becquerel siguieron en 1898 las muy interesantes de la Sra. Schloudowska Curie y de su esposo, el malogrado P. Curie, sobre minerales de uranio; casi simultáneas son las de Debierne sobre el actinio y las de Rutherford con el torio. No escaparon á estos investigadores los fenómenos de fosforescencia que dichas substancias producen cuando se les aproximan algunos cuerpos, ni los de ionización, como tampoco la propiedad de actuar sobre la placa fotográfica á través de cuerpos opacos; ni tardó mucho en conocerse que la temperatura de las substancias radiactivas es superior á la del ambiente, á causa de una continua emisión de calor evaluada en 118 calorías por hora, esto es, alrededor de un millón de calorías anuales por cada gramo de radio.

Las propiedades de las substancias radiactivas quizás fueron muy sugestivas; pero, científicamente, no es lo de mayor interés limitarse en tales estudios al conocimiento de los hechos experimentales, porque conduciéndonos en los primeros años de sorpresa en sorpresa, nada aclaraban sobre lo que constituye la esencia de los fenómenos radiactivos; tampoco la exposición de propiedades y carac-

terres es el fin de las Ciencias Naturales, las cuales, aunque lentamente, van abandonando el campo de la descripción, primeros esbozos propios de toda ciencia que se forma, para entrar de lleno en el del raciocinio, cúspide á la que ha llegado la matemática y meta á la cual se dirigen las demás ciencias.

Mas por lo dicho no vaya á creerse que este fin se consigue sin la ayuda de la experimentación; ésta es auxiliar indispensable, y la de los citados físicos y químicos sobre substancias radiactivas fué material precioso que condujo á la teoría de la radiaciones radiactivas, las cuales recuerdan á los flúidos lumínico y calórico de Newton por el carácter corpuscular que se les asignó. Nada más equivocado que atribuir á las emisiones radiactivas el carácter de continuidad que distingue á los rayos caloríficos y luminosos, á las ondas de Hertz, á los rayos ultravioletados y á los rayos Röntgen y γ ; es más: todavía ignoramos si en estas radiaciones existe efectivamente continuidad, ó si, por el contrario, deben admitirse discontinuidades importantes en la estructura de las ondas electromagnéticas, como actualmente se supone, á fin de explicar que en el éter el transporte de energía se verifica por cantidades finitas; pero es lo cierto que los estudios de orden químico y los fenómenos eléctricos de emisiones radiactivas han comprobado la naturaleza corpuscular de los rayos β de los α ~~y de los γ~~ emitidos por substancias de esta índole.

X

NATURALEZA CORPUSCULAR DE LAS RADIACIONES EMITIDAS
POR LAS SUBSTANCIAS RADIATIVAS

En efecto, unos y otros corpúsculos se propagan en el vacío en línea recta y con velocidad constante; mas en el interior de un campo eléctrico ó magnético su trayectoria se encorva y su velocidad se modifica, lo cual está en armonía con la hipótesis de que dichas radiaciones poseen cargas eléctricas á cuyos movimientos pueden aplicarse las leyes del electromagnetismo. Además, al atravesar un medio material cualquiera su trayectoria nunca es rectilínea, y su velocidad disminuye de un modo regular; variaciones de dirección y velocidad que son consecuencia, respectivamente, de las desviaciones experimentadas por los corpúsculos de la radiación al chocar sobre las moléculas materiales del medio y de la pérdida de fuerza viva que sufren en cada choque.

Naturaleza corpuscular plenamente demostrada en la constitución de los rayos α emitidos por el radio y otras sustancias de la serie del uranio y torio, porque á dicha radiación hay que atribuir la misma estructura que á los rayos canales del tubo de Crookes; esto es, admitir que los rayos α están formados de partículas α , cuya composición corresponde á un átomo de helio con dos cargas positivas. Y en prueba de ello merecen citarse las experiencias de Rutherford, consistentes en recoger la radiación α del radio dentro de un tubo capilar de vidrio de paredes muy delga-

das, impermeable á los gases y permeables á dichas partículas, mediante cuya disposición, al cabo de poco tiempo, el helio se encuentra en la parte externa; y por si dichas experiencias pudieran parecer erróneas, todavía cabe argumentar en su favor el hecho de que jamás los minerales de uranio se hayan encontrado exentos del citado gas noble.

Tampoco á átomos de helio obedece exclusivamente la composición de los rayos α ; así lo demuestra la experiencia cuando se dirige un haz á través de un campo eléctrico ó magnético, pues al ser desviado de su dirección primitiva no puede negarse la existencia de cargas eléctricas, que en este caso son positivas, y cualquiera que sea la substancia productora de la radiación, el valor del cociente de su carga eléctrica á su masa es constante é igual á 5×10^8 unidades electromagnéticas: próximamente la mitad del valor que corresponde á la relación entre la carga eléctrica de un ion hidrógeno y su masa; ahora bien, como la masa del átomo de helio es cuádruple de la de aquél, la carga eléctrica de una partícula α ha de ser doble de la del ion hidrógeno; por consiguiente, los rayos α emitidos por las substancias radiactivas son átomos de helio con dos cargas positivas; esto es, poseen naturaleza corpuscular.

Estructura discontinua de gran importancia, entre otras razones, porque sirvió para comprobar el número de Avogadro, ya que al caer las partículas α de las substancias radiactivas sobre una pantalla de sulfuro de cinc exagonal producen una luminosidad de apariencia continua, debida al choque sobre la placa de cada una de las partículas, y esta luminosidad se resuelve en hermoso centelleo cuando se limita la lluvia de partículas α y se observa el choque

mediante un microscopio. Determinando la carga total y contando el número de partículas proyectadas durante un tiempo dado por un peso conocido de substancia radiactiva, se encontró que la carga eléctrica de cada partícula es $9,2 \times 10^{-10}$ unidades electrostáticas; por consiguiente, habiendo demostrado que ésta es doble de la elemental, la que corresponde á un electrón valdrá $4,6 \times 10^{-10}$ unidades electrostáticas, ó sean $1,53 \times 10^{-20}$ unidades electromagnéticas; números concordantes con otros anteriormente citados. Con estos datos el número de Avogadro es consecuencia de aplicar le fórmula de Faraday $Ne = 9.654$ unidades electromagnéticas; luego $N = 6,3 \times 10^{23}$, cuyo número es del mismo orden y magnitud que los encontrados por otros procedimientos.

Fruto de emisión discontinua y también de estructura corpuscular son los rayos β que acompañan á las emisiones radiactivas; dichos rayos, aunque de naturaleza esencialmente idéntica á los rayos catódicos del tubo de Crookes, difieren de ellos en la velocidad con que sus componentes, los electrones, son proyectados, puesto que la de los rayos β no es nunca menor á la velocidad de los rayos catódicos, y algunas veces alcanza la de la luz; por eso su poder de penetración en cuerpos opacos es superior al de los rayos α . El carácter negativo de dichos rayos se manifiesta en los fenómenos observados á su paso por el interior de un campo eléctrico ó magnético; la relación $\frac{e}{m}$ de la carga eléctrica á la masa es función de su velocidad, y disminuye á medida que ésta crece; así, pues, si se admite á su carga eléctrica un valor constante, la masa crecerá con la velo-

cidad, y, por consiguiente, conforme á las ideas expresadas en la teoría electromagnética, la masa de los electrones es una variable, que debe considerarse como un coeficiente de inercia de origen electromagnético.

Á los electrones constitutivos de los rayos β les asigna madame Curie origen distinto del que atribuye á los que se desprenden en la incandescencia de los metales, ó en la influencia de los rayos ultravioletados; á éstos, por la facilidad con que se separan, los conceptúa productores de los fenómenos caloríficos y luminosos y formadores de la periferia de los átomos, mientras que la constitución de su núcleo es un papel que reserva á los otros electrones, los cuales, si bien son de naturaleza idéntica, llevan en cambio una energía considerablemente mayor, porque después del esfuerzo que supone romper la corteza atómica, todavía poseen, según hemos dicho, velocidad extraordinariamente más grande. Los electrones desprendidos de las substancias radiactivas sólo pueden salir cuando se verifique la destrucción del átomo; mas este fenómeno, hasta hoy, únicamente se produce de un modo espontáneo, es decir, sin que el hombre ejerza la menor influencia, aun utilizando las más diversas formas de combinación, las temperaturas más elevadas, las más enérgicas radiaciones y, en general, las formas más intensas de energía.

Los electrones que integran la radiación β , por su naturaleza idéntica á los que constituyen los rayos catódicos, engendrarán á su salida del átomo una radiación análoga á la de los rayos X, esto es, una serie de pulsaciones electromagnéticas llamadas rayos γ , de cuya naturaleza y propiedades se habló en párrafos anteriores. Actualmente pa-

rece que en esta radiación tampoco puede prescindirse en absoluto de la hipótesis corpuscular, y mientras unos admiten la discontinuidad de las ondas, otros, como Bragg, suponen á los rayos γ constituidos por un *doblete* eléctricamente neutro, formado por la asociación de un electrón negativo y otro positivo. Sin embargo, admitir tal estructura no tiene otro fundamento que el carácter neutro manifestado por estos rayos en presencia de un campo eléctrico ó magnético; pero, en realidad, resulta a menudo hablar de electrones que no han podido separarse, y de cuya existencia no se tiene otra noción que la hipótesis de una masa positiva y nuclear neutralizada exactamente por la carga negativa de los electrones que la envuelven.

XI

ORIGEN DE LA ENERGÍA RADIATIVA

Con el conocimiento de los diferentes géneros de radiaciones emitidas continuamente por las sustancias objeto de nuestro estudio desaparecen las graves dificultades que en un principio se suscitaron para explicar los extraños fenómenos á que dan origen aquéllas y las enormes cantidades de energía que desprenden, porque tales fenómenos no son otra cosa que manifestaciones energéticas de los electrones y de las partículas α ; manifestaciones debidas á su carga eléctrica, á su velocidad extraordinaria y á su pequeña masa. Tales radiaciones, por su analogía con las que se producen en un tubo de Crookes al saltar el arco,

han inducido á comparar el átomo radiactivo con el espacio vacío de dicho tubo, si bien la potencia de las radiaciones es en el primer caso tan grande que las paredes atómicas resultan frágiles, y en consecuencia los corpúsculos son lanzados al exterior á través de la corteza, originando en su choque radiaciones secundarias; lo cual demuestra que en la constitución de los átomos radiactivos los electrones y el helio tienen el carácter de componentes esenciales.

Mas tal hipótesis no puede quedar restringida á la composición de los átomos radiactivos, y la idea de que en éstos se encuentren tales elementos, ó bien que el helio se forme en la destrucción atómica, se generaliza á los átomos de todos los cuerpos; porque las perturbaciones que los medios materiales ocasionan al pasar una radiación corpuscular, lo mismo si está dotada de carga eléctrica que si es neutra, inducen á suponer en todos los átomos estructuras complicadas y atribuir á los electrones que los integran la causa de la desviación y cambio de velocidad experimentados por aquellos otros átomos eléctricos que están contenidos en las radiaciones. Hipótesis de acuerdo con la emisión de rayos γ provocada por los rayos β al caer sobre un medio material cualquiera y en armonía con el fenómeno inverso; esto es, con la producción de electrones mediante la influencia de los rayos γ , así como también con la formación de iones gaseosos, fenómenos de fosforescencia, etc.

La teoría de las emisiones corpusculares explica muy bien el considerable desprendimiento de energía de las substancias radiactivas, pero plantea el problema acerca

del origen que á tan inmenso caudal debe atribuirse; nada puede extrañar que en este punto las opiniones de los físicos aparezcan divididas, y que mientras unos consideren á las sustancias radiactivas como verdaderos colectores de energía, tomada por un mecanismo desconocido al medio externo, al que después restituyen convertida en radiación, otros, en cambio, abriguen la sospecha de que dicha energía tiene su origen en lo más íntimo del átomo, en cuyo caso, al irradiar la que en estado potencial encierra, ocasiona formas energéticas de naturaleza variada.

Problema cuya resolución importa á los químicos extraordinariamente, porque de resolverse con arreglo á la segunda hipótesis sobreviene la quiebra del principio de indivisibilidad atómica, base fundamental de los fenómenos químicos, es decir, de aquellos fenómenos en que intervienen los átomos en toda su integridad y sin que en las mutuas acciones se desmoronen.

XII

LA DESINTEGRACIÓN DE LOS ÁTOMOS RADIATIVOS

La hipótesis mencionada hubo necesidad de admitirla, porque de ella constituyen pruebas irrecusables el desprendimiento de helio que acompaña á la emisión de rayos α y la presencia constante de aquel gas en los minerales de uranio y torio. Los fenómenos de radiactividad temporal presentados por los gases que rodean á ciertas sustancias radiactivas son, en opinión de Rutherford y Soddy, la más

ralmente muy largo; lo cual significa que los átomos integrantes de un cuerpo radiactivo no estallan simultánea sino sucesivamente, manteniendo una radiación. Por esta causa, la vida de los átomos de un elemento radiactivo, en el concepto en que aquí puede aceptarse la palabra vida, esto es, como transformación interna inherente al átomo, oscila entre los valores extraordinariamente pequeños que corresponden á unos átomos y los valores infinitos de los restantes; mas entre dichos límites existe un valor denominado *vida media del elemento*, que representa el tiempo al cabo del cual la mitad de la substancia se ha transformado. Para los distintos elementos radiactivos dicho tiempo varía entre números muy distantes: entre $\frac{1}{500}$ de segundo, vida media de la emanación del actinio, y cinco mil millones de años, vida media del uranio, se encuentra la de todos los restantes cuerpos radiactivos.

Dicha constante se ha determinado en los diferentes elementos radiactivos, dando con ello á la hipótesis de desintegración una sensación de realidad que difícilmente se hubiera logrado por otros procedimientos. Los valores obtenidos para la vida media de un elemento no son una quimera de los físicos y químicos, sino números reales bien determinados; á ellos se llega por caminos diversos: unas veces midiendo la energía radiactiva, la cual queda reducida á la mitad al cabo del correspondiente *período de semitransformación*; otras, contando las partículas α que se desprenden en la desintegración atómica, cuyo fenómeno es visible con las pantallas de blenda de Sidot, porque cada centelleo representa la transformación de un átomo; y en

ocasiones, averiguando el equilibrio que se establece en los minerales radiactivos entre el elemento generador y todos sus descendientes, en cuyo estado de equilibrio las cantidades en peso de los diferentes elementos son proporcionales á sus duraciones de vida media.

Lo más sorprendente quizás es que átomos de un mismo elemento radiactivo tengan, aisladamente considerados, períodos de vida diferente; lo lógico sería que para una misma substancia los átomos se transformasen cuando desde su génesis hubiera transcurrido un tiempo fijo y determinado. No ocurre, sin embargo, así, y aunque el conjunto de los átomos que integran las substancias radiactivas se modifican con arreglo á una ley exponencial, la destrucción de cada uno se efectúa desordenadamente obedeciendo á la casualidad.

Debiérne intentó explicar estas anomalías admitiendo en el seno del átomo un elemento de desorden cuya naturaleza fuera la de un núcleo heterogéneo constituido por multitud de elementos dotados de movimientos desordenados, los cuales, con arreglo á la ley de probabilidad, dan lugar á infinidad de estados en que cada uno corresponde á una posición determinada de las partículas nucleares; estados distintos entre los cuales alguno habrá muy inestable que sea la causa de la escisión atómica y consiguiente formación del nuevo elemento radiactivo, mientras que en todos los demás dicho fraccionamiento no es posible. Con cuya hipótesis la misma ley de probabilidades demuestra cuán fácil es que cada uno de los átomos alcance el estado inestable en momentos diferentes, de acuerdo con lo que enseña la experiencia; mas no por

*

eso variará el estado medio de todos los átomos, y, en consecuencia, la substancia radiactiva gozará de propiedades fijas, á pesar de que en cada instante la estructura de cada átomo sea distinta.

Si la energía radiactiva procede de la transformación atómica, cuanto mayor sea la que una substancia emite en la producción de rayos corpusculares tanto más pronto sus átomos se modificarán, y por consiguiente, más corta será su vida media; por cuya razón forzosamente han de aparecer graves dificultades para medir la actividad de una substancia cuya vida media es muy larga, dificultades debidas no tanto al reducido número de átomos que se fraccionan como á la suavidad con que se suceden las explosiones.

Hipótesis de extraordinaria utilidad porque extiende considerablemente el número de substancias radiactivas, hasta admitir que todos los elementos gozan de esta propiedad, siquiera sea en tan reducida escala que la mayor parte de ellos escapen á nuestros más sensibles medios de observación; lo cual está en armonía con el hecho frecuente en la Naturaleza de que ciertos elementos se encuentren siempre asociados en algunos productos mineralógicos; los metales de la mena del platino, los de las tierras raras, el niobio y el tántalo y los metales alcalinos forman asociaciones naturales que recuerdan las que constantemente integran los minerales radiactivos, é inducen á sospechar en el origen común de los elementos de cada grupo citado.

XIV

LOS FENÓMENOS RADIATIVOS Y LA ANTIGÜEDAD DE LA TIERRA

Las consideraciones anteriores nos llevan de la mano para aprovechar algunas propiedades de las sustancias radiactivas.

La vida media de un elemento es constante utilizable para la medida absoluta del tiempo, y las relaciones existentes entre los valores de aquella constante y las cantidades en peso de los productos de origen radiactivo que constituyen un mineral de esta naturaleza, dan idea aproximada de la duración que tuvieron las diferentes épocas geológicas y, por consiguiente, de la antigüedad de nuestro planeta.

Algunas medidas se han efectuado ya determinando la cantidad de helio ó de plomo contenidas por gramo de uranio, y dividiendo respectivamente los resultados del análisis por $10,7 \times 10^{-8}$ ó por $1,88 \times 10^{-11}$, que son los centímetros cúbicos de helio ó los gramos de plomo que anualmente son engendrados por cada gramo de uranio en equilibrio radiactivo; de los resultados obtenidos en estas mediciones deduce Strutt para la torianita la antigüedad de 280 millones de años, y Rutherford la de 240 millones para la fergusonita; y Holmes, investigando posteriormente el plomo contenido en los minerales radiactivos, atribuye la antigüedad de 1.600 millones de años al período precámbrico de Ceilán, 430 millones al silúrico, 410 millones al precaribonífero, 370 millones al devónico y 340 millones al car-

bonífero. Estos números, aunque sujetos á las fluctuaciones de todo cambio encontrado con el tiempo en el valor de las constantes radiactivas, serán probablemente de mayor confianza que los valores inferiores asignados por otros procedimientos, como son: el de Archibald-Geikie, fundado en los fenómenos de sedimentación; el de Joly, cuyos cálculos se refieren á la cantidad de sodio arrastrada anualmente á los mares, y el de Kelvin, basado en la medida de la conductibilidad de los minerales. En comprobación de lo cual merecen citarse los trabajos de Rutherford y Robinson sobre los halos pleocroicos de algunas micas, cuyos halos son debidos á los rayos que emiten los elementos radiactivos de la serie del uranio, y pertenecen al período devónico; á ellos se les atribuye la antigüedad de 400 millones de años, es decir, un valor concordante con el que Holmes obtuvo determinando el plomo de los minerales uraníferos.

XV

ESTRUCTURA COMPLEJA DEL ÁTOMO RADIATIVO

Después de los razonamientos contenidos en párrafos anteriores, podemos asegurar que la discontinuidad es el fundamento de la constitución del Universo; á dicha conclusión nos conduce la teoría cinética de los gases, sobre todo una vez extendida á los restantes estados físicos y generalizada á las disoluciones; la misma teoría electrónica de los metales no es más que una modalidad de la teoría cinética, puesto que la conductibilidad es consecuencia in-

mediata del movimiento de los electrones. La discontinuidad de todos los medios materiales permitió contar el número de moléculas y átomos, y deducir para el número de Avogadro valores tan concordantes, que ellos bastarían para dar al átomo un sello de realidad jamás imaginado; y por si no fuera suficiente, la idea de átomos eléctricos ó cargas elementales reclama también por sí sola el concepto de discontinuidad.

En torno de esta creencia giran las numerosas teorías acerca de la estructura atómica; el átomo actualmente imaginado por los físicos y químicos en nada se parece á aquel con que soñaron Leucipo y Demócrito, ó al que supusieron los investigadores de la primera mitad del pasado siglo; todavía es más complicado que el que requiere la hipótesis electrónica. Porque el punto material, digámoslo así, de Leucipo ó el átomo esférico de Dalton, con su cubierta de calor, y aun el átomo de Thomson, con su esfera positiva y su torbellino de electrones, son de estructuras muy elementales é insuficientes para explicar fenómenos tan complejos como los radiactivos.

Debiérne, en la conferencia que acerca de las transformaciones radiactivas pronunció en París el año 1912, supuso al átomo constituido por dos regiones distintas: una periférica, causa de los enlaces moleculares y asiento de los fenómenos electromagnéticos, sensible á los agentes externos y constituida por electrones que se mueven describiendo circunferencias concéntricas; y otra interna ó núcleo, completamente desconocida, centro de los fenómenos de gravitación, é insensible á los agentes externos; el núcleo, cuyo tamaño, según Rutherford, es inferior á la diez-

milésima parte del volumen atómico, lo forman probablemente elementos que se mueven desordenadamente.

H. Poincaré, llevado por los vuelos de su imaginación, comparó el átomo con todo un sistema astronómico, y admitió en esencia la misma estructura para lo infinitamente pequeño que para lo infinitamente grande; los dos son conceptos relativos que aparecen idénticos en la idea de magnitud cuando se compara el efecto que produce á nuestros ojos lo infinitamente grande, representado por las estrellas en una noche serena, y lo infinitamente pequeño, simbolizado en las partículas de dimensiones casi moleculares que observamos con el ultramicroscopio ó en las partículas α que vemos con el espintariscopio de Crookes. Por eso no debe extrañar la concepción de Poincaré, para quien un átomo es un sistema solar cuyo sol fuera el núcleo y los planetas los electrones; también giran éstos alrededor de su núcleo en períodos fijos, describiendo órbitas elípticas ó circulares, cuyos radios vectores están determinados por la atracción de las cargas eléctricas. Para que el sistema astronómico infinitésimo sea completo no han de faltar tampoco los cometas, que Poincaré ve representados en los electrones periféricos; porque éstos, en virtud de la facilidad con que salen del sistema mediante la influencia de agentes diversos y de la tendencia á penetrar en otros átomos formando iones, establecen un intercambio de energía análogo al que es propio de los cometas al moverse errantes por los sistemas planetarios.

Y sin embargo, al átomo, dentro de tantas y tan numerosas modificaciones como á su estructura se han atribuido, conserva íntegro el concepto de indivisibilidad, pie-

dra angular sobre la cual descansa el complejo edificio de la Química. Ciertamente que hemos hablado de disgregación atómica; pero ésta es de tal naturaleza que no puede ser influenciada por los agentes externos, los cuales ni modifican la energía radiactiva de las substancias que la poseen, ni ocasionan la disgregación del átomo en aquellas otras que de ordinario no manifiestan fenómenos de esta índole; bien es verdad que algunas experiencias de Ramsay condujeron á resultados opuestos, é hicieron creer en la transmutación de los elementos; pero no es menos cierto que tales resultados han sido desmentidos por otras experiencias muy delicadas de Schloudowska Curie y de la Srta. Gleditsch; por observaciones se comprueba que al actuar la emanación del radio sobre la disolución de sulfato cúprico no se produce la transformación del cobre en litio, como Ramsay aseguraba; las experiencias de Herschfinkel también demuestran el error en que incurrió el citado químico inglés al dar como cierta la transformación del torio en anhídrido carbónico.

Por consiguiente, los fenómenos radiactivos no lo son de transmutación, sino de desintegración, comparables á las descomposiciones químicas; de ellas se distinguen por tratarse de escisiones atómicas espontáneas y lentas, hasta el punto de que para la formación de algunos elementos en cantidad apreciable se han requerido tiempos cuya duración es del orden de las épocas geológicas.

XVI

LA TEORÍA DE LOS ISOTOPOS Y EL CONCEPTO DE CUERPO SIMPLE

La desintegración atómica, aun limitada á algunos de los elementos de peso atómico elevado contenidos en la última serie de la tabla periódica de Mendeleeff, resuelve el problema planteado por el eminente químico ruso, puesto que permite llenar los huecos que figuran en dicha serie y en la anterior, acrecentando así considerablemente el número de elementos conocidos.

En efecto, los átomos que se desintegran emitiendo partículas α cada vez que pierden una de ellas originan átomos de un nuevo elemento, cuyo peso atómico es inferior en cuatro unidades y cuya valencia electroquímica ó cuantivalencia ordinaria contiene dos unidades menos; y los átomos que emiten corpúsculos β , si bien no varían de peso atómico, aumentan su dinamicidad en una unidad, es decir, dan lugar á elementos alotrópicos.

Mas al recorrer las series de elementos engendrados por el uranio ó por el torio, en la emisión sucesiva de rayos α y β , ocurre con frecuencia que los huecos del sistema periódico, en los cuales deben de estar incluídos los elementos derivados, no se hallan vacíos, sino ocupados por otros de la misma serie radiactiva ó de serie diferente; en cuyo caso dichos elementos forzosamente gozarán de las mismas propiedades químicas y de algunas físicas; es decir, serán químicamente idénticos, no diferenciándose más que en las

emisiones radiactivas y en las propiedades físicas dependientes de su masa.

La existencia de *elementos isotopos*, químicamente inseparables é idénticos, se ha demostrado en algunos cuerpos radiactivos; isotopos son, por ejemplo, el ionio, torio y uranio X; también las emanaciones del radio, torio y actinio son todas ellas del grupo de los gases nobles; y sobre todo, el neón y metaneón, cuyos pesos atómicos son respectivamente 20 y 22.

Dichos elementos dan á la idea de cuerpo simple un concepto de complejidad tan grande, que generalizar la existencia de elementos isotopos á todos los lugares de la tabla periódica equivale á tanto como á cambiar radicalmente el concepto de cuerpo simple; pues á no ser que entre todos los isotopos de un elemento haya uno mucho más estable que los restantes, en cuyo caso con el tiempo es el que perdura adquiriendo homogeneidad, en todos los demás casos un elemento es la integral de un gran número de cuerpos simples de la misma valencia y de pesos atómicos próximos. Y aunque únicamente se ha comprobado en algunos átomos radiactivos, no es aventurado extender la hipótesis á todos los elementos restantes, sobre todo si se tiene presente la proximidad entre los pesos atómicos de los elementos de algunos grupos, como el de las tierras raras, ó el de las tres triadas de la octava columna del sistema periódico. Hipótesis la que acabamos de formular que de ser cierta pondría una vez más de relieve nuestros imperfectos medios analíticos de trabajo, porque al reconocer un elemento con un reactivo determinado no distinguimos, en realidad, los componentes que verdaderamente lo integran, sino que

únicamente caracterizamos el conjunto de ellos, y el reactivo no pasa de la categoría de indicador de un tipo; hipótesis aquélla que explica también el porqué de la ausencia de relaciones matemáticas entre los pesos atómicos; hipótesis, finalmente, que lleva á nuestro ánimo la convicción del concepto de unidad de la materia.

XVII

EL PROBLEMA DE LA UNIDAD DE LA MATERIA

Apuntado por Prout á principios del siglo pasado, fué causa de una polémica, en la que intervinieron los mejores químicos de la época; faltaban para resolverlo pruebas experimentales; pero otras razones pesaban fuertemente en el ánimo de aquéllos, y el problema se abordó.

No pasaron desapercibidas, en favor de la unidad material, razones tan poderosas como las siguientes: 1.^a La proximidad á números enteros de los que representan los pesos atómicos. 2.^a La existencia de estados alotrópicos é isoméricos, en los que constituidos los cuerpos de la misma materia fundamental caracteriza á cada estado un conjunto de propiedades diferentes. 3.^a La existencia de iones y sus diferencias esenciales con los correspondientes cuerpos simples ó radicales compuestos. 4.^a La naturaleza y constitución de los espectros de emisión, etc.; fenómenos todos ellos que abonan la semilla echada por Prout al decir que los elementos resultan de múltiples y variados órdenes de condensación del hidrógeno, pues si bien es cierto que esta

hipótesis no pasa de una fantasía, después de los conocimientos que poseemos acerca de la estructura del átomo, tampoco puede negarse el acierto de Prout al sentar así las bases de uno de los principios fundamentales de la Química. Y aunque hoy es un problema de palpitante interés el conocer la materia prima y esencial que constituye los cuerpos, las dificultades que ofrece para su solución son tan grandes que nos conformamos con admitir la estructura atómica heterogénea y ver en los electrones y núcleos positivos del átomo los elementos primordiales generadores de los cuerpos simples, los cuales forzosamente resultarán de las innumerables formas de asociación de aquéllos y de los no menos numerosos modelos de condensación de varios tipos primarios.

Por esto algunos físicos esbozan la idea de que la constitución material es efecto de las diversas formas de asociación y condensación de cuatro tipos fundamentales: el coronio, el nebulio, el hidrógeno y el protofluor son para ellos los generadores de todos los elementos, y á sus átomos les atribuyen tal grado de sencillez, que los suponen constituidos por un núcleo positivo alrededor del cual giran dos, tres, cuatro ó cinco electrones respectivamente. Y aunque dichos elementos no sean ya hipotéticos, por cuanto al nebulio se atribuyen algunas rayas del espectro de las nebulosas, y al coronio y protofluor otras del espectro de la corona solar, y los pesos atómicos asignados á los cuatro elementos tipos son de tal índole que los de los restantes cuerpos simples se ligan con ellos mediante fórmulas aritméticas más ó menos complicadas, como si fueran combinaciones complejas de las cuatro formas primarias, sin em-

bargo, por hoy, más discreto es aceptar la teoría de que los electrones y núcleos positivos son en último término causa de las infinitas modalidades que presentan los cuerpos.

XVIII

LA EVOLUCIÓN QUÍMICA DE LOS ELEMENTOS

Lo dicho no impide para que en el estado actual de la ciencia atribuyamos estas modalidades á un fenómeno de evolución extraordinariamente lento, y admitamos que en un principio hubiera un caos de masas eléctricas positivas y negativas dotadas de rápidos movimientos capaces de originar torbellinos, en cuyo seno aparecieran nódulos, bosquejándose por primera vez fenómenos de gravitación.

Los átomos emitirían al engendrarse una cantidad de calor tan enorme, que, á juicio de Briner, bastaría para suministrar la energía necesaria á la formación del Universo; y al decir así queremos indicar la cosmogonía astronómica, porque evidentemente que á ésta precedió la evolución química, no sólo en lo que se refiere á la formación de átomos, sino en parte también á la génesis de moléculas, como á su vez la evolución astronómica precedió á la evolución biológica, la cual no pudo iniciarse mientras los planetas carecieron de determinadas condiciones de estabilidad.

Resultando así que la evolución química, la astronómica y la biológica son consecuencia de la evolución de los átomos, mejor dicho, son integrales de la evolución ató-

mica. Á la variada asociación de los elementos primordiales que constituyen el átomo y es causa de los numerosos cuerpos simples; á la polimerización de éstos en moléculas de número variable, dando lugar á los estados alotrópicos; á la producción de cuerpos isotopos en el más ó menos lento, pero continuo, evolucionar de los átomos; á la combinación de elementos diferentes para constituir los cuerpos compuestos; á las diferentes maneras de asociarse unos y otros, y á la enorme variación de energía que en todos estos fenómenos se producen, debemos exclusivamente todos los fenómenos naturales; en una palabra, la evolución astronómica y con más intensidad todavía la evolución biológica.

No quiere esto decir que tales cambios forzosamente hayan de ser sucesivos; ellos son también simultáneos, y lo único que revelan es que la evolución química precedió á los dos restantes tipos de evolución, sin que por ello deba cesar cuando la evolución astronómica y biológica han dado ya sus resultados. Y así se observa que mientras en los sistemas astronómicos los cuerpos celestes de menor masa terminaron su evolución y no emiten calor, y en cambio los de mayores dimensiones se hallan retrasados en su proceso evolutivo, asimismo, en el sistema de los elementos ó cuerpos simples, los átomos ligeros no muestran señal alguna de actividad, la cual está reservada á los de peso atómico superior á 208.

Agradecemos que los fenómenos radiactivos, aun no siendo generales, se manifiesten en los elementos de peso atómico elevado, porque de no ser apreciable la disgregación atómica de dichos elementos, los vuelos de la Quími-

ca se hubieran reducido considerablemente. Permaneciendo inaccesible á la medida la radiactividad de los restantes cuerpos simples, caso de que en ellos exista, como desde luego parecen indicar algunas observaciones efectuadas con los metales alcalinos, sobre todo con el potasio y el rubidio, en esas condiciones jamás hubiera podido sospecharse en la disgregación atómica, ni menos todavía en los fenómenos de isotopismo modernamente conocidos.

XIX

LAS TEORÍAS ALQUIMISTAS Y LA DESINTEGRACIÓN ATÓMICA

La desintegración del átomo no significa retroceder á las antiguas teorías alquimistas; de éstas permanecemos tan alejados como antes de descubrir los fenómenos radiactivos, porque la mal llamada transmutación de los elementos es en realidad una disgregación atómica, que únicamente puede originar elementos de peso atómico inferior al de aquel que los engendró; y aun esta desintegración obedece á series determinadas y se realiza de un modo espontáneo, esto es, sin que ningún agente externo pueda modificar el orden de sucesión de dichos elementos.

Prueba de ello es el último término de la serie del uranio, esto es, el plomo ó uno de sus isotopos, al cual, según investigaciones de M. Curie y de Debierne, se le cree resultante de la emisión de una partícula α , bien sea en el átomo del polonio, bien en una mezcla de los productos finales de la desintegración del uranio y torio; el plomo y sus

isotopos no son elementos que podamos elaborar por la intervención de fenómenos radiactivos, sino únicamente compañeros fieles de los minerales unaníferos, á expensas de los cuales se forman, en el transcurso de las épocas geológicas, mediante un proceso de desintegración.

Por consiguiente, la nubilización de los metales, y en particular la producción artificial del oro, objeto primordial de los alquimistas, sólo podría ser fenómeno espontáneo reservado á elementos de peso atómico superior al suyo, mas no obra del hombre, á no ser que en el porvenir llegue á disponer de fuentes de energía capaces de modificar la radiactividad, en cuyo caso fácil es augurar que tampoco la solución del problema tendrá probablemente valor práctico; porque, como decía muy bien Markwald, la cantidad de energía puesta en juego para conseguirlo ha de ser tan grande que el metal resultase á precios fabulosos si el fenómeno es endotérmico, ó por el contrario, de un valor despreciable comparado con el de la energía desprendida, si la desintegración corresponde á un fenómeno exotérmico. Por esto, aun cuando, según manifiesta Soddy en su obra acerca de los elementos radiactivos, en la emisión de una partícula β por un átomo de mercurio debe resultar un átomo de oro ó de uno de sus isotopos, no deja todavía de ser una quimera aquella frase pronunciada por el alquimista español del siglo XIII Raimundo Lulio: «Si el mar fuera de mercurio veríais transformarlo en oro.»

El principio de la desintegración atómica rememora tal vez el problema de los alquimistas, pero de ningún modo constituye su solución; de realizarse la fantasía alquimista y adquirir aquel principio los vuelos de los problemas in-

dustriales, ya resueltos, seguramente provocaría un cataclismo universal, interrumpiendo la marcha normal de las colectividades nacionales, las cuales necesitarían buscar en otro elemento el sustitutivo del que con la abundancia había perdido una de sus más apreciadas condiciones de estimación.

La prosperidad y riqueza de las naciones no reside sólo en la abundancia del artificioso patrón oro, pues los países más cultos, ricos é independientes, no son precisamente los que encierran en su suelo mayor cantidad de arenas auríferas; la riqueza más bien la determinan dos elementos no nobles: el carbón y el hierro, materias primordiales de toda industria. Los pueblos que las poseen son de ordinario dominadores de aquellos otros eminentemente auríferos, porque éstos, convertidos en colonias, vense obligados á ceder sus materias primas á cambio de productos ya elaborados, constituyendo así la principal fuente de ingresos de la metrópoli. Para que la potencialidad de un Estado sea sólida, se precisa que las reservas de oro, además de ser abundantes, representen la medida de un trabajo colectivo intenso; es decir, se necesita llegar á un alto grado de desarrollo en las industrias agrícolas y en sus derivadas, á una transformación conveniente de los productos del subsuelo y á un movimiento comercial en armonía con la cuantía de materias elaboradas. Problemas son los dos primeros cuya solución debemos agradecer á los desvelos y trabajos de los químicos, que descubriendo el mecanismo de las reacciones supieron sentar los cimientos de formidables empresas industriales.

HE DICHO.

Impreso estaba este trabajo para proceder a su lectura el día 1.º de Octubre, cuando, a consecuencia de los alarmantes caracteres con que por aquella fecha se extendía la enfermedad reinante, ordenóse el aplazamiento de la inauguración del curso académico.

Durante este tiempo el Claustro de la Universidad de Murcia experimentó todavía algunas modificaciones. A consecuencia de la permuta entablada entre el Dr. Carande, catedrático de Economía Política y Hacienda Pública de nuestro primer Centro Docente, y el Dr. Peña, catedrático de igual asignatura en la Universidad de Sevilla, perdimos un excelente compañero de cuya inflexibilidad en el cumplimiento de su deber, y de cuya actuación como Decano de la Facultad de Derecho quedará recuerdo imperecedero. Reciba su sucesor D. Teodoro Peña, sincera expresión de afecto y respeto de sus compañeros de Profesorado; si siempre fué gran honor recibir en el seno de un claustro docente a catedráticos curtidos en la enseñanza por largos años de vida académica, quizás nuestra Universidad sea la que con mayor beneplácito los acoja fiada en que la experiencia de sus años complementa la labor de un Profesorado joven, consagrado por entero a las disciplinas de la cátedra. Otra permuta entablada entre D. Salvador Salóm Antequera y D. Manuel Bedmar, nos privó de conocer al que en recientes oposiciones había logrado la cátedra de Derecho Civil de esta Universidad, y pocos días hace publicaba la «Gaceta» R. O. jubilando al Dr. Bedmar. Para cubrir la vacante que al cesar en el cargo de Decano de la Facultad de Derecho dejó D. Ramón Carande, fué designado, no ha muchos días, el sabio jurista, catedrático de Derecho Romano, D. Laureano Sánchez Gallego. Acierto indiscutible ha sido nombrar al que como Secretario de la misma Facultad había demostrado su competencia en la organización de los asuntos administrativos, por cuyo motivo no es aventurado suponer que su labor al frente de la Facultad repercutirá beneficiosamente en el fomento de la cultura.

Tras un período de ansiedad durante el cual el luto se adueñó de numerosos hogares, hoy se vislumbra, afortunadamente, un decrecimiento considerable de la epidemia grippal. Con este motivo, el Ilmo. Sr. Rector de la Universidad, de acuerdo con las instrucciones recibidas del Excmo. Sr. Ministro de Instrucción Pública, y con los informes emitidos por las Juntas de Sanidad de la Región, ha dispuesto que no se demore más un acto tan trascendental como el de dar principio a las tareas docentes.

Nunca mejor que hoy estarán justificadas las exhortaciones que desde esta Tribuna suelen dirigirse a Profesores y Alumnos para lograr la mayor intensidad posible en el trabajo de cátedra. Cerca de dos meses hemos permanecido unos y otros esperando que la Apertura del Curso se efectuara; si en este tiempo, por causas muy sensibles y ajenas a nuestra voluntad, nos mantuvimos alejados de las aulas, acudamos a ellas desde mañana con el entusiasmo del que desea recuperar los días que pasaron. Hoy en que la paz universal alborea y los pueblos cansados de lucha cruel y estéril se aprestan al trabajo para lanzar al mundo sus productos, se impone un esfuerzo individual y colectivo a fin de no quedarnos rezagados. Vosotros, jóvenes estudiantes, ved en las circunstancias mencionadas motivos que obligan al acatamiento de una rigurosa disciplina; comprended las razones poderosas por las cuales urge habilitar como lectivos la mayor parte de los días que en años anteriores soliais computar como festivos; meditad, finalmente, que en este curso todo conato de holganza habría de producir deplorable efecto en el ánimo de la opinión sensata, y llevaría consigo, irremediabilmente, el desprestigio de la clase estudiantil. En vuestro amor al estudio confían no sólo los que dispuestos a enseñaros compartirán con vosotros las horas de trabajo, sino también España entera, cuya futura grandeza, si ha de ser sólida, descansará en el esfuerzo que realice la juventud estudiosa y trabajadora.

