







A.T.A.
1116

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. RICARDO BECERRO DE BENGÓA

el día 11 de Febrero de 1894



MADRID.— 1894

IMPRENTA DE LUIS AGUADO

8, *Pontejos*, 8

111

M-7648
R-

A.T.A.
1116



DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. RICARDO BECERRO DE BENGUA

el día 11 de Febrero de 1894



MADRID.— 1894

IMPRENTA DE LUIS AGUADO

8, Pontejos, 8

DISCURSO

DEL

SR. D. RICARDO BECERRO DE BENGOA

Señores:

La Real Academia de Ciencias, honrándome de una manera extraordinaria, y como yo jamás podía esperarlo, se dignó llamarme á su seno, á fin de que tome parte en las tareas de su instituto. Para el pobre Catedrático que hoy se presenta ante vosotros á inscribirse de hecho, cual el último de todos, entre los individuos de la Corporación, tan señalada distinción es más que pródiga recompensa, no sólo á los insignificantes méritos de venir profesando los estudios de la Física y de la Química, en su Cátedra, desde hace veinticinco años, y de haber procurado difundir en la prensa científica, durante todo ese tiempo, aquellos mismos estudios, con la constante relación y comentario de los adelantos y progresos que á la Ciencia se deben, no sólo á tan comunes tareas, sino á todas cuantas pueda emprender y realizar en adelante en ese mismo orden de trabajos, y á cuantos otros especiales logre llevar á cabo á vuestro lado, dirigido por vuestro ejemplo, y aleccionado por vuestra superior competencia, firme con el aliento de vuestros consejos, y, como en ninguna otra parte, gozoso y satisfecho, al hallarse enaltecido siempre con vuestra compañía. No acierto, pues, á mani-

festar, ante tan grande honra y ante distinción tan envidiada, cuán justa y sincera es y será mi gratitud para esta Real Academia; y no sólo siento el no saber encontrar apropiadas frases para manifestarla, sino que más me apena el creer que, dado lo poco que yo puedo y valgo, no podré corresponder nunca con mis obras á lo que naturalmente reclama mi gratitud.

Una leal explicación he de daros, después de haberos hecho presente mi reconocimiento, que sirva para disculparme de la tardanza con que he respondido á vuestra cariñosa llamada.

No fué en mí olvido de vuestra deferencia, porque, al contrario, con más viveza é intensidad se graba y acrecienta de día en día en mi memoria y en mi corazón lo que ella significa; ni fué tampoco abandono de un deber, porque jamás me hubiera atrevido á caer en tan gravísima falta.

Tiene mi retraso una causa y un carácter puramente mecánicos, por los muchos obstáculos que me veo precisado á vencer en el camino de mi vida modesta, y, por necesidad, un tanto laboriosa. Oblígame ella á acumular más trabajo que aquel que puede caber en la medida de mi tiempo y de mis fuerzas, y, comprometido á realizarlo, es lo común para mí el andar siempre atrasado y rendido. Necesito vivir, para vivir bien, es decir, nada más que decorosamente, aun dentro de la más honrosa medianía, no sólo al amparo de mi Cátedra, sino aferrado diariamente á la tarea de la prensa; y por si no fueran bastante ambos empeños, se han empeñado desde hace algunos años, muchos de los hijos de la tierra en que nací, en otorgarme su representación en el Parlamento, con la cual es cierto que se goza de la satisfacción incomparable de poder cuidar y defender, á una con los intereses nacionales, los de aquella comarca, y se satisface la vanidad de ocu-

par tan envidiados y combatidos puestos, y se hombrea uno con altos personajes entre los fugaces resplandores de la cosa pública. Pero cierto es también que para responder á las exigencias de cargo semejante, todo tiempo y toda laboriosidad son pocos; y es claro: á quien el tiempo y la energía le escasean, por absorbérselos casi por entero tan sagradas obligaciones, dicho se está que no podrá contar con ninguno, ni escaso ni sobrado, si á ese nuevo y grave trabajo ha de atender cumplidamente. Los necesarios descansos del día y muchas horas de la noche quedan suprimidos si se ha de cumplir, aunque sea tarde y mal, con los más urgentes deberes. Así, enredado en constante y apurada labor, he visto huir en estos años delante de mí ese mañana ilusorio, para el cual reservamos, siempre confiados, la ejecución de tantas y tantas empresas, que al fin no se realizan; y así ha transcurrido tanto tiempo, con harto pesar mío, sin que haya podido cumplir el deber en que estaba, de responder á vuestro llamamiento.

Acoged benévolos esta necesaria y leal explicación de mi falta y de mi retraso, y creed que, si no he estado materialmente entre vosotros, como de veras lo deseaba, me he hallado en espíritu, con toda voluntad, oyendo atento el eco de vuestros trabajos y haciéndolos míos, no porque me creyera con suficiencia para que lo fuesen, sino para inspirarme y aprender en ellos, ansiando siempre el feliz momento en que, una vez cumplido por mí el deber que señalan vuestros Estatutos, pudiera, como lo hago hoy, venir á daros el abrazo de discípulo reconocido, de hombre de gratitud, de imitador de vuestros nobilísimos empeños en la Ciencia, y no me atrevo á decir de compañero, porque de veras que no sé si me haré digno de serlo.

Al venir á formar parte de esta Corporación, se me designó, con gran satisfacción mía, para ocupar la vacante ocasionada por el fallecimiento del Excmo. Sr. D. Gumersindo Vicuña y Lazcano: de aquel Académico ilustre, que por tantos motivos fué mi amigo y mi compañero, y á quien nunca, dadas su edad y su salud, pude soñar en suceder, si en los designios de la Providencia no hubiera estado el que hubiéramos de perder todos tan pronto su honrosa compañía, aunque jamás, mientras vivamos, olvidemos su querida memoria.

Siempre, en ocasiones semejantes á esta, habéis hecho el elogio de los Sres. Académicos que os precedieron; conducta noble que, como tal, se impone en todas las Academias y corporaciones cultas. Imaginad, pues, con qué íntima satisfacción, mezclada con la natural tristeza que los recuerdos del que ya no existe traen consigo, he de dedicar yo algunas frases á repetir aquí de nuevo el merecido elogio de los trabajos de aquel hombre de bien, obrero infatigable, en mi misma apartada y euskara tierra nacido; como yo, sustentado con el pan de la enseñanza; como yo, puesto al servicio en la prensa de la propaganda científica; y representante, como yo, en las Cortes, de aquel noble, creyente y laborioso pueblo vascongado.

Dadas estas circunstancias, que tanto nos identificaron en nuestras aspiraciones, hubiera yo pedido, así como por natural y lógica herencia, su puesto, al quedar vacante, si yo hubiera podido pedirlos algo: calculad, por consiguiente, cómo casi pude yo entender que era cual misterioso personal legado suyo el verme señalado por la que considero como verdadera suerte, para ocupar su escaño, y para continuar, en lo posible, sus meritísimos trabajos.

La Real Academia oyó complacida el elogio, bien pensado, del Sr. Vicuña, que el Sr. Secretario general de esta Corporación, Ilmo. Sr. D. Miguel Merino, leyó ante

ella en la sesión inaugural de 1890 á 1891, y que forma parte del texto del resumen de las actas de las sesiones. En aquel hermoso tributo, pagado á la memoria de los señores Académicos fallecidos durante el año anterior, supo el Sr. Merino, como sabe hacerlo siempre, dedicar toda la verdad y vehemencia de su clásica pluma y de su excelente corazón á enaltecer con justicia el recuerdo de Académicos tan inolvidables como los señores Nava y Caveda, García Martino, Arévalo y Vaca, Guirao, Archilla y Vicuña. Allí está bosquejado de mano maestra, por lo sentido y lo ajustado á la verdad, el retrato del docto Catedrático de Física Matemática de la Universidad Central, á quien se me designó para que le sucediera en esta Corporación.

No puedo yo condensar el elogio del Sr. Vicuña con el sobrio acierto y relevante maestría con que lo hizo el Sr. Merino; pero he de cumplir ese deber como me sea dado, y muy complacido.

No es la tierra vascongada patria de poetas, ni de pintores, porque en ella, ni hay mucho calor en el ambiente, ni mucha luz en el cielo. Vibran en los repliegues de sus montañas los ecos de todo linaje de sonidos, y entre las nieblas brumosas de sus reducidos horizontes tiende á reconcentrarse, mas que á explayarse, el espíritu de los hombres. Por esto, sin duda, son allí reconcentrados y serios, y amigos de los estudios que requieren tenacidad, reflexión y honda labor; y por eso salen, en gran número, de aquella tierra, matemáticos y negociantes, dados todos á acumular muchas cifras, unas negativas para el provecho propio, como las que apilan los profesores y publicistas, y otras en alto grado positivas, como las que los comerciantes y banqueros escriben. Oradores, pintores y poetas no nacen allí; Ingenieros, Arquitectos, Matemáticos, Navegantes, Músicos y calculadores de todas clases, sí. Vas-

congados fueron hombres tan afamados en las Ciencias de otros siglos como los que en la historia de las construcciones, de las marítimas empresas, de la enseñanza y de los estudios analíticos y filosóficos se recuerdan; y de aquella misma comarca proceden muchos de los que todos hemos conocido y recordamos entre nuestros maestros.

Oriundo de aquel país y criado en él, el Sr. Vicuña no negó en sus aficiones y estudios, ni en las prendas de su carácter, las cualidades típicas del pueblo de que procedía. Al calor del desarrollo de las industrias vascongadas, y dentro del espíritu práctico y economista de la gente con quien se educó, viósele inclinado, desde las aulas, á las investigaciones científicas y á las tendencias utilitarias, que son propias de los que anhelan beneficiar las riquezas que pueden obtenerse de los materiales y de las fuerzas de la naturaleza. Bien joven fué Ingeniero industrial y doctor en Ciencias, y no sólo estudió en las cátedras y en los gabinetes y laboratorios españoles, sino que siguió una doble carrera de ampliación y perfeccionamiento en los del extranjero. Sus especiales dotes de entendimiento y de palabra, le llevaron al Profesorado, en el que tanto brilló, haciendo primero su aprendizaje como supernumerario de la Universidad Central y ocupando después la Cátedra de Física Matemática en la misma, cuyos cargos ganó en la noble lid de rigurosas oposiciones.

Pero á la actividad de su inteligencia no le bastaban la Cátedra, ni sus trabajos profesionales de Ingeniero, sino que le era también necesario el amplio horizonte de la publicidad en la prensa periódica y en el libro para desenvolverse. Vicuña fué un escritor científico, un vulgarizador de los conocimientos, de incansable laboriosidad. En la *Revista de la Universidad de Madrid* se conservan sus trabajos titulados: *Concepto y clasificación de las Ciencias físico-matemáticas* y *Principios generales de la Matemática*. Su

notable discurso leído en la apertura del curso de la Universidad Central de 1875 á 1876, versó acerca del *Cultivo de las Ciencias físico-químicas en España*. Y ya para entonces había publicado un folleto sobre *Motores hidráulicos* y otro sobre *Motores diversos*; su libro tan estimado *Teoría y Cálculo de las Máquinas de vapor y de gas con arreglo á la Termodinámica*; y la obra de enseñanza *Elementos de Física al alcance de todo el mundo*.

Didácticas también, para los obreros de nuestras Escuelas de Artes y Oficios y para los de las fábricas, son las que dió á luz denominadas: *Progresos industriales*, en que se tratan las cuestiones de ferrocarriles, caldeo y ventilación de edificios, navegación aérea, aparatos contra incendios, bombas, y otros diversos de uso y aplicación importante; y la traducción de *El Catecismo de los maquinistas y fogoneros*, de J. G. Malgor. Estudió la Exposición universal de París de 1878, dándola á conocer en un metódico trabajo crítico; y, más adelante, publicó un breve y popular *Manual de Meteorología*; el libro muy notable: *Introducción á la Teoría matemática de la Electricidad*, y otro, que tituló: *Exposición razonada de las unidades eléctricas*. Y no sólo colaboró además en cuantas revistas y periódicos científicos ó de propaganda de la pública cultura aparecieron desde 1864 á 1890, sino que fundó, dirigió y redactó, desde 1882 á 1884, la revista de ciencias, artes, oficios, agricultura, comercio y economía, titulada *La Semana Industrial*, en la que hizo una persistente y fructífera campaña de vulgarización de las aplicaciones científicas, y en la que se dió cuenta detallada de los inventos más importantes, mejoras, exposiciones nacionales y extranjeras, obras científicas é industriales, proyectos, y disposiciones legislativas referentes á la agricultura, artes y profesiones.

El Sr. Vicuña había escrito este lema al frente de aquella publicación: «España no será grande mientras no

se libre de la tutela extranjera en la industria, y para ello tiene que emprender con más actividad la conquista de..... su suelo y de sus recursos naturales.» Verdadero hombre vulgarizador, verdadero propagandista, tenía en el periódico puesto todo su entusiasmo y gozaba en la constante comunicación, que, por medio de él, mantenía con tantos ingenieros, fabricantes y productores españoles. La labor periodística de difusión de los conocimientos, muy enojosa y difícil y nada lucrativa por cierto en nuestro país, constituye para muchos científicos entusiastas una misión humanitaria, un apostolado, que si bien puede mirarse con desdén entre los sabios, es considerado como se merece entre los que conservan desde las aulas las aficiones á las nociones científicas que aprendieron; entre los que ansían conocer en sencillo lenguaje los progresos de las Ciencias en las naciones más adelantadas; entre los muchísimos hombres de alguna cultura que, sin ser gentes de carrera, viven del trabajo industrial; entre la juventud que estudia; y, sobre todo, entre la masa obrera inteligente, que sabe robar alguna hora cada día al descanso, fuera de la fábrica ó del taller, para enterarse de lo que nadie les puede ó les quiere decir y para instruirse en lo que nadie tiene empeño en enseñarles. A todos estos y otros muchos elementos de la sociedad aprovechan esta clase de publicaciones, y no es extraño que, conociéndolo así aquel generoso espíritu, dedicara tanta actividad, tanto tiempo y bastantes recursos á sostener su popular publicación. Predicó en ella con gran insistencia en pro de la enseñanza de nuestras clases obreras, escribiendo detenidos artículos que llevan su firma, acerca de las Escuelas de artes y oficios, de las industriales para niños, de las de minas, de la industria doméstica, y de la cuestión social. Dedicó muchos trabajos á la bibliografía científica, y aunque por natural temperamento

era severo y reservado, trató siempre muy bien á los publicistas sus compañeros, no empleando la crítica dura y despiadada que es propia de la emulación de bajo vuelo, sino animándoles con sus parabienes y sus justos elogios, y no ocultando los reparos y advertencias que, por los errores y faltas, merecieran.

Premió su tierra los relevantes méritos y el positivo valer que atesoraba, dándole su representación en el Parlamento. Le hizo diputado, pero no le hizo político. Prueba evidente de ello es, y tengo especial complacencia en declararlo aquí, que más brilló en el Congreso como hombre de Ciencia, como Ingeniero, y como Catedrático, que como hombre de partido, en cuyo concepto apenas trabajó nada. Y al Diputado, que por el progreso de nuestras prácticas científicas, de nuestra industria, de nuestras riquezas naturales y de nuestra enseñanza se distinguió tanto, bien se le puede añadir este elogio en la Academia, que á esas mismas levantadas y patrióticas empresas tiende en sus fines. En efecto, el Sr. Vicuña se ocupó en el Congreso desde 1876 á 1885, con algún ligero intervalo, del servicio meteorológico de España; del aumento de las divisiones hidrológicas; del estado de los canales y pantanos de riego y del preferente cuidado que merecen; de la tributación del cultivo y ganadería; del fomento de la producción y comercio de nuestros carbones; de la enseñanza profesional de los Ingenieros industriales; de una ley de Instrucción pública, organizándola en todos sus grados y estableciendo la completa libertad profesional, excepto en las carreras de Medicina y de Farmacia; de las cátedras de gimnasia higiénica; de la construcción de los ferrocarriles de Orconera á Luchana; de Huelva á Ayamonte; de Amorovieta á Guernica-Luno; de Durango á Zumarraga; de Salamanca á la Frontera, y de Madrid á Vacia-Madrid; de la conducción de aguas á Bilbao; de la mejora de los

Caños de la Carraca; de los puertos de Algorta y Ondárroa, y de la instalación de los productos españoles en la Exposición de París. Allí como aquí, estaba pues, el profesor, el académico, no el hombre político. Y al Ingeniero, catedrático y publicista competentísimo, no al político, le elevó su partido á los respetables puestos de Director general de Agricultura, Industria y Comercio primero, y de Director de Rentas Estancadas después; como sus compañeros de carrera le distinguieron nombrándole Presidente de la Asociación de Ingenieros industriales; como la Universidad Central le recibió entre sus Maestros, tras de noble oposición; y como vosotros le llamasteis á vuestra casa, conociendo de veras lo que valía y lo que merecía.

De qué modo cumplió aquí con su deber bien lo sabéis, porque en las Actas de esta ilustre Corporación figura su nombre con justicia, en muy distinguido lugar. Quien como hombre de estudio valió tanto, no valió menos como hombre de familia y como hombre de sociedad. Cumplido y digno ciudadano y caballero fué en el hogar y en el mundo; por lo cual, cuando se le nombra, va á su nombre el elogio unido, en boca de cuantos le conocieron. Si me toca ocupar su escaño, como ocupé un pequeño lugar en su corazón de amigo, de paisano y de compañero, no aspiraré á alcanzarle, sino á imitarle, en cuanto en la Academia realizó.

Al leer muchas veces los trabajos que el Sr. Vicuña dejó escritos acerca de la Física Matemática, y al contemplar el asombroso desarrollo que en nuestros tiempos ha realizado la Física experimental, fijándome asimismo en los considerables y utilísimos trabajos que en el laboratorio ha llevado á cabo la Química práctica, me ha asaltado

naturalmente la idea, tantas veces concebida y estudiada por los hombres científicos, de si será posible que se llegue á crear la Química matemática, racional, que de seguro había de ser fuente fecunda de incomparables progresos y aplicaciones.

En la Física existe hoy la tendencia, que se halla en felices vías de realización, de unir en un solo cuerpo y esfuerzo los métodos experimentales y los matemáticos. El llegar á substituir á la experiencia; siempre expuesta á errores, el cálculo riguroso y exacto, tal vez sea un ideal; pero esta aspiración se impone, ante la seguridad de que sean idénticas las causas que originan los principales fenómenos físicos. Claro es, que para ello, hay que partir de que el hecho fundamental, que sirve de punto de arranque á la teoría en que esté basada la primera ecuación, sea cierto, y que se preste, sin dificultad, á la traducción algebraica. Pero los hechos elementales simples que el matemático desea, no es lo común que se presenten á la observación; sino que son los complejos, con diversas causas originarias, los que suceden y los que los prácticos estudian. De aquí el que aquéllos den menor importancia á la experiencia que al cálculo, y que éstos, á la inversa, lo fien todo á los hechos experimentales.

En este pleito de larga fecha que la Física sostiene desde lo antiguo, matemáticos y prácticos han reñido grandes peleas, que poco á poco, por los resultados de sus mutuos esfuerzos, van convirtiéndose en harmónicas tendencias y aproximaciones. Se olvidan, insensiblemente, las hipótesis *á priori*, para ser consideradas como verdades las hipótesis que se fundan en la generalización de las proposiciones experimentales. Se va conviniendo en lo que afirmó Newton, á saber: que las hipótesis no deducidas de los fenómenos no deben figurar en la filosofía experimental, ya que en ella las proposiciones se

deducen de aquéllos y se generalizan por inducción: «*propositiones deducuntur ex phænomenis et redduntur generales per inductionem.*» Así lo ha probado el desarrollo de las investigaciones y trabajos en las diferentes fases de la Ciencia. En la que estudia el calor, por ejemplo, sus grandes progresos datan desde que se establecieron los dos fecundos principios de la termodinámica, en cuyos enunciados entran, como únicos elementos de experimentación, la temperatura, la cantidad de calor y el trabajo, y cuyas hipótesis consisten en admitir como exacta una ley, que la experiencia da como casi verdadera, y en aplicarla á todos los casos, y cuyo grado de exactitud depende de la mayor ó menor perfección de los hechos en que se funda, perfección que puede aumentarse sin cesar realizando los trabajos con mayor precisión cada día; cuya aproximación á la verdad no caracteriza á las hipótesis *á priori*. Los principios de la termodinámica, así sólida y experimentalmente establecidos, dan, en cuanto se refiere al calor, dos ecuaciones, de las que se deducen nuevas relaciones entre las cantidades que entran en ellas, que sirven para preveer nuevos fenómenos con sus valores numéricos. Y de estos principios demostrados se ha deducido que el calor es una manera de ser del movimiento; que las fuerzas en su energía total aparecen bajo dos formas, como energía actual y como energía potencial, y que, cuanto se dice de la energía ó de las fuerzas, puede decirse del calor. Preciso es declarar que, si bien de los hechos se han obtenido tan sorprendentes y útiles deducciones, no se ha podido prescindir de otras hipótesis, no tan fácilmente demostrables, como las de la existencia de las moléculas, las de las fuerzas y la del movimiento molecular, que afectan á la insondable incógnita de la constitución de la materia.

En el estudio del calor, Ampere, tratando de la teoría de la conductividad, insistía en que ésta se hallaba basada

en hechos experimentales, y que la ecuación deducida de ellos se confirmaba por la identidad de los cálculos que de ésta se deducen con las enseñanzas de la experiencia, ecuación que se adopta igualmente por las dos escuelas antagonistas acerca de la naturaleza del calor. Aplicó también á los fenómenos electrodinámicos, esta teoría que, sin inmiscuirse para nada en averiguar cuál sea la esencia ó causa de la electricidad, permite calcular, en todos los casos, las acciones mutuas de dos hilos conductores, atravesados por una corriente y en diversas posiciones respectivas colocados.

Tras de la ecuación ó ley experimental vinieron otras hipótesis variadas: las de los flúidos único ó diversos, la de la mecánica molecular, la de las fuerzas centrales á distancia y la de la gravitación, y todas ellas han pasado ó pasarán, y quedará en tanto firme la teoría experimental de Ampere. En la electricidad estática, en la del equilibrio eléctrico, se ha aplicado la ley newtoniana á la acción de los flúidos (la de las masas y la de las distancias), y en la óptica, en la de las vibraciones del éter luminoso se ha buscado la analogía con las de los fenómenos del sonido. Mas ni á pesar de la teoría de los flúidos, cuya existencia no se ha demostrado, se explican bien algunos fenómenos del equilibrio eléctrico, ni á pesar de la maravillosa tarea de Fresnel y de sus deducciones matemáticas, en gran parte probadas después por la experiencia, pueden comprenderse clara y racionalmente algunos hechos, verdaderamente sencillos, sin duda porque se refieren á la constitución interior de la materia. Cierto que tienen grande importancia las hipótesis, y como que son muchas veces un medio para llegar á la verdad, y no puede, ni debe prescindirse de ellas. Ayudan al descubrimiento de nuevos hechos en las ciencias, y éstos quedan, aunque las hipótesis sean substituídas por otras y desaparezcan. No hay para qué, pues, oponer la

Física matemática á la experimental, porque aquélla, al fin y al cabo, prescindiendo de la mayor ó menor aproximación á la verdad de su punto de partida, viene á ser también un método experimental, ya que si su desenvolvimiento estriba en el cálculo, su confirmación necesita de la experiencia. Por ésto, como queda dicho, es cada día más grande la tendencia á unir en un solo cuerpo de doctrina y en un solo esfuerzo de trabajo común el método experimental y el matemático.

Para realizar asimismo semejante aspiracion en la Química, ofrécense mayores dificultades, siendo menester apelar, como vacilante fundamento del cálculo todavía, á las hipótesis más ó menos conformes con los hechos, y ver si cabe aplicar las leyes físicas que son consecuencia de alguna de las teorías más respetadas. Ninguna respondería mejor á este fin, en las aspiraciones de los químicos modernos, que la aplicación de la ley de atracción de Newton. Si se pudiera demostrar, como se prevee, que los átomos del mundo invisible de la Química son de la misma naturaleza que los de los planetas y satélites, que sus evoluciones y movimientos son también semejantes, y que la estructura molecular de los compuestos químicos es análoga á la de los sistemas solares de los astrónomos, esta ciencia habría realizado el mayor de sus progresos.

Se admite el movimiento general de la materia, se cree que la electricidad, el calor y la luz son maneras de ser diversas del movimiento universal. Bergmann, el maestro de Scheele, sostenía, hace ya más de un siglo, que las causas de la acción química y la atracción de la gravedad son idénticas. Mac Leod ha dicho recientemente, ante la Asociación Británica. «¿De qué naturaleza es la atracción que une los átomos entre sí? No lo sabemos; pero es probable que se asemeje más á las leyes de la gravitación que regulan las posiciones respectivas del Sol y de los plane-

tas, que á las de la cohesión, á la que se supone que están sujetos los átomos de un cuerpo rígido. Mas probable es la hipótesis que consiste en admitir, en cada molécula, la existencia de un movimiento de rotación de todos los átomos alrededor de un átomo central, ó si no la existencia de un movimiento vibratorio dirigido en el sentido de un átomo único, centro de atracción de todos los demás.» También el afamado profesor Würtz, tan entusiasta partidario de la teoría atómica, pensó de la misma manera, hace ya muchos años. Al explicar en su cátedra las propiedades de la bencina y de sus derivados, y dibujar el exágono típico con sus átomos correspondientes de hidrógeno en cada vértice, se volvía rápidamente hacia sus discípulos y con toda vehemencia exclamaba: «No crean ustedes, señores, que estos átomos están inmóviles en la molécula como lo están aquí en el dibujo; estos átomos se mueven; se hallan impulsados por movimientos muy rápidos; *giran unos alrededor de otros como los planetas alrededor del Sol.*» Maxwell ha llegado casi á contar el número y á notar las diferencias características de las vibraciones y choques moleculares; se pueden hacer sensibles los movimientos de los gases de diversa densidad unos al través de otros; Graham los hizo materialmente visibles en los líquidos; y Spring ha demostrado la realidad de estos movimientos en los sólidos, al mezclar el nitrato de potasa en polvo y deshidratado con el acetato de sosa, y obtener por el simple contacto de unas partículas con otras, nitrato de sosa y acetato de potasa.

A la inercia de la materia, supuesta hasta hoy efectiva y real, habrá que sustituir en adelante los movimientos incesantes, aunque imperceptibles, de sus mínimas partículas componentes.

Dice el insigne Demetrio Mendelejeff que, así como los astrónomos y mecánicos calcularon la conservación de

la fuerza viva con el estudio de los movimientos de los cuerpos celestes y terrestres, los químicos deben proceder á la inversa: conociendo, como se conoce, la conservación de la fuerza viva que se manifiesta en las reacciones por los fenómenos químicos y mecánicos que las caracterizan, los químicos deben reconocer en las moléculas en movimiento una fuerza viva, que, como la materia, es permanente, y ni se crea, ni se destruye. Y con esto se podrán determinar después los equilibrios dinámicos de las moléculas y de los átomos, y comprender poco á poco las rápidas evoluciones de la materia, es decir, cómo en aquello que es siempre invariable y permanente se producen las variaciones á que da lugar la combinación.

Abundantes hechos hay que pueden servir de fundamento para entrar de lleno en este camino, pero aun falta quien, con la potencia del genio, como Newton en la Astronomía y en la Mecánica, generalice esos hechos observados, dicte la ley dinámica á la que las combinaciones obedecen y sirva de guía en ese camino de la Mecánica química. Durante mucho tiempo imperó en esta ciencia la teoría de la atracción preferente de unos cuerpos para con otros, hasta que gran suma de experiencias demostraron que más que esas simpatías y antipatías entre los cuerpos, lo que realmente resulta de su mutua acción es que tienden siempre á quedar en su verdadero equilibrio dinámico: equilibrio entre las reacciones opuestas, que en la combustión, por ejemplo, producen calor ó absorben calor, ó entre las corrientes opuestas de asociación y de disgregación, que al mismo tiempo nacen y parecen neutralizarse, en las disoluciones. Según esta teoría, no basta sólo la afinidad para explicar los fenómenos químicos. Ni tampoco basta la del equilibrio estático, que sirve de base á la teoría atómica.

Multiplíquense las tendencias y los hechos para demos-

trar cómo las proyectadas leyes de la Físico-química pueden unificar la inteligencia de los fenómenos mecánicos que sirven de base á la Física, y la de las combinaciones, dependientes de la desconocida constitución de la materia. W. Ostwald, de Leipzig, ha dicho en uno de sus últimos libros: «La Química no es más que una rama de la Mecánica general.» En efecto, las leyes de la disociación; las de la termodinámica; los trabajos de Clausius, Dupré, Hortsman y Gibbs; las leyes del isomorfismo; las de Dulong y Petit; la crisocopia, las investigaciones acerca de la solubilidad y de las densidades de los vapores, y otras no menos útiles permiten hoy apreciar y entender algo, que se relaciona muchísimo con la constitución y con el equilibrio químico molecular, como es la determinación del peso molecular y atómico de los cuerpos.

Asunto tan fundamental para la Química como el de la determinación matemática del tamaño de los átomos y de su distancia ó situación en los cuerpos, ha sido resuelto, gracias á las investigaciones de la Física, por S. W. Thomson, valiéndose de cuatro distintos procedimientos ó métodos, á saber: el de la teoría ondulatoria de la luz; el de los fenómenos de la electricidad en contacto; el de la atracción capilar, y el de la teoría cinética de los gases: según todos los cuales, el diámetro de los átomos heterogéneos, ó el de las moléculas de la materia, en las condiciones ordinarias, es de $\frac{1}{10.000.000}$ de centímetro, ó está comprendido entre $\frac{1}{10.000.000}$ y $\frac{1}{100.000.000}$ de centímetro; y la distancia media entre los centros de moléculas inmediatas unas á otras, en un líquido ordinario, en un sólido transparente ó en un sólido opaco en apariencia es inferior á $\frac{1}{5.000.000}$ y superior á $\frac{1}{1.000.000.000}$ de centímetro.

Si además de la determinación del tamaño y distancia de las moléculas es importantísimo el conocer cuanto sea

posible acerca de su peso y de su estado, ¿no serán verdaderos trabajos de carácter físico-químico los que la Física viene realizando en estos últimos años, con el estudio de las disoluciones, que permite ya, no sólo determinar esos pesos, sino afirmar que al estado molecular de la materia inorgánica corresponde, salvo en contados casos, el estado más sencillo que puede darse en la composición química?—Tales son las importantes consecuencias del conocimiento de las condiciones de los cuerpos disueltos, cuya transcendencia es innegable en la Mecánica química, en cuyo conocimiento se comprende el de las propiedades físicas de las disoluciones; el de los fenómenos térmicos que acompañan á la disolución ó diluición; el del descenso del grado de congelación del disolvente; el de la disminución de la tensión del vapor del mismo; el del calor específico, y el de la conductividad eléctrica.

Modestos pero eminentes obreros de la Ciencia se han ocupado con grande éxito en estos trabajos, como Vüllner de la tensión de los vapores; Valson de la ley de los módulos; Raoult, Rudorf y Coppet del grado de congelación; Nicol, Schmidt, Heritsch, Groshans, Sydney Lupton, Lunge, Bakhuis Roozeboom y Charpy de la determinación experimental de los valores de congelación; y Mendelejeff, entre ellos, (*Zeitschrift für physik*), de las curvas de densidad de las disoluciones del ácido sulfúrico, para deducir todas las relaciones entre el valor del coeficiente de contracción de una disolución y el peso molecular del cuerpo disuelto, cuyos trabajos constituyen un nuevo procedimiento para la determinación de los equilibrios químicos en las disoluciones.

Intimamente ligado con este estudio físico-químico está el de la presión osmósica y su influencia ó acción en las disoluciones, comparadas con los gases diluídos, que se debe al profesor J. H. Van't Hoff, de Amsterdam, y que

demuestra la identidad casi perfecta que caracteriza á aquellas y á éstos. Colocadas las disoluciones en vasos semipermeables, que dejen pasar el disolvente, pero no el cuerpo disuelto, obsérvase que se produce lo que en Física designamos con el nombre de presión osmósica, tan difícil de determinar, pero tantas veces determinada ya por Pfeffer y que se asemeja en absoluto á la presión ordinaria de un gas, en términos, que llega á demostrarse por la experiencia ó por el cálculo que se le pueden aplicar las conocidas leyes fundamentales de los gases diluídos, que fueron descubiertas y enunciadas por Boyle, Gay-Lussac y Avogadro: es decir, con Boyle, que la presión osmósica es proporcional á la concentración; con Gay-Lussac que la presión osmósica es proporcional á la temperatura; y con Avogadro, la que, además de referirse á las dos anteriores, permite determinar el peso molecular del cuerpo disuelto. A estas leyes se han añadido las de Raoult, de Grenoble, á quien se debe el método de determinación del peso de los cuerpos, denominado *crisocópico*, que se emplea hoy, cuando no pueden aplicarse los de Avogadro y Ampère.

Raoult ha enunciado y demostrado la ley de que: «el descenso del grado de solidificación de una disolución es proporcional al peso total de la materia disuelta en un peso constante de disolvente». Para llegar á deducir esta ley, ahora combatida por Pickering, estudió las tensiones del vapor de las disoluciones, que son iguales para dos disoluciones en el mismo disolvente, siempre que su fuerza osmósica sea igual, ó *isotónica*, según la expresión de Vries. La disminución molecular de tensión es constante para las disoluciones de un mismo disolvente, separadas por una pared semipermeable, y que contengan igual número de moléculas. Esa isotonía ó igualdad de presión corresponde á la del grado de congelación, porque ésta es la temperatura á la cual, la tensión del cuerpo sólido, por ejemplo, el

hielo en las disoluciones acuosas, es igual á la de la disolución; de donde se deduce la ley indicada. El coeficiente de descenso del grado de congelación ó solidificación de un cuerpo dado, es el que corresponde á 1 gramo de este cuerpo disuelto en 100 de líquido (agua, bencina, ácido acético etc.), coeficiente que es constante para los cuerpos en estado anhidro, pero que varía, aumentando, cuanto mayor es la cantidad de agua que contiene, si es hidratado. Raoult ha calculado los coeficientes de numerosos cuerpos valiéndose de la fórmula:

$$T = \frac{C'' \frac{C'}{P'} - C' \frac{C''}{P''}}{C'' - C'} \times M.$$

Obtenido el coeficiente de descenso de la congelación con relación á un líquido dado, si se le multiplica por el peso molecular de la substancia disuelta, se obtiene el descenso que determinaría una molécula de la misma, si estuviera disuelta en 100 gramos de líquido, y este producto se denomina *descenso molecular*, T , que cualquiera que sea el disolvente empleado, está representado para la mayor parte de los cuerpos por seis grupos de cifras, que se diferencian muy poco entre sí, en cada grupo (1). Con el conocimiento de la tensión de las disoluciones y con el procedimiento crisocópico se obtienen perfectamente los pesos moleculares de los cuerpos orgánicos, como acaban de hacerlo Brown y G. Harris Morris, V. Meyer, Auwers, Tollens y Wheeler con los de los hidratos de carbono, y especialmente, respecto á la dextrosa, azúcar de caña, de leche, maltosa, arabinosa, rafinosa y galactosa; y se aprecian también los de los de naturaleza mineral; y una vez

(1) En el 1.^o $T = 19,2$; en el 2.^o $T = 34,6$; en el 3.^o $T = 39,8$; en el 4.^o $T = 45,2$; en el 5.^o $T = 17$ y en el 6.^o $T = 130$.

que ambos métodos, en un principio empíricos, se explican ya racionalmente, interpretándolos con arreglo á las leyes físicas de la teoría osmósica, se han adoptado y generalizado de tal manera, para determinar el peso molecular de los cuerpos disueltos, que apenas se hace uso ya del de las densidades de los vapores, tan usados hasta aquí. Gracias á estos nuevos procedimientos, se han podido apreciar también en su justo valor determinados casos de isomería, por lo que se les da especial importancia en la Química orgánica, para las determinaciones ó desenvolvimientos estereoquímicos.

En todas las investigaciones indicadas en la aplicación de la teorías dinámicas de la luz, de la capilaridad, de la cinética de los gases, de la osmósica, de la tensión de los vapores, de la congelación y del peso molecular, aplicadas á conocimiento de suyo tan importante como el de la constitución de los cuerpos, se ve, pues, perfectamente marcada la ingerencia de las leyes físicas en el dominio fundamental de la Química, y no es extraño, por lo mismo, que hoy se repita lo que atrás queda dicho respecto á la insuficiencia del concepto de la afinidad para explicar los fenómenos de las combinaciones, ni tampoco el del equilibrio estático y estructural de la atomicidad.

Grande época de favor y de fortuna tuvo en estos estudios la teoría atómica, á la que es innegable que debe la Ciencia tantos progresos, y que bien merece los elogios que tantos maestros, como Vislicenus recientemente entre otros, la han tributado. Desde aquellos tiempos en que el eminente químico Kekulé formuló la teoría de la estructura de los compuestos orgánicos, basada en la tetratomicidad del carbono, fijándose en los productos derivados

obtenidos por substitución en los elementos de la bencina; cuando ya se pudo avanzar en el campo de los progresos á que dieron lugar las ideas de la saturación recíproca, y el encadenamiento ordenado de los átomos; cuando el profesor ruso Zinin al someter la nitrobencina á la acción de los cuerpos hidrogenantes obtuvo la anilina, y asentó en ello la firmísima base de la gran industria de las materias colorantes y la posibilidad de producir un número infinito de bases artificiales, surgió de hecho la Química estructural, se ampliaron de un modo maravilloso los horizontes de la orgánica, se multiplicó el descubrimiento de nuevos métodos para obtener, por medio de grupos atómicos y de combinaciones sencillas, las construcciones moleculares más complicadas, y se aprendió á desdoblar ó descomponer éstas y á descubrir otras de constitución más simple. La hipótesis estereoquímica explicó perfectamente no solo las isomerías ordinarias, sino la que existe entre cuerpos no saturados de la misma estructura. Se aplicó el procedimiento sintético, y pudo la Ciencia obtener substancias análogas á las producidas por la energía vital de la naturaleza organizada, formando la serie de los ureidos, los cuerpos semejantes á los alcaloides vegetales, el índigo, el grupo de los azúcares y los aceites esenciales. No hay para qué recordar qué grandes conquistas y qué progresos realizó también la Química industrial sintética en la obtención y fabricación metódica de las materias colorantes de todas clases, en la de muchas substancias de aplicación terapéutica, en la de los perfumes y en otras. Iguales progresos que en la Química del carbono, empiezan á realizarse ya en la del nitrógeno, y entre otras, en las aplicaciones de la Química á la agricultura.

A pesar de esta larga serie de triunfos, ha sido y es bastante criticada y combatida la teoría atómica, que para

unos resulta ya poco menos que inútil, mientras que para otros ahora empieza á ser acogida y empleada con más afán que nunca. Hay muchos casos, dicen sus contradictores, Mac Lood entre ellos, en que resulta deficiente. Parece que la atomicidad de un elemento sólo debiera variar de dos en dos unidades atractivas, es decir, ser mono, tri ó pentatómico, pero nunca di ó tetratómico; y, sin embargo, el nitrógeno que es pentatómico en el cloruro amónico y triatómico en el amoniaco, forma un compuesto oxigenado NO, en el que parece ser diatómico. Para explicar esta anomalía se ha inventado la idea de la afinidad ó atomicidad *libre*, lo cual está en oposición con los fundamentos de la teoría atómica, ya que en ella, para explicar la existencia de una molécula elemental, se considera imposible el que exista ninguna atomicidad libre. Los atomistas admiten que la molécula de hidrógeno resulta de la yuxtaposición de dos átomos de este cuerpo, que mutuamente equilibran ó saturan sus recíprocas afinidades. Pues bien, el bióxido de nitrógeno es una substancia activa que se combina con otros cuerpos, y sin embargo, debiendo tener al parecer alguna afinidad libre para otras substancias, no presenta ninguna para con otra molécula de bióxido de nitrógeno. La fórmula del peróxido de nitrógeno varía con la temperatura, porque á una inferior puede representarse por $N^2 O^4$, mientras que á otra alta se convierte en NO^2 , pudiéndose, pues, suponer que á la ordinaria el bióxido contiene también una molécula libre ó disociada, y que al descender esta temperatura, la molécula se convierte en $N^2 O^2$, con todo su nitrógeno en estado triatómico y sin ninguna atomicidad libre. A pesar de ello, la densidad del gas, á la temperatura de 73° , da todavía para el bióxido la fórmula NO.

M. H. Roscoe ha apuntado otro notable ejemplo de la variación de la atomicidad, estudiando los cloruros de

vanadio. Este cuerpo elemental, el vanadio, que por analogía parece deber ser triatómico ó pentatómico, da un cloruro cuya composición está representada por la fórmula VCl^4 . Además, la fórmula del óxido hipoclorico ClO^2 , nos induce á creer que, ó bien el cloro es tetratómico, ó que la molécula de dicho cuerpo contiene una atomicidad libre. También se afirma que la teoría atómica es insuficiente para explicar la existencia y naturaleza de las sales cristalizadas, perfectamente definidas y que contienen agua de cristalización. Para darse cuenta de estas verdaderas combinaciones del agua con las sales anhidras, caracterizadas, además de por la gran elevación de temperatura, por un cambio en las propiedades inherentes del cuerpo primitivo y aun por una alteración simultánea de su color y de su forma cristalina, se ha dado á estos nuevos cuerpos el nombre de «combinaciones moleculares», á fin de indicar que las moléculas ya saturadas se combinan entre sí de uno ó de otro modo, combinación que difiere por completo de la combinación atómica. No es más admisible la idea de «afinidad restante, ó de residuo», que también se admite por otros, para explicar cómo se unen dos cuerpos en una especie de juxtaposición menos estable que la combinación propiamente dicha. Con el empleo de estos conceptos y de estas frases todo es susceptible de explicarse; pero semejantes artificios no conducirán nunca á nada serio, ni deben admitirse como complemento de una teoría como la de la atomicidad. No existiendo, como no existe, la atomicidad fija é invariable de los elementos (ni la del fósforo, ni la del azufre, ni la del oxígeno, ni otras muchas), habiendo necesidad de admitir aquellas afinidades libres en determinadas condiciones, la verdad es que resulta muy débil esta base para que pueda servir de explicación ó de teoría en las combinaciones, y mucho más cuando la atomicidad sólo se ocupa, en resumen, de la es-

estructura, de la posición estática de los átomos en las moléculas, y no de sus relaciones dinámicas.

A pesar de semejantes contiendas acerca de la eficacia y validez de la teoría estructural, sus partidarios continúan trabajando á su amparo con grande éxito, en muchas aplicaciones de la Ciencia. Notables por todo extremo y de gran interés práctico son los recientes estudios de E. Fischer para demostrar la verdad de las ideas de Van't Hoff

y de Lebel, acerca del carbono asimétrico, $R_1-\overset{R_1}{\underset{R_3}{|}{C}}-R_2$ para

explicar numerosas isomerías estereoquímicas por ellos previstas, y para dar racional explicación también de otras que no se podían comprender y que se referían á las diferencias que presenta un mismo cuerpo orgánico determinado, respecto á la luz polarizada. Los hechos demuestran la verdad de esta nueva campaña estructural, y este trabajo es, según algunos químicos alemanes, el edificio sintético más importante de la Química contemporánea.

Como en la vieja cristalografía sólo se atendía al aspecto estático y estructural de los cristales, y hoy, ante el estudio de su formación y propiedades, los cristalógrafos, dejando aquel estrecho criterio, han entrado de lleno en la teoría dinámica, así ha de ocurrir necesariamente en las teorías químicas. Claro es que todo cuanto tiene de racional y de útil la teoría estructural quedará en pie, pero será necesario completarla con la del movimiento de los átomos, por más que, según la opinión de los partidarios del dinamismo, y de Mendelejeff entre ellos, la composición y transformación de las moléculas puede explicarse apoyándose en los principios dinámicos de Newton, sin necesidad de recurrir á la doctrina de los estructuristas.

Supuesto el movimiento constante de los átomos, cuya naturaleza es aún desconocida, pero que bien pudiera ser

como el de todos los cuerpos que componen los sistemas planetarios, esto es, de rotación alrededor de sus ejes, y en virtud del cual la constitución molecular ordinaria no es otra cosa que un verdadero equilibrio de fuerzas iguales y contrarias, cabe, en efecto, para explicar el resultado de las alteraciones que por cualquiera causa se produzcan en ese equilibrio, aplicar la tercera ley de Newton *Actionem contrariam* etc., según la cual á la acción corresponde siempre una reacción igual; y la acción de los cuerpos unos sobre otros, es siempre igual y se efectúa en dirección contraria. Tal es el punto de partida del equilibrio dinámico, y con él pueden explicarse satisfactoriamente lo mismo las antiguas ideas de las combinaciones dualistas, que los tipos unitarios, que la estructura atómica.

Si los átomos forman la molécula, cada grupo de átomos obra sobre el otro de la misma manera y con la misma fuerza que éste sobre aquél, de donde se deduce que la serie de átomos que constituyen la molécula, no sólo son equivalentes, sino que pueden recíprocamente combinarse y substituirse unos por otros, como se podría explicar fácilmente, por ejemplo, en las combinaciones típicas del carbono. De este principio de la substitución, perfectamente contenido en esa tercera ley de Newton, se pueden deducir, dice Mendelejeff, no solamente los caracteres particulares, la isomería, y las relaciones de las substancias, sino también las leyes generales de las combinaciones, sin necesidad de apelar á otras teorías, dejando siempre á la de la atomicidad la gloria de haber obtenido los grandes resultados en ciertos estudios, como el de la isomería de los hidrocarburos y de los alcoholes, y de haber establecido la síntesis racional de las substancias orgánicas.

Ahora bien; así como en Mecánica, considerando á la inercia como una fuerza, se pueden transformar las ecuaciones dinámicas en ecuaciones estáticas, mucho más sen-

cillas y comprensibles, del mismo modo la doctrina atómica, conservando su forma estructural, puede, dando á su criterio estático un criterio ó sentido dinámico, transformarse en una teoría á la que quepa perfectamente aplicar las leyes de la mecánica de Newton. Nosotros, con nuestros limitados sentidos no vemos, no podemos ver esos movimientos interiores que forman la constitución de los cuerpos, los de los átomos y los de las moléculas, y que, como queda dicho, tal vez sean de rotación y de revolución de unos alrededor de otros como los de los astros, con sus atmósferas y como los de la materia etérea que llena todos los espacios. No podemos ver, no vemos, las moléculas del aire en constante movimiento, ni las del vapor de agua contenido en él en su estado normal ó en su ascenso de evaporación, desde la superficie de la tierra y de las aguas, hacia las regiones altas de la atmósfera, y menos acertamos á ver en las substancias orgánicas vivas, vegetales ó animales, que tengamos en las manos, ni en nuestras manos mismas, el intensísimo movimiento que positivamente existe en ellas, en sus células, en su masa componente, originado por la nutrición, por el crecimiento y por la conservación; nada de esto vemos, y, sin embargo, el movimiento existe, en microscópicas proporciones, es verdad, pero de seguro sujeto á las mismas leyes de aquel que percibimos, calculamos y admiramos en los mundos planetarios.

Los movimientos de los astros, su equilibrio en los espacios, están íntimamente ligados con la existencia de la fuerza de la gravitación, que es asimismo la gravedad para los cuerpos situados dentro de la esfera de acción de la tierra y de la cohesión y afinidad dentro de la constitución de los cuerpos. Aquella teoría de Berthollet que hacía depender las acciones químicas de la masa que interviene en ellas, y de una constante que actúa en la naturaleza de las substancias, denominada afinidad, parece

que vuelve á resucitar hoy en estas modernas teorías cinéticas y dinámicas. Se dió casi al olvido la afinidad, en la dilatada época en que imperó la teoría electro-química del gran Berzelius, y no se habló mucho de ella cuando, olvidada ésta, se dedicaron con entusiasmo los químicos á estudiar el sinnúmero de combinaciones que por substitución pueden formar los átomos bajo la influencia de las fuerzas atractivas, en los compuestos orgánicos sobre todo.

Admitida en la Física la teoría mecánica del calor, y aplicándola á las combinaciones, se dijo que en virtud de la afinidad se transforma, al moverse unos átomos hacia otros, esta fuerza en fuerza viva, que toma generalmente la forma de calor, de manera que la medida de éste, no difícil de apreciar, nos puede dar la de la afinidad de cada cuerpo. Pero muy pocas veces un compuesto se forma por la unión directa de las moléculas simples, sino que es preciso tomarlas, para que se combinen, de otros compuestos. Esta separación preliminar no se opera sin consumir energía, sin absorber calor, y como en la formación del nuevo compuesto hay á su vez desprendimiento de calor, lo que se podrá observar ó medir realmente, será la diferencia de estas dos cantidades de calor. Además, en las combinaciones se producen cambios de estado y de volumen que también absorben ó desprenden calor. Por esto, y porque la apreciación exacta de las temperaturas es bastante difícil y expuesta á errores, se ha visto, al cabo de numerosas experiencias, que los hechos no suelen corresponder á la exactitud ó previsión de las leyes en la teoría termoquímica. De aquí el que ya no se afirme, como en los primeros tiempos en que esta teoría estuvo en boga, que la acción de la afinidad actúa de preferencia en las combinaciones

entre los cuerpos cuya formación produzca una reacción térmica más energética, sino que «hay tendencia» á que así suceda.

No se admite ya, pues, con el mismo rigor ni autoridad que antes, que el calor de combinación de los cuerpos es una transformación de la energía cinética en calor. Este desprendimiento de calor, dice Lotario Meyer, no es otra cosa sino el resultado de los cambios de estado que sufren los cuerpos. No pudiendo, pues, considerarse la manifestación térmica que acompaña á las transformaciones químicas como energía potencial de la atracción de los átomos, transformada en energía dinámica, entiende Meyer que es preciso admitir que cada cuerpo, cada átomo, cada combinación, tienen cierta cantidad de energía disponible, que en cada transformación química, como en cada cambio de estado, puede disminuir ó aumentar. Esta energía disponible no es la fuerza de la afinidad; la atracción entre los átomos es el movimiento activísimo de que están animados éstos, y tiene, por consiguiente, un carácter completamente cinético. También en este sentido ó en esta hipótesis, la idea de la afinidad, originada por ese movimiento, y la del movimiento mismo vienen á confundirse con las tendencias de la Química dinámica, que aspira á servir de base un día á la Química matemática.

Para poder avanzar en estas aspiraciones de la Ciencia, se compenetran y relacionan más y más cada día los estudios comunes de la Física y de la Química. A ello responde, entre otros conceptos, el de la ley de la periodicidad, que entiende, como es sabido, que las propiedades físicas de los cuerpos simples y las puramente químicas son funciones periódicas de las masas de los átomos de dichos cuerpos. Dentro de esta idea, físicos y químicos estudian con todo cuidado, como ya queda dicho, cuanto se refiere á los fenómenos de disolución, de densidad, de ca-

lor específico, de refracción y de conductividad eléctrica, para determinar las relaciones que existen entre el átomo y su masa y establecer de este modo la influencia predominante del átomo en la Física molecular.

La teoría cinética de los gases, estudiada por Clausius, Maxwell y otros, en su generalización, da una base muy segura para el conocimiento de la constitución de las masas gaseosas, y no solamente es utilísima y fecunda para la Física, sino que, íntimamente ligada, como se ve, con las leyes de Gay-Lussac y de Avogadro, sirve muy bien á las investigaciones químicas. Tanto á una como á otra ciencia interesan las aplicaciones teóricas y prácticas de la electrolisis, que se considera hoy como un verdadero transporte eléctrico de átomos y en la que las cantidades ó masas transportadas son idénticas para átomos del mismo valor. El valor mínimo que se refiere á los monovalentes, es la cantidad de electricidad menor que puede tomar parte en una modificación física ó química cualquiera, y se denomina unidad natural de electricidad. La teoría dinámica calcula muy bien este valor numérico. He aquí el razonamiento de Lodge: siendo preciso, al descomponer un gramo de agua, gastar $1,5 \times 10^{19}$ unidades electrostáticas positivas para cargar los dos átomos de hidrógeno contenidos en cada molécula, y habiendo en cada gramo 10^{25} moléculas (según Lotario Meyer), la carga sobre el hidrógeno de cada molécula, será $1,5 \times 10^{-12}$ unidades electrostáticas, ó sea cerca de 10^{-12} sobre cada átomo de hidrógeno; lo cual representa la 400 trillonésima de un coulomb. Como el potencial de una esfera cargada es la relación de su carga con su radio, el potencial del átomo de hidrógeno electrizado será $\frac{10^{-12}}{10^{-10}}$ ó 10^{-2} unidades electrostáticas, cerca de 3 volts. La atracción entre dos átomos de hidrógeno y de cloro, por ejemplo, siendo proporcional á $\frac{Q^2}{r^2}$ es

igual á $\frac{10^{-24}}{10^{-30}}$ ó sea á 10^{-6} , cerca de una diez millonésima de dyne. Gracias á su pequeña masa, esta fuerza es, por lo mismo, suficiente para imprimir á estos átomos una aceleración casi un trillón de veces mayor que la de la atracción de gravitación.

Calculando Helmholtz la atracción producida por estas cargas atómicas, ha encontrado que las cargas sobre los átomos en 1 milígramo de agua, si pudieran ser separadas y distribuidas en dos esferas distantes 1 kilómetro la una de la otra, producirían una fuerza de atracción igual al peso de 26.800 kilogramos. Según dicho físico, esta fuerza eléctrica es 71.000 trillones de veces más grande que la atracción entre los átomos del hidrógeno y del oxígeno. «Así, dice, aunque las fuerzas atractivas ejercidas por los polos de una pila pequeña sean muy reducidas relativamente á las cargas eléctricas que pueden producirse con las máquinas eléctricas, estas fuerzas desenvueltas por la pila sobre las cargas enormes en 1 milígramo de agua, pueden perfectamente compararse á las más poderosas afinidades químicas.» Y añade en conclusión: «Yo creo que los hechos no dejan duda alguna de que las fuerzas químicas más intensas son de origen eléctrico». Son curiosas en estas investigaciones las que se han realizado acerca de la velocidad de los átomos en la electricidad, en ese movimiento de los *ions*, ó productos de la descomposición que deja libres la corriente, del *anion* que va hacia el anodo, y del *cation* que se dirige al catodo, y que, según Kohlrausch, tratándose de un potencial de 1 volt por centímetro lineal, es para el hidrógeno de 1,08; para el potasio 0,205; para el sodio 0,126; para el litio 0,094; para la plata 0,166; para el cloro 0,213; y para el yodo 0,216. Fijándose en las deducciones que se obtienen del estudio de la electrolisis, cree W. Crookes que, según todas las probabilidades, la electricidad es atómica, y que un átomo eléctrico es una

cantidad tan definida como el átomo químico. Y repite también que, teniendo en cuenta que la atracción eléctrica entre dos átomos químicos es un trillón de veces mayor que la de la gravedad, no puede dejar de comprenderse la preponderante influencia que debe tener esta atracción en las acciones químicas.

Por igual manera interesan también á la Física que á la Química los grandes progresos del análisis espectral.

Los trabajos de Auer, Von Welsbach, Kruss y Nilson, de Boisbaudran, de Kieswetter y de Crookes han venido á producir una verdadera revolución en el concepto que se tenía hasta aquí de la materia elemental ó simple. Los que se entendía que eran átomos de masas idénticas, resulta ser una colección de masas variadas, que se agrupan en torno de una posición media determinada, para constituir la masa atómica. Su separación y distinción, imposible por los procedimientos ordinarios de la Química, se realiza por otros tan especiales como los de la espectroscopia, y gracias á ellos, se ve que la materia elemental se compone de subgrupos de substancias, denominadas por Crookes «metaelementos».

Conocida de todos es la teoría de la génesis de los elementos de este sabio ilustre. Figúrase la materia primitiva distribuída á uno y otro lado de una línea media, por las oscilaciones de un péndulo inmenso, y admite la condensación periódica por el decrecimiento de la temperatura de la materia originaria del protilo, que todo lo llena. Admitidas estas bases, dice: «Las oscilaciones alrededor de puntos equidistantes de un centro neutro; el grado de divergencia que determina las atomicidades de 1°, 2°, 3° y 4° grado, según que las distancias á ese centro sean 1, 2, 3, 4; el sentido ó dirección del movimiento que determina el carácter electro-negativo, durante la mitad de la oscilación en que el péndulo se acerca, ó electro-positivo

del elemento, durante la otra mitad de sentido contrario; la disminución gradual de la amplitud de las oscilaciones, y el aumento continuo de masas de grupos atómicos, á medida que disminuye la temperatura, todo esto debe estar íntimamente relacionado con la materia imponderable, esencia ú origen de energía, que denominamos electricidad».

Recordemos que en tan ingeniosa hipótesis, el movimiento del péndulo comienza en el lado electro-positivo, el litio se forma al lado del hidrógeno, con la misma pequeñez de peso atómico; después el glucinio, y después el boro y el carbono. Determinadas cantidades se distribuyen en cada elemento en el instante de su formación, y de ellas depende la manera de agruparse los átomos, la naturaleza mono, bi, tri y tetratómica de los elementos. Marcha el péndulo hacia la parte electro-negativa de su oscilación, y aparece el nitrógeno. Ocupa su puesto debajo del boro, elemento triatómico, como lo debe ser él, pero viene después del carbono que es tetratómico, y ocupa el quinto puesto á partir del punto de origen.

Así se explican las aparentes contradicciones, desde el momento en que se da al boro la doble atomicidad tri y pentatómica, con relación al oxígeno, bi y exatómico, y al fluor, mono y heptatómico.

Acabada esa media oscilación y pasada la línea neutra, marcha el péndulo hacia el lado de los elementos positivos y aparecen el sodio, monoatómico; el magnesio, biatómico; el aluminio, triatómico; y el silicio, tetratómico; y, completa ya la primera oscilación, vuelve hacia los elementos negativos y se forman el fósforo, el azufre y el cloro, cada uno de los cuales tiene, por lo menos, doble dinamicidad.

En las experiencias de las que Crookes ha deducido esta teoría, operando sobre el itrio por precipitación fraccionada

en el amoniaco, ha encontrado que este cuerpo, al parecer simple, está formado por otros cinco ó por otros ocho diversos, caracterizados por especiales bandas distintas en el espectro. Nueve elementos variados han encontrado Kruss y Nilson en el didimio, y en un número así tan notable se han fraccionado otros simples. Si cada átomo de un metaelemento no tiene más que un sólo valor de vibración, y si podemos ó no en un grupo de átomos de esta clase que forman lo que denominamos un cuerpo simple, determinar la composición de este grupo según el número de estas líneas espectrales de los metaelementos, cuestión es esta que no parece estar resuelta todavía. Pero la verdad es que con la teoría de Crookes ó sin ella, á la luz del espectroscopio se empieza á ver mucho de lo que antes no se percibía en la obscura cuestión de la composición de los cuerpos tenidos por elementales hasta aquí, y que los progresos de la Física están abriendo ya un gran campo de exploración para asentar también las bases de la futura teoría dinámica de la naturaleza de los cuerpos considerados químicamente.

Nuevas conquistas y nuevos trabajos en las investigaciones físicas, como los que en estos últimos años se vienen realizando, cambian por completo el alcance de la experimentación al colocar á los cuerpos, por ejemplo, en condiciones de temperaturas tan elevadas como no se podía esperar, y á cuya acción, la constitución molecular revela caracteres hasta ahora desconocidos. Aún hace muy poco tiempo, decía en Heidelberg, ante una reunión de sabios, el profesor V. Meyer, al tratar de los adelantos de la Química contemporánea: «¡Qué grandes problemas se presentan hoy, que son aún inaccesibles á la experiencia. No pueden realizarse las investigaciones termoquímicas

más allá de los 1.700°, porque los recipientes de porcelana y de platino que se usan en ellas se funden. Es indudable que cuando se cuente con medios suficientes descubriremos inesperados hechos; será posible la subdivisión de muchas moléculas ó elementos que pasan por simples; habrá aparecido una Química nueva, y tal vez se logre operar á temperaturas á las cuales el agua no pueda existir ó mantenerse constituída, y á las que el gas detonante formaría una mezcla que no pudiera combinarse, ni por consiguiente inflamarse!»

Y hoy la Física por medio de los trabajos de H. Moissan, de Violle y de Joly, dispone de temperaturas de 3.000° y coloca á la Química en disposición de analizar y aislar muchas substancias hasta ahora mal conocidas en su composición. Las condiciones excepcionales, por lo limitadas, en que se ha venido trabajando en los laboratorios, no han consentido que se pueda llegar, ni con mucho, á ese desideratum, de poder penetrar de un modo seguro en el conocimiento de la constitución de los cuerpos, formados por la naturaleza con elementos de temperatura, presión y fuerzas de que nosotros no disponemos para estudiarla. Poco á poco se va disponiendo de medios más perfeccionados que permitan ir adelantando desde lo sencillo á lo complejo y que la Ciencia adquiera cada día mayor grado de perfección también. «Con las reducidas presiones y temperaturas de que podemos disponer—dice Van Deventer—no es extraño que las reacciones den siempre el resultado especial de formar combinaciones en proporciones simples ó sencillas. Pero los conocimientos actuales tienden á hacernos creer que los resultados serían muy distintos, si las condiciones normales del trabajo experimental no tuvieran ese carácter especial de poca intensidad.»

Los partidarios de la teoría del equilibrio químico, como Van Iloff, y este mismo Van Deventer, creen que si

se dispusiera de grandes temperaturas y de grandes presiones, se aumentaría considerablemente el número de las combinaciones de los cuerpos, y se demostraría que la naturaleza no obra por saltos bruscos; que forma las combinaciones en proporciones progresivas, en progresión continua, y que en el estado final de un sistema determinado de cuerpos pueden existir simultáneamente todas las formas químicas en que la materia creemos que se combina: es decir, que Berthollet, según estos químicos, parece que estaba en lo cierto cuando aseguraba, frente á las ideas de Proust, que «los cuerpos simples pueden combinarse en todas proporciones».

Mientras se dispone de aquellos grandes elementos de experimentación para demostrar esta tesis de la doctrina del equilibrio químico, Van Iloff se atiene para sostenerla á los datos numéricos desprendidos del análisis de las substancias, prescindiendo de toda clase de fórmulas equivalentes y atomísticas, y colocando las cifras de una manera regular, en serie, unas debajo de otras, con lo cual se ve que realmente existe una progresión continua en las proporciones de los elementos combinados: por ejemplo, en la serie que se forma con la composición de los hidrocarburos y la de los innumerables hidrocarburos oxigenados, alcoholes, ácidos, éteres, etc., expresadas en números centesimales. Si faltan todavía algunos términos en la serie, debe, sin embargo, admitirse que, en general, la serie sin grandes intervalos y sin saltos se puede establecer de hecho.

Del resumen de todos los conceptos, que respecto á teorías y trabajos queda hecho, se deduce que de consuno contribuyen los esfuerzos de la imaginación, las tentativas de la lógica, y los descubrimientos é investigaciones prácticas, á ir, poco á poco, acercándose á la resolución del difícilísimo problema de conocer la constitución molecular de

los cuerpos y la causa de las acciones químicas. Los partidarios de la teoría del movimiento como causa única, cinetistas y dinamistas, sostenedores decididos de la Físico-química, van á la vanguardia y parece que impondrán definitivamente su modo de pensar, por más que á la postre tengan en justicia que admitir que, sin querer, renacen como necesarios para la comprensión de algunos de los conceptos, que hoy se trata de establecer como puntos de partida, muchos de los principios ó fundamentos de las teorías que hace tanto tiempo enunciaron Lavoisier, Berthollet, Gay-Lussac, Berzelius, Dumas, Liebig, Laurent, Gerhardt y Wurtz.

Pero no se satisfacen las aspiraciones teóricas de algunos químicos modernos con la investigación de si las acciones químicas pueden responder á una causa semejante á la que rige las mecánicas en el movimiento del universo, en esa especie de proceso material ajustado á las leyes newtonianas, sino que existen tendencias á relacionar la naturaleza y modo de ser de los elementos y manifestaciones de la Química, con los elementos y funciones del organismo y de la vida. A ésto tiende, por ejemplo, la idea de establecer una clasificación biogenética de los cuerpos simples, como la que presentó no hace mucho W. Preyer á la *Deutschen chemischen Gesellschaft* de Berlín. Sólo una quinta parte de los cuerpos simples que conocemos entran en la constitución de los cuerpos vivos, y aun si se cuentan aquellos otros que en limitadísimas cantidades se hallan en ciertos animales y vegetales, la proporción no pasa de dos quintos. Estos catorce elementos forman la base común de los organismos: el protoplasma; aunque no todos ellos sean necesarios para la vida. La caracte-

rística de los elementos orgánicos de primer orden es la asimilación. Su papel se limita á ser incorporados al protoplasma vivo, formar parte constitutiva de él y ser eliminados después, ya en su estado elemental ó en combinación. Si faltan en el organismo, por no haber entrado en las sustancias animales ó vegetales que lo nutren, no se produce en el protoplasma la reacción particular que á ellos se debe, y la vida no es posible.

No hay medio, hoy por hoy, de saber en qué consiste esta reacción particular, porque no puede deducirse del conocimiento de las propiedades de los cuerpos que nos es dado apreciar y saber, pero Preyer dice, que no se puede dudar que existen relaciones mucho más numerosas é íntimas entre los pesos atómicos de esos elementos vitales que entre los elementos inorgánicos. Así ha tratado de demostrarlo comparando los pesos atómicos de esos catorce cuerpos, que son: el hidrógeno, el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el fluor, el sodio, el magnesio, el silicio, el fósforo, el azufre, el cloro, el potasio, el calcio y el hierro, duplicando, triplicando y cuadruplicando las cifras de sus pesos, hallando sus medias aritméticas y estableciendo ciertas igualdades entre su diferencia y la suma de los pesos de otros, con cantidades muy semejantes. Estos cuerpos se prestan á gran número de combinaciones, que descomponiéndose fácilmente por el calor, forman moléculas complejas de muchos elementos. Seis entran á constituir la hemoglobina, por ejemplo, que á pesar de tal número, es una especie de radical ácido, fácilmente combinable con el potasio ó con el sodio; lo mismo ocurre con la vitelina y con algunos derivados de la albúmina, alguna de cuyas enormes fórmulas es como ésta: $C_{600} H_{960} N_{154} Fe_1 S_3 O_{179}$. Esta propiedad de poder formar moléculas muy complejas y variadas es fundamental en los elementos orgánicos, y bastaría para darles un lugar preferente en la clasificación de los cuerpos

simples. No sirve para asentar esta clasificación la de la periodicidad, de Mendelejeff, muy ingeniosa por cierto, pero llena de deficiencias. Para establecer las relaciones entre los cuerpos simples orgánicos y los inorgánicos es preciso buscar otras bases, como por ejemplo, las que ha indicado G. Wendt en su trabajo, aceptado por Preyer, y que titula «La génesis de los elementos. Ensayo de una teoría biogenética de la Química y de la Física». (*Die Entwicklung der Elemente.—Entwurf su einer biogenetische Grundlage fur Chimie et Physik.*) Sostiene que, aunque invariables hoy en las condiciones actuales los cuerpos simples, podrían cambiar de modo de ser en condiciones distintas de temperatura y de presión, y que todos ellos tienen entre sí perfecta comunidad de origen, puesto que los de peso atómico elevado proceden de los de peso atómico menor. Esta génesis tuvo lugar tal vez en el Sol; tal vez aún se esté verificando en medio de las grandes temperaturas y presiones que, según la teoría mecánica del calor, deben reinar en el interior de nuestro globo.

Estas ideas de la evolución de la materia, constituyéndose la más compleja y pesada al través de los tiempos, con la más sencilla y ligera, es una especie de adaptación de la teoría evolucionista vital á la génesis de los cuerpos en Química, en la forma genealógica ó filogenética de Hæckel. También el autor de esta teoría G. Wendt ha trazado su cuadro genealógico de clasificación de los simples, como lo hizo Mendelejeff, con arreglo á los pesos atómicos. El conjunto resultante comprende seis series, de siete cuerpos cada una, distribuídos en siete familias principales, de cada una de las que parten tres ramas ó derivaciones con siete simples respectivamente. La serie fundamental comprende: hidrógeno, litio, glucinio, boro, carbono, hierro, nitrógeno y oxígeno con sus pesos atómicos de 1 á 16. En cada familia correspondiente á ellos están: 1.^a H.

Fl. Cl. Br. I. ● (1).—2.^a *Li. Na. K. Rb. Cs.* ●.—3.^a *Gl. Mg. Ca. Sr. Ba.* ●.—4.^a *Bo. Al. Sc. Y. La.* ●.—5.^a *C. Si. Ti. Zr. Ce. Th.*—6.^a *N. Ph. Va. Nb. Di.* ●.—7.^a *O. S. Cr. Mo. Tb. y U.*

En las ramas derivadas: En la 1.^a, ninguno.—En la 2.^a, del *K.* tres cuerpos desconocidos; del *Rb.* uno desconocido; del *N.* la *Ag.* y dos desconocidos.—En la 3.^a, del *Mg.* el *Zn.* el *Cd.* y *Hg.*; del *Ca.* el *Mn.* y dos desconocidos; del *Sr.* el *Er.*—En la 4.^a, del *Al.* el *Ga. In. y Tl.*; del *Sc.* el *Fe. Ru. y Os.*; del *Y.* el *Yb.*—En la 5.^a, del *Si.* el *Ge. Sn. y Pb.*; del *Ti.* el *Co. Rh. é Ir.*; del *Zr.* un desconocido.—En la 6.^a, del *Ph.* el *As. Sb. y Bi.*; del *Va.* el *Ni. Pd. y Pt.*, y del *Nb.* el *Ta.*—En la 7.^a, del *S.* el *Se. y el Te.* y un desconocido; del *Cr.* el *Cu.*, un desconocido y el *Au.*, y del *Mo.* el *Wo.*

Los 68 elementos conocidos están pues colocados en esta distribución, según sus pesos atómicos en un sentido, y según sus semejanzas ó analogías de propiedades en otro. El número de los desconocidos ó no aislados todavía excederá de 9, pero no pasará probablemente de 16 y seguramente de 23, mientras el urano se considere como el de mayor peso de todos. Hace notar Preyer que en esta clasificación quedan los cuerpos primitivos ó elementales constitutivos de la substancia orgánica, perfectamente agrupados, como en el sistema natural de la ley periódica de L. Meyer; y que además afirma algo que está en radical oposición con lo admitido hasta aquí, como el colocar entre los halógenos electro-negativos al hidrógeno, que se ha considerado siempre como electro-positivo. Presenta las ventajas de que aparecen juntos los elementos análogos en sus propiedades, y de que aquellos que constituyen el organismo ocupan puestos característicos ó principales. El primer grupo

(1) Con esta señal ó signo ● se indican los cuerpos desconocidos ó no aislados aún.

comprende *H.* y *Cl.*; el segundo *Na.* y *K.*; el tercero *Mg.* *Ca.* y *Fe.*; el cuarto y medio queda fuera de este concepto; en el quinto están el *C.* y el *Si.*; en el sexto *N.* y *Ph.* y en el séptimo *O.* y *S.* Demuéstrase con ella—añade Preyer—que los elementos, cuyas combinaciones preexistían indudablemente en los cuerpos vivos superiores, pertenecían, sea á la primera generación, sea á la segunda, ó á lo más á la tercera, y que todos los demás, excepto el litio, el glucinio y el boro se derivan de ellos; es decir, que los elementos orgánicos son los más antiguos, como la teoría del protoplasma lo indica.

El sistema resultante no se conforma en todo, ni en mucha parte, con las condiciones á que debe satisfacer un sistema natural de génesis, y hay en él, como en el de Mendelejeff, muchas irregularidades y deficiencias. Para completar esta ingeniosa exposición teórica, Wendt y Preyer han calculado qué lugar deben ocupar los cuerpos desconocidos y entre qué pesos atómicos deben estar los que les caractericen ó correspondan. En esta clasificación biogenética ó genealógica, se ve que la familia del hidrógeno no comprende más que simples univalentes; en su línea principal la familia del litio sólo tiene metales alcalinos univalentes, y en la de los alcalino-térreos solo figuran bivalentes. La familia del boro contiene elementos trivalentes, la del carbón tetravalentes, la del nitrógeno tri y pentavalentes, y la del oxígeno bi y tetravalentes. Y se observa además que la suma de las valencias de los siete elementos primitivos, es decir, $H.1 + Li.1 + G.2 + Bo.3 + C.4 + N.3 + O.2$ es igual á 16, que es exactamente el último de los elementos primitivos y el de mayor peso atómico, el *O.*

Una vez puesto á deducir consecuencias favorables á su teoría por la colocación en que resultan los cuerpos en su cuadro, encuentra Preyer casi todo lo que quiere,

como por ejemplo, que los 14 elementos orgánicos de primer orden aparecen por parejas de cuerpos análogos en sus propiedades á la cabeza de los grupos, y que así suele encontrárseles combinados en los cuerpos vivos; que el hierro conserva un carácter central aislado, cual conviene á sus enigmáticas propiedades, á sus numerosas combinaciones y á su especial papel biofísico y bioquímico; que la situación del hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno en la primera serie transversal á la cabeza de las familias, está conforme con su importancia fundamental en el organismo; que á su génesis ó aparición siguió la de los de la segunda serie, azufre y fósforo, indispensables en los organismos inferiores, como en las albúminas y sus derivados; que aparecen luego los que por sus propiedades físicas y moleculares entran en la construcción de las células y de los tejidos, como el silicio, magnesio, calcio y fluor; y que al lado de ellos se ven los metales alcalinos, sodio y potasio, y así mismo figura el cloro, obrando en doble concepto, ya como constituyentes químicos ó ya como físicos. Espera Preyer que el estudio de las particularidades biológicas de todos los que llama elementos orgánicos será muy fecundo en resultados, sobre todo, si se tiene en cuenta que estos elementos comprenden las materias fundamentales más fácilmente oxidables á cortas temperaturas, como el sodio, el potasio, el azufre y el hierro. El calor de combustión de los elementos, decrece en las familias principales de esta clasificación, desde la que comprende los más antiguos á la de los más recientes.

Estas novísimas tendencias, que dan á las teorías químicas tan diversos rumbos de los que se han seguido hasta aquí, necesitan muchos años y largos estudios para adquirir un carácter de severidad y de aceptación de que carecen hoy por completo. Las relaciones de la vida con los elementos físicos y químicos, constituyentes del organismo,

claro es que existen, pero no ha sido dado descubrirlas. Se piensa, como queda demostrado, en relacionar la génesis de los cuerpos químicos con la del organismo; como se aspira en Física á explicar, si es posible, por medio de los fenómenos que en ella se estudian, lo que la vida pueda ser. «Hablando de la acción mutua de la electricidad y de la vida—dice W. Crookes,—claro es que ningún sabio que esté en su sano juicio, puede ni debe afirmar que «la electricidad es la vida», ni aun atreverse á considerar la vida como una de las variedades ó manifestaciones de la energía. Pero no se puede negar, en cambio, la importante influencia que ejerce la electricidad en los fenómenos vitales, ni la producción de electricidad por la vida animal ó vegetal.»

Aquellas tendencias á relacionar y ligar los elementos minerales é inorgánicos con el organismo y la vida, forman hoy en la cristalografía toda una verdadera escuela. Cuando se estudia la constitución (organización, dice Tolstopiatow), variada y compleja de un cristal, entre cuyas partes y conjunto, matemáticamente regulares, hay tan completa armonía, sobre todo si consideramos la marcha sucesiva de su formación; afirmamos sin remedio que este sistema complejo es el resultado de fuerzas cristalogénicas espontáneas, cuya combinación es tan maravillosa en sus resultados y tan enigmática como la fuerza vital. Nada tiene de extraño, pues, que algunos naturalistas traten de hallar analogía entre estas fuerzas y asignen al mineral un puesto determinado entre los cuerpos organizados de la naturaleza, rechazando la idea de seres inanimados que se aplica á los minerales.

Holger dice en su *Patología de los minerales*: «Ya nadie considera á los minerales como cuerpos desprovistos de vida y distintos de los cuerpos orgánicos». Ehremberg entiende que un mismo principio vital domina en la naturaleza, incluso en los minerales, y Folger declaró que la

cristalización es un proceso vital del tercer reino de la naturaleza. Es un hecho que en los cristales hay una tendencia ó fuerza idéntica á la que se observa en los cuerpos organizados para la conservación de la forma especial del individuo. El individuo mineral tiene un principio, un fin y diferentes fases de crecimiento entre estos dos límites; existe y obra según el carácter de su energía interior, que se manifiesta en la incesante actividad de cada molécula, esta especie de globulito ó célula mineral que forma parte del organismo del cristal. Lucha sin cesar por su existencia con las otras moléculas, si cristaliza en el mismo medio; y lucha con los agentes exteriores que pueden impedir la formación de su individualidad. Tratáse hoy de aproximar por analogía dos grandes órdenes de hechos: el factor vital y el factor cristalogénico. Si se pueden referir las funciones especiales del mineral á principios mecánicos, y se desea expresarlos por medio de una función matemática, idéntico procedimiento de investigación debe aplicarse á los demás organismos. Así se procura hacerlo ya. Pasteur dice que el cristal es el elemento primitivo de la célula.

Esta teoría, añade el sabio Tolstopiatow, es como una idea cósmica que agrupa la materia de todos los cuerpos del universo en organismos, fundándose en tres grandes ideas: la de la unidad de la substancia de que se creó el universo; la de la reducción de todas las substancias á un elemento material primitivo, y la de la combinación de los átomos de esta materia en organismos. No está hoy la ciencia suficientemente preparada para desenvolver todos los detalles necesarios de esta teoría cósmica; pero las previsiones de Holger, Ehrenberg, Liébig y Folger se han realizado, siquiera con la admisión del concepto de que el cristal es un organismo y de que los organismos pueden tener por base la formación mecánica cristalogénica. Estas tendencias no distan mucho de las que inspiran á Wendt

y á Preyer en su teoría de la relación que puedan tener los elementos primitivos simples con la composición de los cuerpos orgánicos y de su base, el protoplasma; y tal vez si algún día se demostrara que el cristal es el elemento primitivo de la célula, la regularidad con que por el movimiento de los átomos se agrupan en los cristales, en virtud de leyes matemáticas, podría venir á demostrar que existe en efecto ese equilibrio dinámico, resultado de la acción de fuerzas iguales y contrarias, como las que se necesita admitir para que se explique racionalmente la tercera ley de Newton.

Dentro del concepto de la unificación de las teorías físicas, de la constitución de la materia inorgánica con las de la materia organizada, figuran hoy los trabajos de Butschli acerca de la estructura de ésta, es decir, de la substancia que constituye las células animales y vegetales: del protoplasma; cuya teoría es la que hoy por hoy explica mejor que otra alguna los hechos apreciados por la observación directa.

El profesor de Física de Heidelberg G. Quincke, que se ha dedicado mucho á las experiencias de la Física molecular, examinando las tensiones de las superficies de los líquidos probó que existe la difusión de éstos, unos en otros, y especialmente la del agua al través de los aceites. Hace cinco años indicó que una gota de aceite colocada en una disolución ligera de sales alcalinas, presenta movimientos particulares que se asemejan mucho á los de los animales inferiores. A consecuencia de sus investigaciones, se decidió á formular una teoría acerca de los movimientos del protoplasma, en la cual considera á esta substancia como un simple líquido.

Al tener conocimiento de estas experiencias ideó Butschli el ampliarlas, preparando por medio de aceites y de una disolución alcalina una especie de espuma ó gló-

bulos de jabón, de extrema tenuidad, para averiguar si presentaban una estructura y fenómenos semejantes á los que había observado en el protoplasma de los protozoarios y de las células de las plantas y de los animales multicelulares. Así resultó, en efecto. Poniendo una gota de esa espuma en contacto con otra de agua, con auxilio del microscopio, se vé que ambas gotas se compenentran y difunden, enturbiando aquella á ésta. Si se comprimen entre dos vidrios, se observa que la potasa separa el agua del interior de la gota de aceite; que el centro de la gota se llena de cavidades que contienen potasa y jabón, las cuales disminuyen gradualmente hacia la periferia; que ésta ofrece una apariencia granulada, y que la granulación se cambia en un conjunto reticular, como el que modernamente se ha estudiado en el protoplasma, y como si la espuma levísima se compusiera de infinitas cavidades juxtapuestas, cuya pared está formada por una capa muy tenue de aceite y en cuyo interior se contiene la ligera disolución de jabón y de potasa. Observando atentamente con el microscopio el cambio que se opera, se percibe cómo esas capacidades esféricas se convierten en otras poligonales, íntimamente unidas unas á otras, cuya estructura uniforme se extiende á toda la masa de la gota de aceite, para transformarse luego ésta, al cabo de más ó menos tiempo, según la temperatura del aire, en una serie de prolongaciones irregulares, que se dilatan por una de las láminas de vidrio, en que están comprimidas: forma de estructura, de escisión ó radiante, análoga á la de muchos organismos inferiores, estructura que no es fibrilar, como parece, sino de colocación en fila de los alveolos ó capacidades desde la periferia al centro, y apariencia fibrilar ó disposición que ofrece la gota de aceite espesa y viscosa siempre que se somete á una tracción ó presión determinada. Esta espuma microscópica artificial presenta además curiosas variaciones

cuando se hacen obrar sobre ella el calor ó la electricidad, porque con el aumento de la temperatura aumentan sus movimientos, y por la acción de las corrientes surgen en ella fenómenos semejantes á los que éstas producen en el protoplasma vivo.

Entiende, pues, Butschli, que estos glóbulos artificiales y el protoplasma obedecen á las mismas leyes que las determinadas en la Física por las experiencias de Plateau, y que cuanto en éstas se observa y está estudiado á simple vista, puede aplicarse á estos glóbulos pequeños que se perciben con el microscopio, en todo lo que se refiere á la estructura de los líquidos y sólidos en contacto, y á los fenómenos que, ya en mayores ó menores masas, se presentan. Claro es, dice este físico, que la analogía entre la estructura y los fenómenos de esas preparaciones ó mezclas artificiales y los de la materia organizada viva, no es química, sino puramente física. Se cree ya posible y necesario por muchos hombres de ciencia, el relacionar y explicar los fenómenos vitales con las causas que producen los fenómenos físicos y químicos. Véase por la ligera síntesis de la teoría y trabajos de Butschli (publicados en estos mismos días con el título de: *Untersuchungen über mikroskopische Schaume und das Protoplasma*), como éste sabe interpretar de un modo visible y satisfactorio el modo de ser de la materia organizada, en cuanto á los fenómenos físicos se refiere. No es de extrañar que los químicos trabajen también en realizar constantes investigaciones para determinar la naturaleza del protoplasma, según queda ya apuntado. Si el organismo y la Química que lo constituye, lograran al fin explicarse, dadas las tendencias modernas, por las leyes de la Física, se habría realizado el desideratum más sublime de la Ciencia. Demostrado queda que las aspiraciones no escasean.

Y he aquí de qué modo todas las teorías en sus diferentes conceptos, las físicas, las químicas, y las biológicas, tienden hacia la deseada unidad que la ciencia prevee y á cuya realización coadyuvan los esfuerzos de los sabios, inspirados por el vehemente y legítimo deseo de conocer el por qué de los fenómenos de la naturaleza. ¿Qué tiene de extraño que este deseo incite á las inteligencias más privilegiadas de la Ciencia á discurrir, á idear hipótesis y teorías, ilusorias y quiméricas unas veces, que el tiempo destruye pronto, acompañadas de errores otras, pero que muchas veces sirven para llegar á ciertas verdades y á realizar útiles descubrimientos, y que se vean los hombres científicos empeñados, no sólo en ser hábiles observadores y consumados prácticos, sino creadores de hipótesis y críticos de cuanto en la Ciencia se ha trabajado y se trabaja lo mismo materialmente en la experimentación que espiritualmente con la imaginación y con la lógica? El práctico que repite los hechos aprendidos, y el pensador que crea conceptos nuevos para explicar los hechos, deben compenetrarse. «Feliz el sabio—dice Tolstopiatow—que reúne en íntima armonía estas cualidades opuestas. Una gran erudición, una viva imaginación, una admirable movilidad de espíritu, el talento de observación sometido á un espíritu crítico, vivifican y regularizan sus perseverantes y difíciles trabajos. Hay entre estos sabios hombres de gran inteligencia. Son talentos, genios creadores de ideas, de teorías y de hipótesis y cuya aparición determina las grandes épocas de la historia de las Ciencias.»

El poderoso trabajo mental que emplean en sus concepciones, no impide el que realicen ellos y otros, que no pueden, como ellos, dedicarse á crearlas, esa maravillosa labor que la práctica, aguijoneada á menudo por la teoría, viene desplegando en nuestros tiempos. Podrán considerarse erróneas y poco estables las teorías de la atomicidad y

de la termoquímica; podrán olvidarse, como se olvidarán sin duda, la teoría dinámica, y la de las series, y la newtoniana, y la biogenética, y la cósmica, porque la avidez del espíritu humano con nada se satisface más que con la variabilidad constante de sus manifestaciones; pero á todas las teorías, justo y necesario es confesarlo, ha debido la Ciencia grandes progresos, lo mismo á las que ilustraron, en los tiempos en que nació la verdadera Química, los gloriosos nombres de Wenzel, Lavoisier, Berthollet, Gay-Lussac, Berzelius, Liébig y Graham, que á las que más recientemente han hecho inmortales los nombres de Dumas, Gerhardt, Laurent, Wurtz, Kekulé, Hoffman, Williamson, Berthelot, Schutzemberg, Thomson, Lockyer, Crookes y Mendelejeff.

En tanto, mientras las hipótesis, las teorías y las creaciones de la imaginación se difunden y se aceptan ó se combaten, y se olvidan y se resucitan, y el ingenio da pruebas de sus poderosos vuelos, prosigue el hombre de laboratorio su ímproba, humanitaria y asombrosa tarea, y en estos últimos años Moissan aisla el fluor, y Curtius obtiene el ácido nitrihídrico, que Mendelejeff estudia, y Viscilenus enseña á preparar con toda facilidad; se descubren nuevos cuerpos simples; descompónense algunos de los que antes se tenían como tales; se aislan en extraordinario número los alcaloides; prosperan por modo admirable las grandes industrias de la fabricación de la sosa, del cloro, del ácido sulfúrico y clorhídrico, del hierro y del aluminio; aplícase la electricidad á estos procedimientos y al de la obtención de aleaciones, á la del cinabrio, á la del fósforo, aislado ya también por la reacción de la sílice y del carbón sobre los fosfatos (Readman); á la de la cerusa (Bottome y Hoosick), y á la separación de los metales; se explota por medio de los cianuros el oro de los minerales más pobres; se aisla y utiliza en grande escala el oxígeno

del aire; se obtiene el níquel fácilmente, del nuevo producto níquel-carbonilo (L. Mond); multiplicanse las utilísimas investigaciones de la química aplicada; se hacen nuevos análisis sencillos y exactos de las quininas, de los cuerpos grasos, de los hierros y de las escorias; descúbrese nuevos procedimientos para evidenciar las falsificaciones de los aceites vegetales, de los vinos y de la leche; crecen de un modo asombroso el número y aplicaciones de las sustancias colorantes, y el de los antisépticos y productos medicinales derivados de la hulla; queda definitivamente creada, con los caracteres de una gran industria, la de los explosivos; se llevan á cabo interesantes estudios sintéticos en la serie de las materias azucaradas; se recuperan y aprovechan los subproductos de los grandes hornos, y de los hornos de cok; se obtienen rubíes, esmeraldas y diamantes; progresa á maravilla la industria del blanqueo de los tejidos; se fabrica el gas del agua para que substituya al de la hulla; se estudia la fijación del nitrógeno por la tierra vegetal, por las plantas y por los microorganismos; se realizan nuevas investigaciones y experiencias acerca del mecanismo de la asimilación del ácido carbónico por la clorofila de las plantas (A. Bach); se componen nuevos abonos, multiplicando con ellos los rendimientos agrícolas; se analizan con especial cuidado muchas plantas para destinarlas, como no se ha hecho hasta aquí, á la explotación racional de la ganadería; se obtienen los colores en la fotografía (Lippmann, Auguste y Lumière); ostenta incomparables lujos y galas la cerámica; y se utilizan, en fin, los descubrimientos de la Física en la aplicación de las más elevadas y de las más bajas temperaturas de que jamás hasta hoy ha podido disponer, para procurar, no sólo ir penetrando en el difícil conocimiento de la constitución y propiedades de los cuerpos, sino para plantear inmediatos, fecundos é inesperados progresos en muchas manifestaciones del trabajo humano.

No es preciso pecar, pues, de avaros en materia de adelantos más grandes é imposibles, ansiando, como F. Cohn, que lleguemos pronto á fabricar almidón con ácido carbónico y agua, para tener pan casi de balde; ni esperando como V. Meyer, que se sepa transformar la fibra leñosa en alimento; ni queriendo utilizar en grande escala, por medio de no conocidos procedimientos, la transformación del nitrógeno atmosférico en albúmina, como admirablemente lo efectúan ciertas plantas. No seamos avaros. La ciencia práctica trabaja mucho, trabaja bien y progresa de un modo asombroso. Tan sólo para hacerse cargo de sus trabajos, para conocerlos y dar cuenta de ellos y utilizarlos en la esfera de acción de cada individuo, es necesaria la atención completa, absoluta, de un hombre estudioso, que á ellos solos, y á ninguna otra clase de investigaciones, dedique su espíritu. Aquellos problemas grandiosos que la Química prevee, para resolverlos en un tiempo muy lejano, que podrá denominarse la Edad de Oro, no toca estudiar á los químicos de nuestros días. Lo mismo debemos pensar respecto á las teorías é hipótesis. Con las que tantos beneficios han producido á la Ciencia, aunque ya se consideren deficientes, tenemos bastante para seguir trabajando con provecho. La de que la Química matemática se funde por la aplicación de la teoría newtoniana á la constitución y combinaciones de los cuerpos; la de que todo se refunda en la cinética ó en la dinámica, y la de que Física, Química y Biología se identifiquen en un sólo cuerpo de doctrina, y en una filosofía con las mismas leyes y fórmulas matemáticas, aspiraciones son también muy levantadas y dignas, pero cuya realización, si es posible, quedará para otros siglos, para mucho más allá de cuando la celulosa se convierta en pan.

Ni entonces tampoco llegará el hombre á conocer el secreto de la esencia de la materia, de las fuerzas y del

movimiento, ni á saber si los elementos son substancias distintas, existentes desde la eternidad, ó si han sido formados en un momento dado por las modificaciones de un protilo ó materia primordial, ni, si así fué, á conocer las leyes de su formación, porque no tiene poder bastante nuestro cerebro para alcanzar tal grado de sabiduría. Hoy y entonces, preciso es y será confesar nuestra pequeñez: y en tanto, la Ciencia cumplirá sus grandes destinos, procurando, en la parte material con sus progresos, conseguir la mayor suma de bienes posibles á la humanidad, y manteniendo, en la intelectual, la aspiración de aproximarse muy poco á poco, pero en algo más cada día por poco que sea, á la sabiduría de la Providencia que todo lo creó. En esta nobilísima labor toman principal parte los hombres prácticos con sus trabajos, y los que sin dejar de trabajar prácticamente, crean teorías para razonar con más ó menos visos de verdad la causa de los fenómenos naturales, teorías que aquí han quedado ligeramente indicadas, y que constituyen hoy lo que bien puede denominarse

TENDENCIAS DE LA QUÍMICA MODERNA.

(18 de Abril de 1893.)

DISCURSO

DEL

SR. D. GABRIEL DE LA PUERTA

Señores Académicos:

Cuando recibí la atenta comunicación de la Secretaría de esta Academia, anunciándome que por disposición de nuestro ilustre Presidente era yo el designado para contestar al discurso del Sr. Becerro de Bengoa, sentí una impresión muy agradable y lisonjera, por tan honroso encargo; pero bien pronto se trocó en gran desaliento, al considerar la dificultad de la empresa, muy superior á mis pocos ánimos; realizándose así la idea del gran filósofo de Leipzig, de que las impresiones más gratas de la vida van siempre acompañadas de impresiones contrarias. Y no digo esto por recurso literario ó estudiada modestia, porque notorio es mi cansancio y falta de fuerzas para estos y otros trabajos científicos; mucho más tratándose de un discurso tan erudito y de ideas tan levantadas como acabáis de oír, cuya contestación se hace difícil, no sólo para mí, sino hasta para aquellas personas llenas de ciencia y maestros consumados en el arte de escribir.

Con una modestia propia de los hombres de valer, expone el Sr. Becerro de Bengoa en su excelente discurso

modernísimas teorías que hoy se agitan en el campo de la Física y de la Química, con elevados juicios y conceptos admirables, que por sí solos valdrían para justificar la acertada elección de esta Academia, si no hubiera tenido tantos méritos para ser llamado por nuestros votos á ocupar la vacante de un hombre eminente, que ha poco tiempo contemplábamos lleno de vida y de extraordinaria actividad, de aquel compañero cariñoso, siempre afable, maestro insigne, honrado ciudadano, tan probo y tan recto como hombre de ciencia: el malogrado é inolvidable Sr. Vicuña.

¿Quién mejor podía substituir al sabio Académico, cuya pérdida lamentamos todos, que el Sr. Becerro de Bengoa? Ambos vascongados, vizcaíno el uno, alavés el otro; ambos catedráticos; uno y otro escritores científicos, propagadores en el periódico y en el libro de los adelantamientos modernos y de sus aplicaciones prácticas á la vida; los dos diputados y distinguidos oradores; y para que la semejanza sea más completa, de tan bello carácter y prendas personales tan estimables los dos, que la substitución no podía ser más adecuada; y ya que de Química hablamos en estos discursos, y de Química moderna, nadie mejor que el nuevo Académico podía ocupar el puesto vacante, á la manera que en un sistema molecular reemplaza un cuerpo á otro de igual atomicidad, ó, como se dice ahora, *valencia atómica*, y que yo creo estaría mejor dicho *valor atómico*.

Veinticinco años hace que el Sr. Becerro de Bengoa se halla dedicado á la enseñanza con gran aplauso de sus discípulos, primero como auxiliar en el Instituto de Vitoria, después en el de Palencia, donde obtuvo la Cátedra de Física y Química por oposición, y por fin en Madrid en el Instituto de San Isidro en la asignatura de Química, compartiendo el tiempo entre la política, la ciencia y la prensa, tarea verdaderamente ímproba, porque acudir al Congreso y hablar de vez en cuando, no exige gran esfuer-

zo, pero si además hay que cultivar el distrito, explicar en la cátedra y escribir diariamente; ¡ah! entonces, y esto lo sé por propia experiencia, faltan las fuerzas y el tiempo para tanta labor.

Donde quiera que ha estado el Sr. Becerro de Bengoa ha dejado señales indelebles de su actividad y amor á la ciencia; en Palencia fundó el Observatorio meteorológico y creó el Ateneo científico y literario, siendo su Presidente durante seis años, y explicando numerosas conferencias de aplicación á la Agricultura y á la Industria local. Allí dirigió también la Exposición provincial agrícola de 1878, y en la Exposición nacional de Minería de 1883, representó á dicha provincia, haciendo la instalación y catálogo detallado de los productos expuestos. Sus publicaciones son numerosas y por extremo interesantes; díganlo los artículos titulados: *Las minas de Somorrostro*, *Las minas de Barruelo* y *El canal subterráneo de Orbo*, que publicó después de recorrer algunas comarcas mineras de Palencia, Asturias y Vizcaya; la obra titulada *La electricidad moderna*, estudio de la Exposición de electricidad de París de 1881; otros dos libros muy notables que publicó al inaugurarse las líneas férreas del Noroeste, titulados: *De Palencia á la Coruña* y *De Palencia á Oviedo y Gijón*, en que aparecen descritos los trabajos de estas vías y las condiciones geológicas, meteorológicas, agrícolas, industriales é históricas de los pueblos y comarcas que atraviesan; y por fin, *El Libro de Alava*, que le valió el título de cronista de Vitoria, y *El Libro de Palencia*, dos obras únicas en su clase, que contienen el resumen de cuanto interesa saber acerca de dichas provincias.

En las Comisiones y altas Corporaciones á que ha pertenecido ó pertenece el Sr. Becerro de Bengoa, se ha distinguido siempre por sus superiores conocimientos y gran laboriosidad, siendo prueba evidente de esto la inte-

resante y amplia Memoria del estado de nuestra Agricultura respecto de cereales y legumbres, que redactó como ponente en la Comisión oficial de información de la crisis agrícola y pecuaria en 1888; y lo mismo puede decirse de sus trabajos en el Consejo superior de Agricultura y en la Comisión de reforma arancelaria y tratados de comercio.

La propagación y vulgarización de las ciencias y aplicaciones prácticas es una de sus grandes aficiones, las cuales realiza unas veces con su elocuente palabra en conferencias públicas que pronuncia sobre asuntos varios (1); y otras con su correcta pluma en artículos publicados desde 1878 en la *Revista de España*, acerca de los adelantos científicos, y en la revista titulada, *La Naturaleza*, desde 1890, donde hace reseña constante de los progresos que se llevan á cabo en el mundo sabio; y por fin en *El Imparcial* y otros periódicos ha escrito muchos artículos sobre asuntos económicos y descriptivos referentes á todas las comarcas de España. Y no quiero hablar aquí de sus estudios especiales de Historia, Arqueología y tradiciones de nuestros pueblos, que en su variedad de conocimientos cultiva con gran éxito, habiendo merecido por esto los títulos de académico correspondiente de las Academias de la Historia y de San Fernando; ni tampoco os hablo de sus discursos parlamentarios, si bien no puedo menos de recordar el muy notable que le oí siendo yo Diputado en la legislatura de 1888 acerca de *Los derechos arancelarios de los trigos*, que llamó justamente la atención, por la multitud de datos y conceptos nuevos sobre la Agricultura extranjera y nacional.

Aún podía citar otros muchos méritos, pero basta con los dichos; y bien pudiera haber evitado la relación de los

(1) *La Meteorología, Las minas de Riotinto, El dibujo en la enseñanza. El arte viejo en Madrid, Las industrias derivadas de la hulla, etc.*

mismos, por ser muy conocidos, limitándome á dar la bienvenida al nuevo compañero y expresar, á nombre de la Academia, el placer con que le recibimos, como adquisición de valía, para tomar parte en nuestras tareas con la competencia y asiduidad que acostumbra el Sr. Becerro de Bengoa en todas sus obligaciones, que por cierto son muchas, dada la manera de ser de los hombres científicos en España.

Ya lo habéis oído en su discurso: le es necesario dividir el tiempo y trabajar constantemente para vivir. Triste confesión para un hombre de ciencia, como otros muchos que se ven en la necesidad de dedicarse á trabajos varios, echándose ahora nueva carga, por si eran pocas las que sobre él pesaban, como nos ocurre á la mayoría de los que tomamos por oficio la enseñanza y cultivo de las ciencias.

Costumbre es, señores Académicos, que el encargado de contestar en estas recepciones éntre tambien en materia y exponga sus ideas acerca del tema elegido, pero yo he de concretarme á muy breves consideraciones, porque entiendo que al nuevo Académico es á quien corresponde el desarrollo del asunto, y por otra parte, aunque quisiera, me sería imposible hacer una extensa disertación en el lugar y ocasión en que escribo estas líneas, aprovechando algunos días de reposo y descanso en el pueblo donde nací (1).

Por estas razones, sólo haré indicación somera de algunos de los puntos tratados magistralmente por el señor Becerro de Bengoa, y de otros que tienen relación con el sentido general de su discurso.

Ya hace tiempo que químicos ilustres trataron de dar nueva dirección á la ciencia para formar una Química que podemos llamar matemática, á semejanza de la Física del

(1) Mondéjar, provincia de Guadalajara.

mismo nombre. Desde que se aplicó á la Química la teoría mecánica del calor, admitiendo que las reacciones no son más que un trabajo mecánico interior que se manifiesta y se hace sensible por el calor desprendido, se abandonaron las antiguas teorías acerca de la afinidad y la teoría electro-química de Ampere, Davy y Berzelius, que durante tanto tiempo han dominado en la ciencia. Los fenómenos químicos se consideran hoy como resultado de transformaciones del movimiento interno, de variaciones de fuerza viva, que se efectúan en las pequeñas masas llamadas átomos en el momento de separarse ó fundirse entre sí para formar cuerpos nuevos. Aunque no es posible medir directamente la intensidad de estos trabajos interiores de las fuerzas vivas, puede aplicarse, sin embargo, el principio general de la equivalencia mecánica del calor; y así como se mide la fuerza de una máquina por la cantidad de calor producido, puede medirse la afinidad, admitiendo que los movimientos de los átomos, inapreciables directamente, obedecen á las mismas leyes que los movimientos ostensibles en las máquinas. Así han llegado Thomsen y Berthelot á establecer los principios generales de *Mecánica química*, formulados y desarrollados admirablemente por este último en su gran obra que lleva dicho título (1). De este modo, la Química adquiere un carácter más elevado y exacto y más en armonía con las ciencias físico-matemáticas, demostrando á la vez, que todos los movimientos, todas las transformaciones de la materia y de la energía se hallan sujetos á los principios fundamentales de la Mecánica; é igualmente todos los fenómenos de la naturaleza físicos y químicos, lo mismo en los seres inorgánicos que orgánicos se hallan dentro de la teoría general de la unidad y co-

(1) *Essai de Mécanique chimique fondée sur la Termochimie*. Paris, 1879.

rrelación de las fuerzas, base hoy del estudio de las ciencias físico-químicas y naturales.

Verdad es que la aplicación práctica de estos principios es lenta y trabajosa, hasta el punto de que en el día lo más que hacemos es predecir y explicar algunas reacciones químicas en presencia de los datos consignados en las tablas calorimétricas; pero se aspira á más, esto es, á darse cuenta exacta de los movimientos atómicos por medio de fórmulas matemáticas, realizándose las promesas de Gerhardt que hace mucho tiempo decía: «Llegará día en que se escriban los libros de Química como se escribe el Algebra ó la Geometría»; y ahora podemos añadir, como se escriben los libros de Mecánica racional.

Otra de las aspiraciones de la Química moderna es averiguar la composición (y permítaseme la frase) de los cuerpos que llamamos simples ó elementales. El ilustre físico inglés Lockyer, ya hace algunos años que observando los caracteres espectroscópicos de varios cuerpos simples sometidos á muy altas temperaturas, emitió la hipótesis de que los elementos hoy conocidos son cuerpos compuestos, ó más bien modos distintos de agregación de la materia única, que en ciertos momentos debió hallarse aislada y constituída de un modo uniforme. Los átomos pudieron agregarse en grupos de dos ó más, constituyendo los cuerpos simples actuales, que son estables á las temperaturas de que disponemos; pero que sometidos á temperaturas superiores revelan en su imagen espectral la descomposición en moléculas más sencillas, disociándose por el calor, de la misma manera que se disocian los cuerpos compuestos.

Del modo de considerar los cuerpos simples se deduce la hipótesis de la *evolución de la materia*, á la que sirve de gran apoyo la notable clasificación periódica de Mendelejeff y el diagrama de Reynolds, atrevidamente expuestos por William Crookes en su célebre discurso acerca de la

Génesis de los elementos, leído en 1886 en la Sección química de la Asociación Británica.

No tenemos prueba positiva ninguna de la transformación de un cuerpo elemental en otro, ni del aislamiento de los *ultra-elementos* que los componen, pero dando rienda suelta á la imaginación y evocando ciertos hechos, encuentra W. Crookes apoyo para sus atrevidas hipótesis. La existencia de un elemento de inferior peso atómico que el del hidrógeno, esto es, el *helio*, le ha sido revelada por una raya particular, en las observaciones espectroscópicas de las erupciones solares. La materia primera transformable en los elementos conocidos, supone que es el *protilo*, el cual por enfriamientos sucesivos, fué convirtiéndose en los cuerpos simples, desde el supuesto *helio* y el hidrógeno hasta el de peso atómico más elevado, el urano, cuya formación corresponde al mayor período de enfriamiento de nuestro planeta, en el cual observamos—y esto viene en apoyo de la hipótesis—el notable hecho de que los cuerpos de peso atómico mayor ó más condensados se encuentran en las capas de la tierra correspondientes á mayor enfriamiento. De modo que los cuerpos simples conocidos debieron aparecer por condensación de la materia primera en momentos críticos de enfriamiento y sucesiva disminución de temperatura. Los cuerpos más abundantes, como el sodio, calcio, silicio, hierro, pertenecen en su formación á períodos de enfriamiento más durables, mientras que los cuerpos raros ó escasos en la naturaleza, como el cesio, rubidio, didimio, etc.; á momentos fugaces ó de corta duración en temperatura fija y no repetidos después.

Véase hasta dónde se ha llegado, fundándose en las observaciones espectroscópicas, y desde luego ocurre pensar que con el tiempo, cuando se inventen más poderosos y perfeccionados espectroscopios y se disponga de focos caloríficos más potentes para disociar los cuerpos simples,

podrá realizarse la aspiración de hoy, esto es, de conocer (y valga la frase) la composición de los cuerpos simples. Entonces nuestros análisis elementales serán realmente análisis inmediatos nada más, y en donde ahora decimos azufre y hierro, por ejemplo, habrá que añadir la composición de estos elementos en otros ultra-elementos, viniendo al análisis nuevos reactivos y procedimientos especiales con espectroscopios, microscopios, goniómetros, polarímetros, absorciómetros, difusiómetros, vaporímetros, refracciómetros y otros aparatos de Física hoy no conocidos, ó con perfeccionamientos y accesorios que se inventen en el porvenir.

Las teorías químicas se suceden en nuestros días, y á la atómica sustituye la dinámica, como á la teoría de la afinidad ha sustituido la termo-química. Ampere y Cauchy consideraron como nulas las dimensiones de los átomos en que residen los centros de las acciones moleculares, y Faraday consideró igualmente los átomos como simples centros de acción, con cuya manera de pensar, se hallan conformes muchos físicos modernos, que suponen la materia en sus últimas divisiones, como puntos sin extensión, centros de fuerzas, dando toda la importancia y realidad al movimiento; y entonces los cuerpos no son, como creemos, agregación de pequeñas masas (átomos y moléculas), sino reunión de focos ó centros de fuerzas.

La existencia de la materia no puede negarse, ni tampoco que se halle formada de partes, llámense éstas como se quiera, pero es necesario contar además en los cuerpos con la energía ó fuerza viva interior, resultando que la causa principal de las combinaciones y de las diferencias que ofrecen los cuerpos, reside en los movimientos interiores, en el trabajo mecánico interno, en la *fuerza*; de tal modo que los pesos atómicos no expresan simplemente cantidad de materia, sino cantidad de fuerza, la atomici-

dad ó valor atómico no es tan sólo la capacidad de combinación, sino el resultado de movimientos especiales en el interior de los cuerpos que nos son desconocidos, y en fin, la combinación no es la unión sencilla de unos átomos con otros, sino el equilibrio resultante de los movimientos interiores, conforme á los principios de Mecánica, y sujetos, por lo tanto, al cálculo.

Otra cuestión que ha llamado muy especialmente la atención de los químicos, es la relativa á la constitución de los cuerpos ó agrupamientos de los átomos en la molécula, que Gerhardt declaró inabordable, y Wurtz, refiriéndose á las fórmulas típicas, decía que no indicaban la posición real de los átomos. Ciertamente que ni las antiguas fórmulas dualísticas, ni las típicas han tenido tal pretensión, ni las modernas fórmulas desarrolladas ó de constitución atómica, por más que éstas indican las sustituciones posibles por átomos de cuerpos simples ó grupos atómicos de radicales ó residuos, y explican la isomería dicha de posición. La teoría confirmada por la experiencia demuestra que en los compuestos de carbono de la serie aromática resultan cuerpos isómeros de propiedades distintas, según el sitio ó posición de los radicales que sustituyen, habiendo obtenido así, por síntesis, innumerables cuerpos nuevos de importantes aplicaciones, como las materias colorantes artificiales y diversas sustancias medicinales muy en uso en el día (1).

Pero apesar de esto, lo que se llama en el tradicional estudio de la Química agrupamiento de los elementos ó posición real de los átomos en una molécula, no es posible expresarlo por medio de fórmulas químicas, ni aun fun-

(1) Véase mi discurso leído en la Real Academia de Medicina, en la inauguración de las sesiones públicas de 1893, acerca de *Los nombres de los nuevos medicamentos de la Química orgánica, en relación con las modernas teorías de esta ciencia*,

dándose en los modernos trabajos para representar la constitución de los cuerpos en el espacio, que han dado origen á una ciencia nueva llamada *Estereoquímica*.

La representación plana de la composición de los cuerpos por medio de las fórmulas de constitución, no basta ya; es necesario más, y se aspira á representar la posición atómica en el espacio, habiendo hecho grandes esfuerzos en este sentido respecto de las combinaciones del carbono y del nitrógeno los Sres. Van't Hoff, Le Bel y otros distinguidos químicos. Se trata nada menos que de expresar de bulto la posición relativa de los átomos y explicar de este modo ciertos casos de isomería que hoy no tienen clara explicación, si no se acude, como dice Van't Hoff, á la posición y movimiento de los átomos. Fúndase la nueva doctrina en la asimetría del carbono, admitiendo que ciertos cuerpos isómeros contienen un átomo de carbono asimétrico ligado á cuatro grupos distintos, procediendo esta isomería de la estructura molecular, que se revela en dos propiedades principales, en el poder rotatorio y en la forma cristalina.

Los desarrollos que estas teorías han adquirido modernamente, y en los cuales no me propongo entrar (1), han traído á la ciencia nuevas é intrincadas disquisiciones, con representaciones gráficas de los compuestos químicos más complicadas y más expresivas que las empleadas hoy en las fórmulas desarrolladas.

Entre las tendencias modernas de que se ocupa el Sr. Becerro de Bengoa, se encuentra la de considerar á los seres inorgánicos ó minerales, como provistos de vida; sobre lo cual no puedo menos de recordar las palabras

(1) Véase el interesante libro, titulado: *Stéréochimie, nouvelle édition de Dix années dans l'histoire d'une théorie* par J.-H. Van't Hoff, rédigée par W. Meyerhoffer. Paris. 1892.

siguientes, pronunciadas por mí en 1872 (1), que produjeron algún escándalo: «Todo nace, vive y muere; un ser cualquiera, un vegetal, un animal, *una piedra* se desarrolla, *vive* y muere, ó más bien, se transforma para dar lugar á nuevos seres que vuelven al círculo eterno de las transformaciones». Idea repetida en otra ocasión en las palabras que siguen: «Se ha negado por muchos toda actividad á la materia mineral, llamándola muerta é inactiva, y sin embargo, vemos en éstos movimientos puramente inorgánicos, una acción innegable, una *vida* rudimentaria, que se manifiesta á su modo antes de formar parte de los seres organizados y vivos» (2). Cuya manera de pensar vemos ahora confirmada en más alto grado por la autorizada opinión de los Sres. Holger, Ehremberg y Folger, según expone el Sr. Becerro de Bengoa en su discurso, al tratar de tan interesante asunto.

Todavía va más allá W. Preyer con su *Clasificación biogenética* de los cuerpos simples, tratando de inquirir las relaciones entre los pesos atómicos de los catorce elementos que forman parte del organismo, para penetrar en algún modo en la misteriosa causa y esencia de la vida. A la misma tendencia se dirige G. Wendt en su *Génesis de los elementos*, de cuyas novísimas elucubraciones dá cuenta detallada el nuevo Académico, y, por lo mismo, no he de repetir yo, ni siquiera parafrasear en mi pobre contestación.

Nada he visto de la aplicación de estas teorías biogénicas á la síntesis orgánica, paralizada hace tiempo y casi en el mismo estado en que la dejó Berthelot en cuanto á la formación de materias naturales, pero es posible

(1) Discurso de apertura de la Universidad Central, en el curso de 1872 á 1873.

(2) Conferencia dada en 22 de Abril de 1877, *Sobre las transformaciones de la materia en el gran Laboratorio de la Naturaleza*.

que estas tendencias induzcan á emprender de nuevo la síntesis de los cuerpos orgánicos, y no faltará quien intente pasar de los principios inmediatos á la formación de órganos y tejidos, y ya en este camino que podemos llamar de ensueños químicos, llegar á la fabricación artificial de pan y de carne á precios más económicos que los dá la próspera Naturaleza. Todavía se puede ir más adelante, apoyándose en las funciones de cada uno de los elementos orgánicos, y en sus reacciones fisiológicas, esto es, á encontrar el medio de hacer llegar al protoplasma, especialmente en las células cerebrales, sirviéndose de substancias de estructura atómica determinada y de aparatos que se inventen al efecto, ciertos elementos que falten ó no se hallen en la debida proporción, para convertir (¡y esta sí que sería gran conquista de la Química!) en sabio á un idiota, ó en un hombre virtuoso á un criminal.

No creo necesario hablar más de estas y de otras que se llaman tendencias ó nuevas direcciones de la Química, si bien me voy á permitir hacer un recuerdo histórico para demostrar que esta ciencia, hasta en sus albores, antes de constituirse, tuvo siempre ideas atrevidas, como lo es indudablemente la de *la piedra filosofal*, que según los profesores del Arte sagrado ó de Hermes, comprendía tres partes: 1.^a la transmutación de los metales en oro y plata, para proporcionarse riquezas y bienes materiales; 2.^a la invención de una panacea, para prolongar la vida y disfrutar de estos bienes; y 3.^a la identidad con el alma del Mundo, que era un fin más espiritual, conforme con las creencias y panteísmo místico de los filósofos neoplatónicos. En esta tarea prosiguieron después los alquimistas árabes con gran ahinco durante algunos siglos, si bien suprimiendo la tercera parte del problema; y véase cómo los procreadores de la Química tuvieron también sus atrevimientos, que aunque no vieron realizados, dejaron sin

embargo importantes descubrimientos y multitud de hechos que después se han utilizado para fundar la ciencia; porque ocurre á veces que persiguiendo una idea se encuentran otras, como aconteció al inmortal Colón, que buscando por camino más corto nuevas tierras en las Indias Orientales, descubrió un Nuevo Mundo.

Algunas de las aspiraciones que hoy se agitan en el campo de las ciencias físico-químicas, seguramente que no tendrán realización; pero no cabe duda que la Química en sus adelantos cambiará de teorías y procedimientos, y su transformación será tal, que dentro de algunos siglos la ciencia futura será respecto de la Química actual, lo que ésta es respecto de la Alquimia, por lo menos en determinadas teorías y tendencias. Y no quiere decir esto que yo condene ninguna de las modernas tendencias por exageradas que parezcan; al contrario, soy amante del progreso y me gusta marchar siempre hacia adelante en busca de nuevos horizontes; lo que quiero decir es, que aquellas teorías, aquellas aspiraciones y tendencias que no se hallen fundadas en los hechos ó en leyes matemáticas, sólo pueden considerarse como intuiciones artificiosas, sin realización, por plausibles que sean los propósitos de sus autores.

Creo con firmeza que la Química actual se transformará, especialmente en el establecimiento de principios generales y leyes comunes á multitud de hechos que hoy se hallan esparcidos en los libros, y que la parte destinada á la descripción de cuerpos y de fenómenos particulares se estudiará sintéticamente dentro de los principios generales.

Muchos de los principios hoy conocidos subsistirán, si bien ordenados metódicamente con otros varios que se deduzcan de los hechos observados, condición indispensable para su establecimiento. Así, por ejemplo, estudiando las sustituciones que se efectúan en los cuerpos y la correla-

ción de las fórmulas del tipo y sus derivados, deduzco un principio que puede formularse en estas ó parecidas palabras:

En las moléculas, los átomos ó grupos atómicos que las componen pueden ser sustituidos por otros de igual valor, resultando nuevas moléculas ó cuerpos de la misma estructura atómica.

De esta manera se formularán muchos principios y se expondrán en forma de teoremas ó en capítulos ordenados, como se hace en los tratados de Física al estudiar las propiedades generales de los cuerpos ó los fenómenos físicos en general. Es decir, que la transformación principal que yo creo experimentará la Química en el transcurso del tiempo, será la de convertirse en ciencia sintética con sus principios y leyes generales ordenadamente expuestos, como hoy los tiene la Física moderna.

Formulados y ordenados estos principios, el método de investigación adquiere la doble marcha del entendimiento, inducción y deducción, análisis y síntesis. No se descubre solamente por el método analítico, aunque éste es el que precede al establecimiento de principios, y el que ha servido y sirve para la constitución de las ciencias físicas y naturales, sino que cuando la ciencia tiene sus leyes generales, se descende de éstas á los hechos y se descubre por síntesis, de una manera rigurosa y exacta; resultando entonces el método orgánico compuesto de análisis y síntesis que se completan mutuamente. Cuando la Química se encuentre en este estado de adelanto, su estudio se hará al modo que hoy se hace el de la Física, además del que corresponda á direcciones ó ramas especiales que pueden surgir de sus diversos aspectos, como el estudio de los movimientos en las reacciones que constituye la Mecánica química, conforme con los principios del cálculo. Entonces los descubrimientos de la Química serán numerosos, y sus aplicaciones á la industria y á la vida práctica trans-

formarán por completo muchos procedimientos actuales; lo cual no debe causar extrañeza, como no la causa hoy la posibilidad de obtener el aire en estado sólido ó congelado, sabiendo que, según los principios generales de la Física, los gases, por una fuerte presión y baja temperatura, se convierten en líquidos, y éstos, por más baja temperatura, se solidifican ó congelan.

No quiero cansaros más, señores Académicos, ni yo me encuentro con alientos bastantes para seguir discurriendo acerca de lo que podemos llamar la *Química del porvenir*, y termino mi contestación felicitando al Sr. Becerro de Bengoa por su justa entrada en la Academia, y á la vez felicito á esta Corporación por contar desde hoy con un nuevo y poderoso elemento de actividad y de trabajo intelectual.

Agosto de 1893.







