

Las ideas fecundas tienen por carácter distintivo no desenvolverse, por regla general, más que cuando el espíritu se ocupa con profundidad y perseverancia en un asunto determinado; ahora bien, semejante trabajo puede ser fecundo aun cuando no esté guiado por teorías; Copérnico consagró su vida entera al estudio de los cuerpos celestes y Sanctorius á su balanza; al primero le guiaba una teoría á la que, después de muchos años, la filosofía y la observación le habían conducido; pero Sanctorius, ¿no era también un sabio? (8).

CAPITULO II

Fuerza y materia.

Historia de la idea de átomo.—Boyle.—Influencia de la ley de la gravitación de Newton y del relativismo de la idea de átomo establecido por Hobbes.—Dalton.—Richter.—Gay-Lussac.—Teoría molecular de Avogadro.—Berzelius, Dulong y Petit.—Mitscherlich y el isomorfismo.—La teoría de los tipos.—Duda relativa á las teorías: distinción más rigurosa entre los hechos y las hipótesis.—Matemáticos y físicos.—Hipótesis de átomos desprovistos de extensión.—Fechner.—Objeciones contra los átomos desprovistos de extensión.—Idea de W. Weber sobre una masa sin extensión.—Influencia de las nuevas teorías químicas y de la teoría mecánica del calor en la idea de átomo.—Ensayo hecho por los materialistas para subordinar la fuerza á la materia; crítica de este ensayo.—A medida que las moléculas son mejor conocidas los átomos se hacen más inciertos.—La ley de la conservación de la energía.—Influjo de esta ley en la idea de materia.—Definiciones relativistas de cosa, fuerza y materia.—Opiniones de Fechner y de Zöllner.—El problema de fuerza y materia es un problema de la teoría del conocimiento.

«El mundo se compone de átomos y vacío»; en esta tesis se armonizan los sistemas materialistas de la antigüedad y de los tiempos modernos por diferencias que haya afectado insensiblemente la idea de átomo y por divergentes que sean las teorías acerca de este universo tan pródigamente variado, á pesar de la simplicidad de los elementos de donde ha salido. Una de las confesiones más ingenuas del materialismo moderno se le ha escapado á Büchner, que llama á los átomos de hoy «descubrimientos hechos por el estudio de la naturaleza» y á los de la antigüedad «representaciones caprichosamente especulativas» (9). En realidad, el atomismo es aún en nuestros días lo que era en la época de Demócrito; hoy conserva todavía su carácter metafísico, y ya en la antigüedad ser-

vía como hipótesis física para la explicación de los fenómenos observados en la naturaleza; del mismo modo que el encadenamiento de nuestro atomismo con el de los antiguos está comprobado por la historia, así el inmenso progreso realizado en la teoría actual de los átomos ha nacido gradualmente de las influencias recíprocas de la filosofía y la experiencia; sin duda el principio fundamental de las ciencias modernas es la crítica, la cual opera ese desenvolvimiento fecundo por su concurso con el atomismo.

Roberto Boyle, «el primer químico cuyos trabajos sólo han perseguido el noble fin de estudiar la naturaleza», recorrió desde su edad juvenil el continente para instruirse, en el momento preciso en que comenzaba la contienda científica de Gassendi y Descartes; cuando se estableció en Oxford, en 1654, para consagrar en lo sucesivo su vida á la ciencia, el atomismo ya había recobrado su boga como teoría metafísica; pero fué precisamente la ciencia de que Boyle era devoto, la que se desembarazó más lentamente de los obstáculos del misticismo de la Edad Media y de la concepción aristotélica; Boyle introdujo los átomos en la ciencia que más ha usado de dicha teoría, pero este mismo Boyle manifestó ya, por el título de su *Chemista scepticus* (1661), que había entrado por los caminos de la ciencia exacta, donde, no ya la piedra filosofal, los átomos, no podían constituir un artículo de fe. Los átomos de Boyle son casi los mismos que los de Epicuro, tales como Gassendi los había hecho entrar en la ciencia; tienen también formas diferentes que influyen en la estabilidad ó en la inconsistencia de las combinaciones; un movimiento violento, ó bien rompe la cohesión de ciertos átomos ó bien reúne otros que, como en el atomismo antiguo, se enganchan unos á otros por sus caras escabrosas, salientes, dentadas, etc. (10); al operarse un cambio en la combinación química, las más pequeñas moléculas de un tercer cuerpo se intro-

ducen en los poros que separan á dos cuerpos combinados; entonces puede combinarse con uno de ellos, gracias á la conformación de sus caras, mejor que éste estaba combinado antes con el segundo cuerpo, y el movimiento precipitado de los átomos impulsará las moléculas de este último. El atomismo de Boyle difiere del de los antiguos en un solo punto: admitía con Descartes un amontonamiento de la materia por efecto del movimiento de los átomos, movimiento cuyo origen atribuía ya á una causa desconocida ó bien á la intervención inmediata de Dios.

Esta forma del atomismo debió necesariamente sucumbir, ante todo, en Inglaterra; cuando se aceptó la ley de Newton sobre la gravitación; ya hemos visto en el primer volumen con qué rapidez la hipótesis puramente matemática de Newton se transformó en una nueva teoría completamente opuesta á todas las concepciones hasta entonces existentes; la atracción que ejercían las moléculas más pequeñas de la materia hacían superfluas las superficies escabrosas y las variadas formas de los átomos; en lo sucesivo existía otro lazo que las retenía sin necesidad de contacto: la atracción; el choque de los corpúsculos, unos contra otros, perdió su importancia; también para la imponderabilidad, de la que Newton trató de sacar la gravitación, se encontró un principio análogo: el de las fuerzas repulsivas. Toda la historia de la transformación de la idea de átomo se hace muy clara siempre que se limite á Inglaterra y á las ideas que allí desarrollaron los físicos y los filósofos; recuérdese que Hobbes, cuya influencia es tan considerable, no había visto en la idea de átomo más que una idea relativa; existían, según él y por decirlo así, átomos de órdenes diferentes, así como el matemático distingue diferentes órdenes de lo infinitamente pequeño; una aplicación de esta teoría era la hipótesis de átomos imponderables que se encontraban en los intervalos de la materia gravitante y que estaban considerados como infinitamente pequeños en comparación de

los átomos materiales; por la mecánica del choque, que lo producían estos átomos secundarios, se obtenía de una parte, gracias á su movimiento, los fenómenos de la luz, y de otra la gravitación de los átomos de primer orden; pero desde que ocurrió el pensamiento de la acción á distancia, lógicamente se aplicó asimismo á los átomos imponderables, que desde entonces ejercieron su fuerza repulsiva sin choque alguno real; así se encontró muy pronto la idea de la constitución de la materia tal como se ofrece en Dalton, pues no es una innovación esencial admitir, como se hizo en la época de Dalton, no átomos de segundo orden, sino un desarrollo continuo de luz y calor en torno de los átomos ponderables; Descartes y Hobbes habían ya admitido que el espacio está constantemente lleno y se imaginaba todo intervalo entre grandes moléculas colmado por moléculas cada vez más pequeñas; por lo demás, Dalton encontró también esta teoría ya muy preparada cuando, hacia fines del siglo XVIII, dedujo las ideas que han dado á su nombre un lugar perdurable en la historia de las ciencias; decía después de una advertencia sobre los diferentes estados de agregación de los cuerpos.

«Estas observaciones han conducido indirectamente á una conclusión que parece estar generalmente admitida, y es que todos los cuerpos de un volumen notable, líquidos ó sólidos, se componen de un gran número de moléculas extremadamente pequeñas ó de átomos de materia reunidos por la fuerza de atracción, fuerza cuya intensidad varía según las circunstancias y que cuando se opone á la separación de las moléculas merece el nombre de «atracción de cohesión», y cuando reúne las moléculas dispersas (por ejemplo, las de vapor para convertirlas en agua) se llama «atracción de agregación» ó, más sencillamente, «afinidad»; por lo demás, cualesquiera que sean los nombres, «designan siempre la misma fuerza»... «A más de la fuerza de atracción, que, en una ú otra forma,

pertenece generalmente á los cuerpos ponderables, encontramos otra fuerza que es igualmente general y obra en todas las materias conocidas, y es la fuerza de repulsión; hoy, por lo común, se le atribuye, y creo que con razón, á la acción del calor; una atmósfera de este fluido sutil rodea constantemente á los átomos de todos los cuerpos y les impide ponerse en contacto inmediato» (11).

Si se piensa que la concepción física de la atracción comenzó, gracias á la influencia de los discípulos de Newton, á adaptarse en las primeras décadas del siglo XVIII, un período de cincuenta años debe haber bastado para transformar por completo la antigua idea de átomo hasta el punto de que Dalton encontró esta transformación como un hecho ya consumado. La igualdad de las más pequeñas moléculas de toda substancia homogénea, punto cuya dilucidación se presenta al talento de Dalton, no es en el fondo más que una consecuencia de esta gran revolución realizada en las ideas fundamentales de la física, porque los átomos, no tocándose ya de una manera inmediata, no había razones para admitir diferentes formas, enganchándose y adhiriéndose por sus caras escabrosas y dentadas. La «afinidad», que en Dalton no es más que la fuerza general de atracción en la especialidad de sus manifestaciones químicas, no constituía originariamente más que una verdadera propiedad escólastica y formaba parte del bagaje favorito de los alquimistas (12); hubiera pues sido eliminada necesariamente por la difusión de la concepción mecánica del universo, como otras ideas semejantes, si no hubiese sido por la forma transcendente que tomó la teoría de la gravitación (13).

Newton admitía fuerzas atractivas hasta para las más pequeñas partes de la materia ponderable, reservándose una explicación ulterior de esta atracción por el movimiento de la materia imponderable; no se declara

contra la identidad de la afinidad química y de la gravitación, porque conjetura que la dependencia de la fuerza con respecto á la distancia está en otra relación distinta. A principios del siglo XVIII se había ya encontrado un camino seguro para el progreso; Buffon tenía la atracción química y la gravitación por idénticas; Boerhaave, uno de los espíritus más lúcidos del siglo XVIII, volvió á la *amistad* de Empédocles y declaró expresamente que los efectos químicos eran producidos, no por un choque mecánico, sino por un deseo de reunión, y explicaba así la palabra *amicitia*; en semejantes circunstancias, la *afinidad* de los escolásticos se atrevió á reaparecer; solamente fué preciso sacrificar la importancia etimológica de la expresión; el «parentesco» fué una simple palabra, pues en lugar de la tendencia fundada en la homogeneidad, se vió pronto aparecer una tendencia á la reunión que parecía descansar en la heterogeneidad.

«En los comienzos del siglo XVIII, dice Kopp, muchos sabios, principalmente los físicos de la época, se oponían aún á esta expresión, temiendo reconocer con su empleo una nueva *vis occulta*; en Francia, sobre todo, se experimentaba entonces repugnancia por la palabra afinidad, y S. F. Geoffroy, una de las autoridades más respetadas (1718 y después) en lo que toca á la afinidad química, evitaba el empleo de dicha palabra; en vez de decir: «dos materias reunidas se descomponen cuando sobreviene una tercera que tiene por una de ellas más afinidad que las dos primeras entre sí», se decía de este modo: «cuando la tercera tiene más relación con una de las dos».

He ahí cómo una palabra llega en tiempo oportuno, no sólo allí donde las ideas hacen falta, sino también allí donde hay superabundancia de ideas; en realidad no existe en estas dos expresiones más que una traducción del simple hecho por un sustantivo; la expresión más pálida despierta menos ideas accesorias y perturbadoras que la expresión más coloreada; esto pudiera ayudar á evitar errores.

si en general las ideas y los nombres no tuviesen tantos peligros para la ciencia metódica; la experiencia hecha por la historia de la ciencia con la idea de afinidad, prueba que el peligro no es tan grande cuando los investigadores prácticos siguen un camino regular; la *vis occulta* pierde su encanto místico y se reduce ella misma á no ser más que una idea superior para una clase de fenómenos exactamente observados y estrictamente determinados.

Hasta aquí, pues, toda la transformación de la antigua idea de átomo no es más que una sola y grande consecuencia de la transformación de las concepciones fundamentales de la mecánica operada por la ley de la gravitación, y hasta la idea de afinidad entra en esta nueva clase de representaciones como un elemento útil, pero sin enriquecer la esencia de la fuerza y la materia con un principio realmente nuevo; ahora es sólo cuando la experiencia química obra directamente en la concepción de la esencia de la materia, gracias á Dalton que estableció su teoría del peso de los átomos.

La serie de ideas que condujeron á Dalton á su fecunda teoría del peso de los átomos es eminentemente clara y sencilla; sus estudios le llevaron, como al químico alemán Richter, á la hipótesis de que las combinaciones químicas se efectúan en virtud de relaciones numéricas muy elementales; pero en tanto que Richter saltó inmediatamente de la observación á la forma más general de la idea, es decir, concluyó que todos los fenómenos de la naturaleza están dominados por la medida, el número y el peso, Dalton se esforzaba en obtener una representación sensible de los principios sobre los cuales podían descansar esos números simples de los pesos de las combinaciones, y he aquí que el atomismo le salió al encuentro á la mitad del camino; declara, pues, accidentalmente, que para explicar los fenómenos químicos se trata sólo de sacar las consecuencias lógicas del atomismo tal como por lo general se admite; si el atomismo es verdadero, no

puede representarse claramente esta asombrosa regularidad de los pesos de las combinaciones más que por una agrupación correspondiente de átomos; si por combinación química se entiende que cada átomo de una substancia se reúne con uno ó dos, etc., átomos de otra substancia, la regularidad de los pesos de las combinaciones está perfectamente explicada y queda visible; la conclusión inmediata es que la causa de las diferencias de peso de las masas que se combinan debe existir en cada uno de los átomos; si se pudiera determinar el peso absoluto de un átomo, se obtendría el peso de una cantidad dada del cuerpo del cual forma parte, multiplicando el peso del átomo por el número de los átomos, ó viceversa, se podría encontrar, con auxilio de una simple división, según el peso del átomo y el de la masa dada, el número de átomos contenidos en dicha masa.

En lo que toca al método y á la teoría del conocimiento, importa observar la boga inmediata que obtuvo la representación sensible de Dalton, mientras que el pensamiento más especulativo de Richter perjudicó á la propagación de sus muy importantes descubrimientos. Es, sobre todo, la historia de la química moderna la que claramente muestra que la intuición sensible se afirma siempre como indispensable para orientarnos en medio de los fenómenos y obtiene casi siempre brillantes éxitos, á pesar del gran número de casos en que se ha demostrado que todos esos modos de representación no son más que expedientes destinados á comprobar el encadenamiento causal, y que todo intento de hallar un conocimiento definitivo de la constitución de la materia se estrella contra nuevas exigencias que nos obligan á reconstruir de arriba abajo el edificio de esas concepciones.

Inmediatamente después de la victoria decisiva de la teoría de los átomos de Dalton, nuevos descubrimientos y consideraciones echaron los fundamentos de una importante transformación en las ideas, transformación que

sin embargo no prevaleció más que después de haber sido largo tiempo menospreciada. El descubrimiento de Gay-Lussac (1808) de que los diferentes gases, bajo una misma presión y á igual temperatura, se combinan según relaciones simples de volúmenes, y que el volumen de una combinación semejante está en una relación muy sencilla con el volumen de sus partes constituyentes, hubo de ejercitar de nuevo la sagacidad de los teóricos, como antes el descubrimiento de la regularidad de los pesos de las combinaciones; y absolutamente como Dalton, es decir, buscando un modo de representación sensible de la causa de esta ley, Avogadro llegó á su importante teoría molecular; encontró (1811) que no podía explicarse la uniformidad con que todos los gases se conducen bajo la misma presión, á la misma temperatura y en las combinaciones químicas, más que admitiendo que el número de las más pequeñas partes, en un volumen igual de gases diversos, era el mismo á temperatura y presión iguales; pero, para hacer incuestionable está hipótesis, hubo, no sólo de admitir para los gases combinados una reunión de muchos átomos en las más pequeñas porciones de la masa, sino considerar también, por lo menos en parte, las porciones infinitamente pequeñas de los gases como grupos de muchos átomos; de esa manera las moléculas reemplazaron á los átomos bajo muchas relaciones, sólo que no eran simples, sino compuestas de átomos; las más pequeñas porciones de un cuerpo determinado químicamente, eran llamadas moléculas, mientras que se daba el nombre de átomos á las partículas más pequeñas de la materia en general; sólo en las combinaciones y descomposiciones químicas es donde los átomos se muestran, por decirlo así, individualmente, cambiando de lugar y agrupándose en moléculas de composiciones diferentes.

La hipótesis de Avogadro no podía vivir frente al desarrollo prodigioso que por este tiempo tuvo la ciencia

química; Berzelius adoptó la teoría de Dalton, completándola con la hipótesis de que es preciso buscar la causa de las diferentes afinidades de los átomos en su estado eléctrico; largo tiempo satisfizo esta teoría, y todo el ardor de los investigadores se consagró á su análisis; la joven ciencia conquistó á paso de carga la estimación de los escrutadores de la naturaleza y el respeto de los jefes de la industria, llegó á ser una potencia, aunque sus bases parecían aún tan poco sólidas que químicos eminentes pudieron preguntarse si tendrían derecho para reivindicar el nombre de ciencia para las tareas á que consagraban su actividad.

Los primeros descubrimientos de verdadera importancia fundamental, no pudieron quebrantar el dogmatismo naciente de la teoría electro-química. Dulong y Petit encontraron en 1819 que, para los cuerpos simples, el calor específico está en proporción inversa del peso de los átomos, descubrimiento cuyo destino nos ofrece el prototipo de las vicisitudes á que está expuesta una ley empírica que no se ha elevado aún al campo de verdadera ley de la naturaleza; contradicción, manteniendo el hecho esencial, que es por demás sorprendente y no puede explicarse por ningún azar; transformaciones é hipótesis subsidiarias de toda especie se produjeron á propósito de esta teoría, sin que se haya aún entrevisto suficientemente la causa interna de esta extraña pero importante conexión; un detalle fué poco observado, y es que aquí por vez primera los pesos atómicos pasaron de su grosera existencia á una conexión cualquiera con otras propiedades de la materia; esto duró hasta que se reconoció un grave defecto en la teoría dominante.

El descubrimiento del isomorfismo, debido á Mitscherlich (1819), pareció dejar entrever el modo según el cual los átomos se disponen por capas; pero, en el fondo, no fué considerado más que como una confirmación oportuna de la teoría atomista universalmente adoptada; cuando

más tarde se descubrió que sustancias formadas de partes semejantes cristalizan de un modo muy diferente (dimorfismo), y cuando se encontró que existen cuerpos que difieren en todas sus propiedades químicas y físicas, aun por el peso específico de los gases, aunque se componen de cantidades iguales de elementos semejantes (isomería), se vieron obligados á recurrir á cambios y agrupaciones diferentes de los átomos sin poseer todavía principio fijo para dichas combinaciones; el rápido desarrollo de la química orgánica condujo bien pronto á tal acumulación de esas combinaciones aventuradas que los químicos prudentes se sintieron desconcertados; añadamos que la insuficiencia de la teoría electroquímica fué cada vez más puesta en claro por los progresos de la ciencia; un período de duda y vacilación era inevitable; la teoría rectificada de los tipos, que ha concluido por dirigir las ideas de agrupación de los átomos en las moléculas por un camino seguro, comenzó por desechar todas las especulaciones en la constitución de la materia y por atenerse sencillamente al hecho de la posibilidad de la sustitución, según ciertas reglas, de un elemento por otro en un cuerpo que tiene determinado tipo de composición; Liebig declaró, en una disertación atrevidamente innovadora sobre la constitución de los ácidos orgánicos (1838), que «no sabía nada acerca del estado en que se encontraban los elementos de dos cuerpos compuestos desde que están unidos en una combinación química, y, lo que se piensa de la agrupación de los elementos en la combinación, no descansa más que en una convención santificada por la costumbre y por la opinión dominante».

Schænbein emite una aserción aún más escéptica en su *Album de Combe-Varin*: «Allí donde faltan las ideas sobreviene al punto una palabra, y por cierto que, particularmente en química, se ha abusado de un modo extraño, desde la época de Descartes, de las moléculas y de su agrupación, con la esperanza de explicarnos, por esos

juegos de la imaginación, fenómenos todavía completamente oscuros, engañando al entendimiento.» En realidad, «los juegos de la imaginación» no sirven para engañar el entendimiento, sino más bien para guiarle y sostenerle, según la máxima profundamente establecida de la teoría del conocimiento, porque sólo la demostración lógica de la evidencia sensible se halla en estado de garantizar nuestro conocimiento del juego, mucho más peli-groso todavía que el de las palabras; una concepción bien expresada, aun cuando sea materialmente falsa, sirve á menudo de imagen en una larga escala, reemplaza por el momento á la concepción exacta y está siempre contenida en ciertos límites por las leyes de nuestra propia sensibilidad, que no se halla sin relación alguna con las leyes del mundo objetivo de los fenómenos; por el contrario, desde que se opera con palabras, á las que no corresponden ni aun conceptos claros, y con más razón ni representaciones sensibles, es evidente á toda conciencia sana que se producen opiniones que no tienen valor alguno como grados que conducen á la verdad, debiendo ser pura y simplemente eliminadas.

El empleo de los datos de la imaginación para la clarificación de nuestros pensamientos sobre los hechos materiales, es, pues, en realidad algo más que un simple juego, aun cuando generalmente se vacile todavía, se tantee y haya incertidumbres como en esta época de la química naciente; en cambio, cuando estos tanteos cesan, cuando se ha formado una senda sólida, libre y que por el momento conduce á un resultado positivo, la imaginación está lejos de garantizarnos la exactitud de nuestras hipótesis. Con una claridad ejemplar Kekule procuró, en su *Tratado de química orgánica* (1861), recordar á los químicos que existe un límite entre la hipótesis y la realidad; muestra que los números proporcionales de los pesos de las combinaciones tienen el valor de los hechos, y que se puede sin temor considerar las letras de las fórmulas químicas

cas como la simple expresión de los hechos; «pero si se atribuye á las letras de las fórmulas otra significación, si se ve en ellas la expresión de los átomos y de los pesos de átomos de los elementos, como de ordinario se acostumbra, se puede preguntar: ¿cuál es la dimensión y la pesantez (relativas) de los átomos? Como no se pueden ni pesar ni medir los átomos, es evidente que la observación y la especulación solas, conducirán á una hipótesis sobre el peso de átomos determinados». Antes de examinar lo que la química hace de la materia en su período más reciente, en que llena de seguridad sigue de nuevo una teoría ya muy desarrollada, es tiempo de dirigir una mirada á las opiniones de los matemáticos y de los físicos.

La historia nos enseña que la física moderna ha tenido también que fundarse en la teoría de los átomos; Gasendi, Descartes, Hobbes y Newton tomaron por punto de partida una concepción física del universo; Boyle y aun también Dalton, hacen marchar simultáneamente sus investigaciones físicas y químicas; sin embargo, los caminos de la física y de la química divergieron á medida que el análisis matemático pudo apoderarse de la física, mientras que los fenómenos químicos fueron aún inabordables para aquél. La teoría química de los átomos de Dalton nació apenas cuando, surgió en óptica la teoría largo tiempo desdeñada de las ondulaciones; no triunfó sin trabajo, porque el prejuicio se agarró á la teoría de la emisión de la luz; el cálculo de los números de vibraciones de los diferentes colores, hecho por Young, data de 1801; Fresnel recibió, en 1819, un premio de la Academia de Ciencias de París por su trabajo acerca de la refracción de la luz; desde entonces, la teoría de la luz se hizo cada vez más una mecánica del éter; en cuanto á la idea de átomo, hubo de prestarse de nuevo á todas las variaciones que trajeron las necesidades de los cálculos; la mayor de esas variaciones (que no eran en el fondo más que la

última consecuencia de la teoría trascendente de la gravitación) consistía en negar á los átomos toda especie de extensión; desde mediados del siglo XVIII, el jesuita Boscovich había tenido esa idea; encontró en la teoría del choque de los átomos contradicciones que no podían desaparecer más que haciendo provenir de fuerzas repulsivas los efectos que se atribuyen de ordinario al rebote recíproco de moléculas materiales, y estas fuerzas emanaban de puntos determinados en el espacio, pero desnudas de extensión, estos puntos se consideran como las porciones elementales de la materia; los físicos, partidarios de esta teoría, les designan como «átomos simples».

A pesar del talento con que Boscovich expuso esta teoría, no encontró eco alguno antes del siglo XIX, que fué adoptada sobre todo por los físicos franceses que se ocupaban de la mecánica de los átomos; en efecto, ese espíritu riguroso y lógico de los investigadores franceses, hubo bien pronto de descubrir que en el mundo de la mecánica moderna el átomo desempeña un papel muy superfluo como partícula de la materia extensa; cuando los átomos cesaron, como en Gassendi y Boyle, de obrar inmediatamente unos sobre otros por su masa corporal, sino que obedecieron á las fuerzas de atracción y repulsión que se extendían al través del vacío y entre las estrellas, el átomo mismo se hizo un simple agente de esas fuerzas; no había (excepto su substanciabilidad completamente desnuda) nada de esencial que no encontrase también en las fuerzas su perfecta expresión; todo el efecto, aun el producido en nuestros sentidos, ¿no era causado por la fuerza no sensible establecida en el vacío?

El pequeño corpúsculo llegó á ser una vana tradición; no se le retenía ya más que á causa de su semejanza con los grandes cuerpos que vemos y podemos tocar con las manos; esta propiedad de ser tangible parecía pertenecer á los elementos de lo sensible, como pertenece realmente á lo sensible mismo; pero examinado de cerca, el acto de

coger y tocar, y con más razón el de ver y oír, ya no se efectúa, según la mecánica fundada en la teoría de la gravitación, por un contacto directo y material, sino simplemente por esas fuerzas completamente insensibles; nuestros materialistas tienen á la molécula por materia sensible por lo mismo que quieren dejar á la fuerza no sensible un substratum sensible; los físicos franceses no podían preocuparse de semejantes exigencias de la sensibilidad; parece que no hubo ya, en la ciencia de la naturaleza, argumentos en favor de la extensión de los átomos; ¿por qué, pues, llevar más lejos esta idea inútil?

Gay-Lussac, apoyándose en la analogía de la dimensión que disminuye cada vez más en el cálculo diferencial, consideró los átomos como infinitamente pequeños en comparación de los cuerpos formados; Ampère y Cauchy, tomando los átomos en el sentido más estricto de la palabra, no les conceden extensión alguna; Seguin y Moigno son de la misma opinión; únicamente este último, en vez de cuerpos sin extensión, prefería con Faraday simples centros de fuerza; así, por el simple desarrollo del atomismo, llegamos á la concepción dinámica de la naturaleza, no con auxilio de la filosofía especulativa, sino con el de las ciencias exactas. El observador silencioso estudia con un encanto particular cómo el ingenioso filósofo de la naturaleza y físico, á quien debemos las precisadas noticias sobre Ampère, Cauchy, Seguin y Moigno se conduce con el atomismo. Fechner, el antiguo discípulo de Schelling, el autor del místico y mítico *Zend-Avesta*, Fechner, prueba viviente de que una filosofía soñadora y entusiasta no es siempre funesta al genio de las sólidas investigaciones, se ha aprovechado precisamente de su teoría de los átomos para enderezar contra la filosofía una filípica que, comparada con ella, las enunciaciones de Büchner pueden, hasta cierto punto, parecer lisonjeras; evidentemente confunde en esta ocasión la filosofía general con la especie de filosofía por la

que él ha pasado; las ingeniosas evoluciones del pensamiento de Fechner, las numerosas imágenes y comparaciones creadas por su imaginación fecunda, sus argumentos más especiosos, todo esto significa sencillamente que en cada filósofo Fechner cree ver un hombre extraviado por los mismos errores de que él mismo ha sido víctima.

En general, el conflicto entre la filosofía y la física, tal como Fechner lo concibe, es un verdadero anacronismo; ¿dónde encuentra hoy la filosofía que se atreva, bajo pretextos poco plausibles, á prohibir á los físicos su atomismo? No se trata aquí de recordar que, en el fondo, los átomos «simples» de Fechner no son ya átomos, y que sería preciso colocar estrictamente entre las concepciones dinámicas una cosmogonía que admite centros de fuerza sin extensión alguna; el dinamismo, que tiene por punto de partida la negación del vacío, recibe también de Fechner concesiones tales que no sería ya el interés filosófico, sino un estrecho amor propio el que impediría firmar las paces, no tratándose más que de las relaciones de la filosofía con la física. Fechner tiene en poco no sólo la indivisibilidad de los átomos, sino también su extensión; además, observa con justicia que el físico no puede llegar hasta sostener «que el espacio entre sus átomos está completamente vacío, ni, por el contrario, que no se extiende entre ellos una substancia fina y continua, substancia que no influye ya en los fenómenos que él mismo ha de apreciar»; el físico no habla de estas posibilidades, que le son indiferentes, porque no tienen para él utilidad alguna; si le sirven al filósofo, que éste se ocupe de ellas, y le servirían bastante si lograsen ponerlas de acuerdo con las ciencias exactas; el físico no tiene necesidad de los átomos más que al principio y no al final; si el filósofo comienza por conceder al físico sus átomos, éste puede acabar por concederle espontáneamente todo el espacio; ambas concesiones no se contradicen.

No, sin duda; mientras se separen los dos terrenos con

tal rigor, será un filósofo raro (tenemos siempre algunos de este género en Alemania) el que quiera probar al físico la legitimidad del empleo inmediato, es decir, técnico, del atomismo; semejante comprobación no tendría sentido lógico ni filosófico, á menos de que el filósofo mismo se hiciese físico y mostrase cómo se podría hacer mejor, esto es, poniéndose él mismo á experimentar y recurriendo al cálculo diferencial; la simple aserción de que esto debe ser posible porque es racional no basta, á pesar de la dosis de presunción que encierra, para comprobar el empleo inmediato del atomismo; porque el filósofo que exigiera una física conforme á sus principios, no podría sin embargo negar que el modo según el cual se verifican las cosas es diferente, y este modo está ya justificado por el éxito; lo mejor es observar tranquilamente lo que hacen los otros, porque el técnico que conserve lógicamente el punto de vista indicado por Fechner, se verá obligado á confesar que su trabajo será acaso un día tan bien, por no decir mejor ejecutado según otros principios; pero esta posibilidad no le preocupará, á menos que no surja en su marcha victoriosa un obstáculo que le obligue, por una necesidad objetiva, á tomar otra dirección.

Pero Fechner mismo, ¿se detiene en su atomismo en el punto de vista del físico? De ningún modo. El párrafo citado más arriba está tomado de la primera parte de su escrito, en la cual expone el atomismo de los físicos absolutamente como lo hacen las obras que tratan de las ciencias exactas; en cuanto á su propia opinión sobre los átomos «simples», la clasifica él mismo en el atomismo «filosófico»; no ve la superioridad de su punto de vista más que en esto: el atomismo de los físicos, según él, se eleva, por decirlo así, al nivel de una filosofía y conserva en sus consecuencias extremas un carácter filosófico, mientras que la opinión de los «filósofos», que combate, está en contradicción con las investigaciones empíricas; tenemos,

pues, aquí, absolutamente como en Büchner, una concepción del mundo nacida en el terreno de las investigaciones científicas, la cual declara la guerra á la «filosofía» entera, al propio tiempo que ella misma se da por una filosofía; la solución del enigma se halla si se admite que es la filosofía del profesor de física la que se subleva contra la del profesor de metafísica, problema que no puede interesarnos nada en atención á que no reconocemos una filosofía de esta especie, y nos vemos precisados á negarla todo valor científico cuando pretende poseerle.

El filósofo Fechner se las arregla divinamente con el físico Fechner cuando éste tiene necesidad de corpúsculos de cierta extensión; estos corpúsculos son entonces, como las moléculas de los químicos, á su vez, cuerpos compuestos; hay, efectivamente, en física como en química, razones empíricas que no permiten reducir directamente y sin intermediarios los cuerpos visibles á centros de fuerza desnudos de extensión. Redtenbacher, á quien la teoría matemática de los movimientos debe mucho, construyó sus moléculas con «dinamidos» (*), entendiendo por esta palabra átomos materiales, extensos, dotados de pesantez, rodeados de una atmósfera de partículas etéreas distintas, poseyendo una fuerza repulsiva; en comparación de estas últimas, el átomo material debe ser representado no sólo como teniendo extensión, sino también como teniendo un volumen extraordinario; el motivo que determina á Redtenbacher á rechazar los puntos-átomos de Cauchy, se encuentra en la necesidad de admitir para la vibración de los átomos materiales, en direcciones diferentes, una diferencia de elasticidad de los átomos.

«Como suponemos un sistema de dinamidos con ejes

(*) *Dinamido*: nombre colectivo que designa el calórico, la electricidad y el magnetismo. (Nota del trad.)

de elasticidad, debemos necesariamente considerar á los átomos como pequeños corpúsculos de una forma determinada, aunque desconocida; porque sólo cuando los átomos tienen la forma de un eje y no son simples puntos ó glóbulos, pueden existir, en estado de equilibrio, desigualdades de elasticidad en direcciones diferentes; Cauchy da por base á sus investigaciones un medio compuesto de puntos materiales; sin embargo, admite que, alrededor de cada uno de estos puntos la elasticidad difiere según la diferencia de las direcciones; esta es una contradicción, una imposibilidad y, por lo tanto, un lado débil de la teoría de Cauchy».

Pero si ahora se quiere evitar la hipótesis, poco satisfactoria para nuestro intelecto, de cuerpos que relativamente á otros (las partículas etéreas), son infinitamente grandes; y, no obstante, indivisibles en absoluto, no hay más que una salida: el átomo material que forma el núcleo del dinamido debe ser considerado como no siendo indivisible más que relativamente, á saber: indivisible, en tanto que nuestra experiencia y nuestros cálculos lo reclamen; esto no le impediría tener la forma de un eje y estar compuesto de una cantidad infinita de sub-átomos de forma semejante é infinitamente más pequeños; esta hipótesis puede, sin necesidad de grandes cambios, pasar por todos los cálculos que ha establecido Redtenbacher; una metafísica tan inofensiva no puede provocar ni impedir descubrimiento alguno; y si para satisfacer al físico se consiente en considerar como absolutamente vacío el espacio relativamente vacío y como absolutamente indivisibles los cuerpos relativamente indivisibles, nada ha cambiado de cuanto antes existía; por lo menos esto no puede excitar los escrúpulos del matemático habituado á pasar por alto en sus cálculos fuerzas superiores de una intensidad infinitamente pequeña.

Es necesario acabar, dice el sentido común; muy bien, pero es el caso que aquí todo ha concluido; la ciencia nos

conduce á la idea de lo infinito, contra lo cual el sentimiento natural se subleva; ¿en qué se funda esta protesta? Es difícil decirlo; Kant la atribuya á las tendencias unitarias de la razón que están en desacuerdo con el entendimiento; pero esto no son más que nombres que se dan á un hecho inexplicado; el hombre no tiene dos órganos diferentes, el entendimiento y la razón, que se conducen como el ojo y el oído; pero es cierto que el juicio y el razonamiento nos conducen siempre de un número á otro y, en último término, al infinito, mientras que nosotros experimentamos la necesidad de detenernos; pero esta necesidad contradice las deducciones cuya serie es infinita. Büchner, en su escrito *La naturaleza y el espíritu*, hace defender á su filósofo Guillaume (que, naturalmente, es un tonto) la idea de la divisibilidad hasta lo infinito; pero Augusto, que tiene algún barniz de las ciencias de la naturaleza, toma un tono de oráculo para responderle: «Te atormentas por dificultades que están fundadas en la especulación más bien que en los hechos (se trata de una conversación que es enteramente especulativa); aunque no estemos en estado de transportarnos en pensamiento hasta el último término en que la materia no es ya divisible, es menester, no obstante, que, no importe dónde, la división tenga un término.» ¡Nada vale, en realidad, una fe robusta! «Admitir una divisibilidad infinita es un absurdo; esto equivale á no admitir nada y poner en duda la existencia de la materia en general, existencia que hombre alguno sin prejuicio podrá negar con éxito.»

No es nuestra misión defender á Ampère contra Büchner; este último declara él mismo, en *Fuerza y materia*, que el átomo no es más que una simple expresión admitiendo la infinidad en el orden de la pequeñez; nosotros debemos más bien preguntarnos cómo en la luz de la física actual puede aún existir una idea de la materia tal como el Augusto de Büchner la considera como necesari-

ria; un físico de profesión, aun cuando admita átomos extensos, no se atrevería apenas á hacer depender la existencia de lo que llamamos materia en la vida ordinaria y en la ciencia, de la existencia de corpúsculos extensos infinitamente pequeños; Redtenbacher, por ejemplo, no defiende contra Cauchy más que sus ejes de elasticidad, pero no la realidad de la materia; por otra parte, no podemos disimular que el Augusto de Büchner, probablemente según el plan concebido por el autor, emite la opinión de casi todos los profanos que más ó menos se han ocupado de estas cuestiones; el motivo es probablemente que no puede libertarse lo bastante de la representación sensible de cuerpos compuestos y compactos en apariencia, tal como nuestro tacto y nuestros ojos nos les dan á conocer. El físico de profesión, por lo menos el físico matemático, no puede hacer el menor progreso en su ciencia si no se libra de esas representaciones; todo lo que encuentra en sus trabajos es resultante de fuerzas por las cuales la materia forma un sujeto completamente vacío en sí y por sí; la fuerza no puede ser representada sensiblemente de una manera adecuada; se sirve uno de imágenes como de las líneas de las figuras en los teoremas de geometría, pero sin confundir jamás esas figuras con la idea de fuerza; esta costumbre continua de asociar á la idea de fuerza una concepción intelectual y abstracta de la fuerza, la transporta el sabio fácilmente á la idea de materia; esto es lo que nos muestra el ejemplo de un físico cuyo nombre honra la ciencia alemana.

W. Weber se expresa así en una carta á Fechner: «Importa en las causas del movimiento eliminar una parte constante, tal que el resto sea variable, pero que sus cambios puedan imaginarse como dependiendo únicamente de relaciones mesurables de tiempo y espacio; por este camino se llega á una idea de masa, á la que no se une necesariamente la representación de extensión en el espacio; entonces no se mide la extensión de los átomos,

en la concepción atomista, según su extensión en el espacio, sino según su masa, es decir, según la relación constante, para cada átomo, de la fuerza con la aceleración de la velocidad; la idea de masa (así como de átomos) es, según esto, tan poco grosera y tan poco materialista como la idea de fuerza, pero ambas son completamente iguales una y otra para la delicadeza y claridad intelectuales». Existe, es verdad, una oposición muy sorprendente entre estas especulaciones (que volatilizan la esencia de la masa y del átomo hasta el punto de hacer de ella una abstracción realizada) y las teorías más recientes de la química que han alcanzado un triunfo tan decisivo; no se podría *a priori* conceder un débil valor á estas teorías si se piensa que no se trata aquí de una moda científica, sino que la química, por sus concepciones hoy dominantes, se ha puesto por vez primera en estado de predecir la existencia de cuerpos que no han sido investigados según los principios de la teoría y por consecuencia de proceder deductivamente hasta cierto grado (14); la idea decisiva de esta nueva teoría es la idea del valor ó de la «cuantivalencia» de los átomos.

El desarrollo de la teoría de los tipos y las observaciones sobre las combinaciones de los elementos según las porciones de volumen en estado gaseiforme, han revelado que existe una clase de elementos cuyos átomos no se combinan más que con un átomo de otro elemento (tipo ácido clorhídrico); otra clase cuyos átomos pueden combinarse con dos átomos de otro cuerpo (tipo agua), y una tercera clase (tipo amoníaco), cuyos átomos arrastran consigo otros tres átomos; á los átomos en cuestión se les llamó, según esta propiedad, átomos de una, dos y tres atomicidades, y poseían en esta clasificación un punto de apoyo muy importante para las investigaciones, habiendo enseñado la experiencia que las sustituciones, es decir, el reemplazo de un átomo en una molécula por otro ó por una combinación de otros, se podía

considerar como acabado, dejándose clasificar según el principio de la cuantivalencia y determinarse *a priori*; de simples combinaciones se podían también deducir, regularmente, combinaciones cada vez más complejas, y se han encontrado cantidades de substancias inorgánicas de una estructura muy complicada, dirigiéndose, en los ensayos, según la ley de la cuantivalencia y el encadenamiento de los átomos que de ella resulta.

En primer lugar, el hecho de la isomería había obligado á admitir que las propiedades de los cuerpos no dependen sólo de la cantidad y del carácter de los elementos que encierran, sino que debe ejercer influencia una coordinación diferente de los átomos; hoy, el modo según el cual los átomos se combinan en las moléculas, ha llegado á ser el principio capital de las investigaciones y la explicación de los hechos, sobre todo desde que se ha encontrado en el carbono un elemento de átomos á cuatro atomicidades (tipo gas de las minas), al cual se agregaron bien pronto, por lo menos hipotéticamente, átomos de cinco y seis atomicidades. Aquí el método y la teoría del conocimiento tienen interés en estudiar la extraña indecisión de los químicos entre una concepción sensible, concreta y una concepción abstracta de la atomicidad; por un lado temían transportarse al terreno oscuro de las concepciones imaginarias, cuyo acuerdo con la realidad podría considerarse como problemático, y por otro, se guiaban por el deseo muy justo de no admitir nada que no pueda (de una ó muchas maneras diferentes) ser representado sensiblemente ó por lo menos con claridad; se ha hablado, pues, de los «puntos de afinidad» de los átomos, de sus «adherencias» mutuas, de los puntos «ocupados» y de los puntos todavía libres, como si se distinguiesen en el cuerpo extenso y cristalizado del átomo tales puntos, por ejemplo, como los polos de una fuerza ejerciendo una acción magnética; pero, al mismo tiempo, han hecho sus reservas contra la significación de