

ARMONÍAS
DEL
MUNDO FÍSICO

POR

D. Zoel Garcia de Galdeano,

Doctor y Catedrático de la Universidad de Zaragoza.

Precio: 1'80 pesetas.

ZARAGOZA

Imprenta de Ramón Miedes

1892

7

Subser. 2^a Div. 2^a

A. 115-12

7287

115-12

ARMONÍAS
DEL
MUNDO FÍSICO

POR

D. Zoel García de Galdeano

Doctor y Catedrático de la Universidad de Zaragoza



ZARAGOZA

Imprenta de Ramón Miedes

1890

Es propiedad.

ÉPOCAS

DE

FORMACIÓN DEL GLOBO TERRÁQUEO

I.

La tierra no ha presentado siempre el aspecto con que hoy se nos presenta. Ha pasado en el transcurso del tiempo por una serie de transformaciones que han sido estudiadas y comprobadas por los geólogos, y que forman en conjunto una historia interesante, donde las fuerzas de la Naturaleza son los agentes que influyen de múltiples maneras sobre las sustancias materiales, sometidas así á una variación continua.

El globo terráqueo era en la primera época de su formación un núcleo incandescente donde se hallaban fundidas ó volatilizadas las materias que hoy forman nuestros continentes. Los cuerpos que componían la primitiva atmósfera se hallaban agrupados en el orden de su densidad; la capa más próxima al núcleo estaba formada por los vapores más pesados, como los de los metales, el hierro, el platino, el cobre, mezclados acaso con polvos metálicos procedentes de la primera condensación que se fuera produciendo sobre el océano de fuego. Encima se hallaban las materias vaporizables, como el azufre, el fósforo, etc. La zona superior contendría los cuerpos naturalmente gaseosos como el oxígeno, el ázoe, el ácido carbónico. Y todas estas sustancias, por una serie de trastornos, cambios y violentas evoluciones, debieron confundirse en modo muy diverso hasta que se verificara la primera solidificación de la costra terrestre primitiva.

vamente de poco espesor y escasa resistencia, rodeada por la totalidad de las sustancias líquidas. Pero en este primer estado ¿quién es capaz de formarse una idea aproximada de lo que fueran aquellos inmensos cataclismos en que por la acción de la enorme temperatura interior, la corteza formada se agrietara de mil maneras para dar paso á nuevas materias incandescentes que se precipitaran como inmenso oleaje formado por el granito líquido, por metales fundidos y otros materiales que habían de formar las primeras montañas? Y cuando el agua pudo pasar del estado de vapor al de líquido ¿qué serie de conmociones y luchas entre los elementos no se producirían en el seno de la primera atmósfera terrestre! Primero descender en copiosísimas lluvias de líquido hirviente para luego volver á elevarse, cuando chocara con la superficie incandescente de la tierra y de nuevo condensarse; y este supremo combate entre el

agua y el fuego, cuya duración es imposible fijar, pero que sería grandísima como la duración de todo período geológico, hubo de terminar por el triunfo del agua que se posó un instante tranquila sobre la superficie de la tierra, constituyendo un océano¹ continuo.

Pero la acción de los agentes naturales no cesa, y tampoco había de cesar un estado á que con gradual enfriamiento condujera á la tierra, que aun había de recorrer series de transformaciones de mayor importancia.

La considerable tensión de materias inflamadas contenidas bajo el frágil espesor de la primera costra terrestre habían de agrietarla otra vez para dar salida á nuevos materiales, que, elevándose sobre la superficie de las aguas, dieron forma á los primeros contornos de la tierra. Y en la época de formación llamada siluriana sólo existen mares inmensos y poco profundos donde aparecen arrecifes cubiertos de algas que pueblan algunas especies

de moluscos y animales articulados, ejemplares que son como los primeros eslabones de la vasta cadena de los seres organizados que se suceden en las varias etapas de la vida sobre nuestro planeta.

Después del período siluriano los geólogos nos presentan el período devoniano donde el aspecto exterior del globo terráqueo se halla modificado, y que se distingue por la producción de nuevas especies de plantas y animales más complicados, de más vario organismo, en armonía con el medio en que deben existir. Los peces figuran en primer término sin ser su estructura la de las especies actuales, y los trilobites, pequeñísimos crustáceos armados de su broquel de tres lóbulos, recorrían las aguas poco profundas, mientras que otras especies de animales inmensamente más pequeños hasta el punto de que muchos millones de individuos caben en la palma de nuestra mano, á la manera que hoy los corales y ma-

dréporas surgen del fondo del Océano, formando primero arrecifes y más tarde islas, eran los que en el período devoniano tapizaban el fondo de las aguas donde producían sus festones y filigranas sobre los que habían después de sustentarse los nuevos organismos de las edades futuras, y que se ofrecen al hombre como provechosa lección que le enseña cómo lo infinitamente pequeño en la Naturaleza puede igualar á lo infinitamente grande; cómo seres invisibles y al parecer mal defendidos sobreviven á épocas enteras y hasta las destruyen, siendo ellos los que permanecen, dejando, si no en las primitivas especies que también perecieron, en otras análogas que son sus representantes, como huellas de su existencia, inmensas capas geológicas que aumentan el espesor de la costra terrestre, y forman lo mismo la cima de nuestras montañas que el fondo de nuestros mares.

Al período devoniano sucede el hullífero, el de los bosques de gigantescos helechos.

El carbón mineral que hoy extraemos de las minas y que sirve ya como combustible, ya como medio de transformar el agua en vapor, cuya fuerza expansiva utilizan millones de máquinas en miles de varias industrias y que en la forma de hulla lleva la materia productora del gas del alumbrado, es lo que ha quedado de aquella época de la vegetación predominante en una atmósfera densa donde abundaba el ácido carbónico, y la luz del sol apenas brillaba á través de aquella atmósfera tibia oscurecida por las lluvias continuas; y allí, sobre las primeras plantas terrestres, los líquenes y los musgos que se asen á las peñas, se levantan bosques de helechos gigantescos, y cientos de estos bosques acumulados, unos sobre los despojos de los que les precedieran, forman esas cuencas carboníferas que hoy vemos como residuo de una porción de reaccio-

nes químicas que hicieran perder á aquellas plantas su aspecto primitivo para darles el brillo y la consistencia que caracteriza á la hulla, pues, según la opinión de los geólogos, la costra terrestre no consolidada aun completamente, hallábase con frecuencia agitada por el movimiento de la masa líquida interna que produjera, como hoy sucede en nuestros mares, la acción atractiva de la luna y el sol, siendo probable que estas mareas subterráneas causaran el hundimiento de los bosques que acabaran por quedar sumergidos bajo las aguas, así como los nuevos bosques que se formarían sucesivamente sobre los restos de los anteriores. Y esas masas vegetales cubiertas por las aguas debieron fermentar de un modo difícil de definir en sus diversas fases, y la presión, y el peso de tantas materias acumuladas, debieron ser las principales causas que han contribuído á producir la densidad y cohesión que hoy se observa en la hulla.

Del examen de la costra terrestre inducen los geólogos que al período hullífero sucedió el período permiano.

Al enfriarse sucesivamente la tierra, se verificaron resquebrajamientos y fracturas en diversas regiones; y las anchas grietas convertiríanse en canales por donde del interior fluyeran incandescentes las masas sieníticas y porfídicas que formaron montañas áridas y escuetas sobre la tierra aun cubierta por la abundante vegetación hullífera.

Después del período permiano, la formación de la tierra entra en la época secundaria caracterizada por el predominio de los grandes reptiles cuyas dimensiones llegan á ser asombrosas. El reino vegetal antes predominante declina, mientras el reino animal se enriquece con nuevas é importantes especies.

En el período triásico, primero de la época secundaria, nuevos seres se ofrecen á la consideración del geólogo. Los trilobites han des-

aparecido; pero en cambio surgen los ammonites que flotan por los mares triásicos con sus tornasoladas conchas, unas de dimensiones microscópicas, otras del tamaño de las ruedas de un carro, mostrando la rica variedad que la Naturaleza ofrece aun en la reducida esfera de un solo tipo. Al lado del labyrinthodon, especie de rana gigantesca, de cuyos palmeados piés han quedado impresas las huellas en los terrenos arcillosos del subperíodo conchífero, aparecen el nothosaurus, especie de cocodrilo marino, y las primeras tortugas terrestres. Pero el momento culminante de esta época de la tierra, caracterizada por el predominio de los grandes reptiles, se halla en el período jurásico.

Los pólipos construyen los cimientos sobre que se han de elevar las islas jurásicas, colaborando en este trabajo cientos de generaciones de estos seres que se suceden; y sobre tales basamentos las tierras adquieren nuevas

formas y la vida vegetal nuevos desarrollos en islas innumerables y en mares que han de ir variando lentamente sus riberas, ya avanzando, ya retrocediendo, para modelar de mil modos aquéllas, al compás del flujo y del reflujo que la vida organizada debe sufrir dentro del movimiento general de la Naturaleza, en cuyo dominio las fuerzas físicas, orgánicas y vitales, luchan entre sí para producir eternas armonías. Y así como la constitución de un ser cualquiera que pretendamos considerar corresponde á un medio adecuado para su desenvolvimiento, aquellas playas cercadas por el Océano, que establecían en él ligeras soluciones de continuidad, eran propias para que los reptiles efectuaran los primeros ensayos de su vida continental. El plesiosauro, reptil enorme con apariencia de cisne, cuyas robustas mandíbulas trituraran infinidad de conchas y de peces al surcar las ondas del Océano, ó también en los huecos de las peñas medio

emergidas, ó entre los juncos de aquellas inmensas orillas, podía acechar nuevas presas y sembrar la destrucción en aquellos continentes rudimentarios donde, al silencio de los bosques hullíferos, sucediera el primer canto de la Naturaleza expresado por los zumbidos de los insectos.

Con el plesiosauro dominaba en aquellos dilatados mares el ictiosauro, cuyo esqueleto, encontrado en los terrenos jurásicos, revela á nuestra imaginación lo que debiera ser aquel monstruo de enormes mandíbulas provistas hasta de ciento cincuenta dientes encorvados y puntiagudos, de cuyo poder destructor puede formarse una idea por los voluminosos cráneos encontrados en los terrenos jurásicos. El pterodáctilo, de alas membranosas con cuerpo de reptil, era otro monstruo de aquellas edades, dispuesto lo mismo para atravesar los mares que para proseguir su obra de destrucción, en las escuetas playas ó en los

achataados continentes desprovistos de altas cimas, obra de destrucción que es de vida y armonía en el vasto conjunto de la Naturaleza.

Esta obra de renovación de la Naturaleza la continúan las nuevas generaciones de seres que existieron en el subperíodo oolítico, y que de igual manera que el anterior puede aun considerarse como el del reino de los reptiles, cuyo más notable representante es el teleosauro, especie de cocodrilo colosal, cuyo cuerpo estaba cubierto por escamas huesosas de espesor y dureza extraordinarias.

Pero no es posible formarse idea de la admirable fábrica del Universo, si sólo nos fijamos en lo que nos asombra por su tamaño ó por la fuerza aparente, pues las fuerzas lo mismo se ejercen en lo pequeño que en lo grande, lo mismo se concentran en un punto que se difunden por la inmensidad de los espacios. Y así vemos que el carbonato calcáreo de las aguas termales procedentes del in-

terior de la tierra y mezcladas con las aguas del mar, explican la formación de los grandes depósitos de cal característicos del período cretáceo. Los innumerables zoófitos y moluscos que poblaban el Océano se apoderaron de esta materia para formarse una cubierta mineral, que luégo permaneció como despojo en este ciclo incesante de la vida, y constituyó capas de la corteza terrestre que hoy son los terrenos calcáreos, cuyos vestigios sólo se revelan por los admirables y variados matices que ostentan los mármoles de nuestras canteras, no menos ricos en dibujos y colores á la simple vista que cuando sus al parecer más insignificantes partículas se observan con auxilio del microscopio.

En el período cretáceo, la Naturaleza llega al último grado del dominio de los reptiles con el iguanodon y el megalosauro, que parecen destinados con sus prodigiosos medios de destrucción á mantener en justos límites

el desarrollo de las demás especies de animales que no dejaban de multiplicarse con creciente rapidez, y esto no es más que la preparación para una nueva fase.

Examinando los sucesivos aspectos de la obra de los seis días, que en el Génesis expresa el orden de la creación, llegamos á la época que los geólogos designan con el nombre de terciaria. Sus períodos llamados eoceno, mioceno y plioceno, significan que la tierra se hallaba en la aurora del gran día de la aparición del hombre, que corresponde á la época siguiente.

Las variaciones de la configuración de la tierra que ya formaba continentes, permitían un desenvolvimiento más variado de la vida; y á los peces, y á los reptiles se agregan las especies de los animales superiores.

Al reinado de los peces y los reptiles sobre la tierra, sucede el de los mamíferos y las aves.

Por efecto de alteraciones que la ciencia no puede explicar en todos sus detalles, pero que se explican por series de inducciones basadas en los restos fósiles conservados hasta nuestros días en las diversas capas de la corteza terrestre, que son las hojas del gran libro de la Naturaleza, donde el geólogo lee la historia de ésta, ya las vastas llanuras, los espesos bosques, las rocas y las montañas que separaban los valles y diversificaban las varias regiones de los continentes, se prestaban á hacer desaparecer la monotonía que hasta entonces ofreciera la fauna y la flora á cualquiera inteligencia habituada á observar la profusión de tipos, de especies y de formas que actualmente pueblan la tierra.

Las plantas vasculares ceden el dominio á las plantas fanerógamas ó dicotiledóneas, que sucesivamente van siendo más variadas y abundantes. La flor aparece por vez primera en este período embalsamando el ambiente, y

la mariposa puede ya existir para libar su néctar. La superficie de la tierra se cubre de bosques en cuyas espesuras se reúnen á pacer los gigantes del mundo animal representados por los paquidermos.

Los numerosos restos fósiles que se descubrieron en las canteras de Montmartre han permitido reconstituir esqueletos enteros. El anoploterio, descrito por Cuvier, era del tamaño de un asno, y se ofrece á nuestras investigaciones como el representante en aquella época de nuestros solípedos. El palæotherium, semejante al tapir y descrito también por Cuvier, y el lophiodon, más parecido al tapir que el anterior, son animales del período eoceno. En el período mioceno, las especies son más gigantescas. El dinoterio y el mastodonte, mayores que el elefante actual, son los colosos del reino animal. Pero este predominio de los grandes herbívoros, como antes el de los grandes reptiles, cede durante

el trascurso de los siglos á la acción de las leyes superiores á que todo se somete. Los grandes bosques, como aquéllos del período hullífero, quedan á su vez sepultados para transformarse en el lignito, especie de carbón mineral, no tan compacto como la hulla, y para dar origen á los depósitos de petróleo, nafta y otra variedad de sustancias betuminosas que hoy el hombre convierte en objetos de utilidad y aplicaciones mil á las necesidades de la vida. La tierra sigue enfriándose durante el período mioceno, y en el período plioceno, que es el último de la época terciaria, nuevas convulsiones modifican la constitución de la misma. Las erupciones basálticas y volcánicas forman nuevas cordilleras de montañas que el núcleo en ignición después de agitarse con terrible violencia, arroja á la superficie. Sigue en este nuevo período habitando el mastodonte en los bosques, y el caballo; y una multitud de paquidermos propios tam-

bién de la época siguiente, como el rengífero, el hipopótamo, el camello, el toro, el rinoceronte, se conocían ya en el período plioceno, con el gigantesco *sivatherium* que, á juzgar por las dimensiones del cráneo, debiera ser un ciervo de la altura del elefante. En fin, los cuadrumanos, cuyo primer tipo se halla en el período mioceno, representado por el *mesopithecus*, y ya representados por multitud de especies, trepaban y se columpiaban entre las altas ramas donde tenían sus viviendas.

Prolijo fuera enumerar las especies de plantas y animales que la Naturaleza en la época cuaternaria ofrece con esplendidez en nada comparable con lo que en las anteriores ofreciera. La época cuaternaria ó sea la época actual en que el hombre aparece para someter la tierra á su dominio, para luchar victoriosamente con su inteligencia contra la fuerza de los brutos ó la de los agentes naturales. Describir tanta variedad de seres como se

ofrecen á nuestra contemplación en esta última etapa de la vida de la Naturaleza, sería ya describir lo que la humanidad ha resumido en los libros como fruto de sus investigaciones durante este corto período que la historia le concede de antigüedad sobre la corteza terrestre y que tantos millones de siglos necesitó para ofrecérsele como digna morada.

El mammoth, correspondiente al elefante actual, el coloso de los desdentados representado por el megaterio, cuyo esqueleto se encontró en Buenos Aires, el león de las cavernas, la hiena espelæa, el gran gato de diente en forma de espada, todos de mayor tamaño que los de las actuales especies, cuyos restos se han encontrado en gran número hacinados en las cavernas donde antes de perecer debieron haber buscado refugio acosados por las aguas de los diluvios, el tigre gigantesco, el glyptdoon de la familia de los armadillos, y, en fin, el ave colosal que se cree alcanzara la

talla del elefante , conocida con el nombre de dinornis, son bastantes para expresar lo que fuese el reino animal en el momento de la aparición del hombre y antes de que las aguas de los diluvios sucesivos, de los cuales la ciencia geológica nos revela la existencia, nos haga llegar á los tiempos históricos y á la actual época de la Naturaleza.

¡Qué alteraciones en la superficie de la tierra! ¡Qué cataclismos no han de conmoverla en todas sus regiones antes de presentarse como hoy se ofrece á nuestra contemplación! Sus entrañas experimentaron violentas convulsiones promovidas por las fuerzas de expansión de las materias fundidas y volatilizadas que buscaran salida á través de los obstáculos que la corteza ya formada opusiera á su dilatación y cambio de estado.

El esqueleto de este cuerpo gigantesco va á adquirir formas con la elevación de las grandes montañas desde el fondo de los abismos.

El Jura, los Alpes y cuantos sistemas orográficos dibujan hoy los contornos de la Europa aparecen, el Himalaya acumula pisos sobre pisos para alejar sus cimas del foco donde se elaboraran por espacio de cientos y cientos de siglos, y escalonarlas sobre sus inmensas mesetas, como para dar un fondo variable á todas las manifestaciones de la vida. En América, la cordillera de los Andes es la columna vertebral que ha de alimentar los inmensos cauces de sus ríos con las nieves de sus cimas.

Estas conmociones de la parte sólida de la tierra habían de influir sobre la masa líquida. El fondo del Océano de mil diversas maneras alterado tenía que lanzar sus aguas á manera de inundaciones impetuosas sobre las partes bajas para buscar de nuevo un nivel.

El diluvio del norte de Europa ó escandinavo, producido por el quebrantamiento de las montañas de Noruega; el segundo diluvio europeo, que los geólogos atribuyen al levanta-

tamiento de los Alpes, constituyen dos de las grandes perturbaciones que alteran la estructura de la superficie terrestre en la época cuaternaria, seguidas por otra aun de más trascendentales consecuencias para la vida de los seres, y, por consiguiente, para realizar una de esas alteraciones que hemos visto constituyen las fases de la existencia de la Naturaleza, pues el *período glacial*, cuyas causas han preocupado y preocupan á los sabios, produjo una suspensión de la vida orgánica en diversos países hasta el punto de llegar á la extinción de especies enteras de animales.

Las fértiles llanuras que hoy contemplamos, se hallaron en otro tiempo cubiertas por capas de nieves y de hielo. Los ventisqueros de los Alpes hoy son una pálida imagen de lo que fueran en épocas muy remotas. Las nieves acumuladas en los valles ó en las hendiduras de las montañas endurecidas por la presión formaban inmensos depósitos, no como



ho y limitados á las regiones polares y á algunos sitios montañosos de considerable altura, sino extendidos como un inmenso sudario sobre gran parte de los continentes, fenómeno que expresaba el tránsito de un período á otro de la vida.

Esta breve reseña de la vida de nuestro planeta, señalada en los cielos por la infinidad de trayectorias que describiera durante períodos de millares de siglos, dan á conocer, si bien muy someramente, ese orden gradual que la Naturaleza sigue en sus obras, esa lentitud con que realiza sus alteraciones, siempre sometidas á la unidad de plan, de tal manera que en ella se ve enlazado lo pequeño á lo grande por un encadenamiento no interrumpido de relaciones intermedias. El átomo en la molécula se mueve como el planeta en su sistema ó la estrella en mundos superiores. Las fuerzas físicas, orgánicas y vitales, ya sean distintas entre sí, ya sean distintos

aspectos de una misma fuerza, realizan la gran obra de la armonía de las existencias en los varios planes de los tres reinos de la Naturaleza con unidad de fin que siempre podremos ver surgir del seno de la variedad.

La sucesión de las épocas geológicas ha expresado uno sólo de la infinidad de los grandiosos ciclos en que la Naturaleza realiza la armonía universal.

II.

Los Espacios celestes.

El hombre, al hallarse dotado de inteligencia, camina de maravilla en maravilla cuando aplica esta preciosa facultad al examen de cuanto le rodea. Y como en todo lo que concierne á la vida de la Naturaleza surge siempre una antítesis, porque si grande aparece la inteligencia humana, que después de ahondar en las profundidades de los mares, de vagar por la multiplicidad de los seres que se hallan en las regiones de las leyes del mundo inorgánico, del organismo ó de la vida, de buscar

la ley de armonía que preside á tanta variedad, no satisfecha con examinar lo que á su alcance se encuentra en la extensión de nuestro planeta, busca ansiosa nuevos objetos á su aspiración de conocer insaciable, al mismo tiempo que esto le hace medir el titánico poder de su esfuerzo ya demostrado en muchas ocasiones, le hace vacilar ante nuevos obstáculos que debe superar á cada paso que avanza en el camino de la verdad, y la inclina á encontrarse pequeña ante un objeto siempre sometido á su examen, siempre susceptible de ser conocido por su penetrante y sutil mirada, pero que siempre deja nuevos abismos inexplorados; lo desconocido al lado de lo conocido, el misterio al lado de la evidencia, en fin, una especie de aproximación al equilibrio, como sucede en toda la Naturaleza, entre la acción indefinida de nuestra inteligencia y la reacción incesante que sobre ella á su vez ejerce cualquier objeto sometido á su investigación.

Antigua es la aspiración del hombre á sondear los espacios, sin duda porque su inteligencia, que posee la noción de lo infinito, la busca siempre donde puede encontrar un más allá sobre cuanto es objeto de sus limitadas percepciones, y en verdad que ciertamente nada hay como ese espectáculo del cielo en una noche serena para excitar sus aspiraciones hacia lo desconocido, su tendencia hacia lo infinito y hacia lo inmutable, que parece representar esa bóveda de puntos luminosos que á primera vista se nos manifiestan como fijos, y así lo ha creído la humanidad durante muchos siglos.

Los astros han sido objeto de culto entre todos los pueblos de la antigüedad; los chinos, los caldeos, los egipcios tenían sus observatorios y sus templos; los griegos, con su rica fantasía, poetizaron su teogonía y fijaron en los cielos la historia de sus dioses representados por los astros, símbolos de lo eterno

y lo inmutable, según las teorías de Platón y Aristóteles. El movimiento circular es el más perfecto, según este filósofo, por eso se les suponía girando en grandes círculos alrededor de la tierra, y ésta, supuesta por los geógrafos griegos plana, y en cuyo centro el orgullo de este pueblo hacía colocar aquella risueña península, patria de la poesía y del genio, se hallaba rodeada completamente por el río Océano, y la bóveda celeste, compuesta de ocho regiones concéntricas, contenía en las siete primeras los planetas entonces conocidos, y en la octava, las estrellas llamadas fijas, donde el astrónomo Ptolomeo contó hasta 1.026 de éstas, distribuídas en 48 constelaciones. La Osa Mayor, la Menor, el Dragón, Cefeo colocado á la derecha del polo, Hércules, Andrómeda ó la Mujer encadenada, Orión, la Lanza del Centauro, la Cabelletera de Berenice y otros nombres que fuera prolijo enumerar, expresan cómo la poesía inva-

dió la región de los cielos para fijar en ellos la historia de los dioses y de los hombres.

Pero tenemos que pasar de la región del misticismo y de la fantasía á la región de la realidad, y representarnos el Universo cual es, según ha demostrado la ciencia, y vamos á ver cómo la fría razón, al sobreponerse á la imaginación, nos presenta un universo incomparablemente superior al que forjó la fantasía de los poetas.

La idea de los siete cielos sólidos de Aristóteles rodeados por el octavo cielo que era el de las estrellas y de su movimiento circular alrededor de la tierra, supuesta fija en el centro del universo, desapareció en el siglo XVII cuando Copérnico substituyó su sistema al de Ptolomeo, y el genio de Galileo llegó á demostrar el movimiento de la tierra. A Kepler estaba reservado el reconocer la verdadera marcha de los planetas, la forma de las órbitas que recorren y las leyes según las

que se mueven, que le permitieron hacer una nueva exposición del sistema del Universo, base sobre la que se ha ido formando la grandiosa idea que hoy tenemos del mismo. Además, el descubrimiento del telescopio aumentaba de una manera indefinida el poder investigador del hombre, que podía ya sondear la inmensidad de los cielos, y, en fin, la ley de la gravitación universal descubierta por Newton, era la expresión de una idea que había de sostener la unidad de la ciencia al mismo tiempo que un instrumento poderoso que había de centuplicar los detalles en torno de la misma.

Estas ideas amplificaban notablemente la pobre opinión que en la antigüedad se tenía del Universo; ya la Tierra había cedido la soberanía que en el dominio de los espacios se le había adjudicado, como los griegos habían atribuído á su país el privilegio de ser el centro de la Tierra, y quedaba relegada á la categoría de un planeta dependiente como otros

muchos del astro central, que á su vez se consideró como fijo, determinando el centro del Universo.

La Tierra, con su diámetro ecuatorial de 1.276 miriámetros y con una superficie de 510 millones de kilómetros cuadrados, aparece en nuestro sistema planetario como un cuerpo de importancia media y queda reducida á un lugar secundario de igual manera que los planetas Venus y Marte, por más que éstos sean de menor volumen que aquélla; y Júpiter, con su diámetro medio de 14.317 miriámetros y un volumen 1.414 veces mayor que el de la Tierra, ocupa el primer lugar, siguiéndole Saturno, Urano y Neptuno. Pero estas cifras, que nos admiran á primera vista, quedan muy reducidas en importancia cuando consideramos el núcleo central que, por su masa preponderante, mantiene en sus órbitas á todos aquellos planetas que forman su séquito, pues su volumen es 1.407.100 veces mayor que el de

la Tierra y 700 veces mayor que el de todos los planetas reunidos, siendo la extensión de la masa solar tal, que, si en su interior se concibiese colocada la Tierra, aun comprendería la órbita lunar como una circunferencia concéntrica que distaría todavía unas 80.000 leguas de la superficie de aquélla, y para mantener el equilibrio con la masa solar por medio de una balanza gigantesca que sólo puede concebirse con el auxilio de nuestra imaginación, serían precisos 324.000 globos terrestres.

Es ciertamente admirable contemplar en su conjunto el sistema que consideramos, bajo cualquiera de los puntos de vista según el que se le examine. Si respecto á las masas, las cifras anteriores nos manifiestan nuestra pequeñez ante lo que sólo es concebible bajo el simbolismo de una expresión numérica, pero que se escapa á nuestra limitada intuición. Si respecto á la variedad de elementos que lo constituyen y á la multiplicidad de las maneras de

estar distribuídos, hallamos primeramente un conjunto de 8 planetas principales y 20 satélites, con órbitas de magnitud, excentricidad é inclinación diversas, contribuyendo á un plan único, á una armonía no turbada aparentemente en la sucesión de los siglos. Mercurio, Venus, la Tierra y Marte giran los más próximos al Sol; luégo, en una zona comprendida entre éste y Júpiter, más de 240 asteroides, cuyo número total se ignora, con masas insignificantes al lado de las de los planetas, pero que aumenta á medida que las observaciones astronómicas nos van revelando su existencia; y no sólo existen estas masas, algunas de las cuales alcanzan el diámetro de 100 leguas, sino otras muchísimas, innumerables, que, como especies de átomos cósmicos, se mueven en los espacios celestes á la manera que los átomos de la materia se agitan en los espacios intermoleculares, masas que se llaman metéoros, bólidos ó estrellas fugaces y que en una

noche tranquila contemplamos muchas veces en número prodigioso que se calcula llegar á las cifras de centenares ó miles de millones, si sólo se trata de los que brillan ante nuestra vista en un año, y que constituyen una parte insignificante de los existentes dentro de la extensión del mundo solar.

Siguen, en fin, su curso bajo la acción atractiva principalmente del Sol, y á mayores distancias Saturno, Urano y Neptuno, que terminan el número de los planetas hoy conocidos como dependientes de nuestro Sol; algunos de ellos como Saturno, el planeta de las ocho lunas; Urano, que tiene cuatro; Júpiter, también cuatro; Neptuno, una; Marte, dos, y la Tierra á la Luna, dan mayor variedad á nuestro mundo, sin contar esos hoy innumerables planetas especiales que se llaman cometas, cuyas órbitas notablemente excéntricas hacen sus períodos de aparición tan diversos, que muchos de ellos se calculan en algunos millares de años.

Pero si, de la consideración del número y la variedad de los elementos que constituyen el mundo solar, pasamos á meditar en la enormidad de las distancias, nos hallaremos en uno de los primeros grados por los que nuestra inteligencia puede elevarse al concepto de lo infinito. La tierra gira en su órbita á una distancia media de 38 millones de leguas, con una velocidad de 27.500 leguas por hora ó de 660.000 por día; Júpiter, 1.400 veces más voluminoso que la Tierra, situado á 200 millones de leguas del Sol, tarda cerca de 12 años en recorrer su órbita, y, en fin, Neptuno, 85 veces mayor que nuestro globo, alejado 1.112 millones de leguas del centro planetario, vuelve á cada uno de los puntos de su inmensa trayectoria después de un trascurso de 164 años. Y si, de la consideración del número y variedad de los mundos planetarios y la inmensidad de los espacios en que se mueven y de la velocidad de este movimiento y, en fin,

de lo inmenso de las duraciones del tiempo, pasamos á la consideración de la fuerza, nuevo asombro se produce en nosotros, tanto por la magnitud del hecho en sí, como por la capacidad de concebirlo.

El Sol, que constituye una colosal fuerza atractiva proporcional á su masa, atrae en razón inversa del cuadrado de la distancia á cada uno de esos globos gigantescos ya citados y á su dominio sometidos, fijando, en conformidad con estas condiciones y con la fuerza impulsiva de cada astro, las elipses que forman en el espacio; pero el Sol, además de ser fuerza atractiva, es una fuerza en forma de calor que se transforma de mil diversas maneras, según las leyes de la materia, y no sólo ilumina los hemisferios de los planetas, cuya luz reflejada los muestra como estrellas de mayor ó menor magnitud á nuestra vista, sino que este calor, cuyos efectos ignoramos lo que sean fuera de nuestro planeta, en éste es

también electricidad, magnetismo, agregación ó separación química y fuerza mecánica que se distribuyen variadamente en los ciclos de los organismos y de la vida, irradiando cada día tan enorme cantidad de calor, que la fracción $\frac{1}{2.300.000.000}$ de la misma, absorbi-

da anualmente por la Tierra, sería suficiente para fundir una capa de hielo de 30 metros de espesor, que cubriese totalmente su superficie, ó para hacer hervir por hora 2.900 millones de miriámetros cúbicos de agua desde la temperatura del hielo, calor equivalente al engendrado por la combustión de una capa de hulla de tres metros de espesor, que rodease completamente al Sol; y si se tratara de la cantidad total de calor emitida por este astro en un año, ésta sería suficiente para fundir una capa de hulla de siete leguas de profundidad, que lo rodease por completo, ó sería capaz de reducir á líquido en un segundo una columna de

hielo de 4.000 kilómetros cuadrados de base y 310.000 de altura, y, en fin, para evitar la irradiación de calor solar, sería preciso lanzar contra su superficie un surtidor de agua helada de 18 leguas de diámetro y cuya velocidad fuese de 70.000 leguas por segundo.

Hemos llegado á bosquejar el grandioso conjunto que ofrece nuestro sistema planetario sujeto á la acción predominante del Sol, sin entretenernos en detallar las maravillas que resultan de esta atracción mutua de la materia trasformable en maneras aun no agotadas por la imaginación más viva que haya brillado durante la existencia de la humanidad, no siendo tarea ésta susceptible de ser abarcada en los estrechos límites de un solo capítulo, porque el detalle más insignificante, al parecer, se prestaría á describir infinidades de armonías dignas de exposición muy meditada y extensa; pero sin entrar en estas particularidades, oportuno es ahora continuar la re-

lación somera de aquello más culminante que ha de permitir enlazar con otras armonías superiores las indicadas, como reducidas á los límites del sistema solar. Y esto nos ofrecerá un justo motivo para elevar nuestra admiración á alturas, por las que sólo la persistencia del espíritu humano en su obra de sorprender á la naturaleza en el misterio de sus leyes, nos ha podido conducir durante la época presente.

El Universo de Ptolomeo había sido eclipsado por el Universo que los Kepler, Galileo, Copérnico y Newton habían determinado con leyes admirables, según las cuales la unidad resplandecía en medio de la más rica y exuberante variedad. Laplace estableció un sistema del Universo, que ha sido considerado como obra maestra de la inteligencia humana, y que aun hoy es el monumento más asombroso de la ciencia. Pero todo esto no ha sido más que la grandiosa base sobre que se ha edificado un

nuevo sistema en cuyo contenido se hallan los anteriores á la manera que una gota de agua se pierde en la inmensidad del Océano.

En la época de Laplace, todos los movimientos de circulación y de rotación conocidos en el sistema solar eran directos, y esta circunstancia le permitió explicar la constitución giratoria del mismo por una causa primitiva que dirigió los movimientos planetarios; pero, á contar desde la época de Laplace, la Astronomía hizo grandes progresos auxiliada por medios de observación cada vez más perfectos. Los 240 asteroides que se han descubierto en el siglo actual entre las órbitas de Marte y Júpiter, todos de movimiento directo y que parecían confirmar la teoría de Laplace acerca del sentido giratorio del sistema solar; el nuevo satélite del planeta Saturno, también en sentido directo, de occidente á oriente; los dos de Marte, descubiertos poco ha, también obedecían á la ley común; pero los cuatro sa-

télites de Urano, que á priori consideró Laplace como directos, apenas fueron descubiertos, resultaron retrógrados cuando sus movimientos pudieron observarse, y más tarde, después de aparecer hacia los confines del sistema solar en la órbita previamente calculada por Le Verrier, el planeta Neptuno, cuya influencia perturbadora en el movimiento de Urano fué la causa de tan feliz descubrimiento; á fines del año 1846 apareció un satélite de este nuevo mundo girando en sentido retrógrado, excepción como las anteriores á la hipótesis de Laplace, que obligó á buscar leyes más amplias que las hasta entonces admitidas, fin que realizó la ciencia cuando los progresos de la Termodinámica condujeron á fundar en la incandescencia de los astros el origen de los mundos que, con el mundo solar, forman el sistema del Universo.

Grandioso es ciertamente el espectáculo que ofrece la contemplación del sistema solar con

su inmenso núcleo incandescente alrededor del cual giran: los cuatro planetas de pequeñas dimensiones, Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, próximos relativamente al Sol; luego los grandes planetas Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, en gigantescas órbitas, y unos y otros acompañados de sistemas de lunas ó satélites, en número variable, alrededor de su centro; además número indefinido de cometas, imposible de fijar, que recorren sus excéntricas trayectorias, así como millones de moles inferiores que se escapan á nuestra observación, pero cuya existencia se halla comprobada. Motivo es cuanto acabamos de citar para que admiremos la unidad de plan en la más abundante variedad de elementos, todos concertados para un mismo fin, según leyes permanentes y sencillas que nos elevan gradualmente en la serie de prodigios observables, hasta el punto de que cuanto contemplamos bajo la capa azulada de la atmósfera, con ser

tan digno de asombro y motivo de meditación en sus más mínimos detalles, parece reducido é insignificante comparado con aquel sistema de cuerpos que, en elipses más ó menos amplias, surcan los espacios en perpetua armonía. Pero estas masas enormes, estas velocidades que nuestra imaginación no puede representarse, esta variedad que ofrecen las direcciones y las formas de las órbitas en la distribución de los sistemas parciales y en infinidad de fenómenos análogos á nuestros cambios de días y de estaciones, y que se pierden á nuestra investigación, aunque sean, en realidad, hechos subsistentes dentro de una unidad de plan, ¡cuán pequeñas y reducidas aparecen ante la totalidad que forma el mundo de las estrellas, tanto más numeroso cuanto más aumentan nuestros medios de observación, y que se extiende más allá de todo lo imaginable por nuestra fantasía!

Así como nosotros conocemos la configura-

ción de nuestros mares y continentes, la distribución de las islas que forman archipiélagos, y las montañas que se prolongan en cordilleras y determinan los cauces de nuestros ríos, y todo sometido á influencias muy varias lo vemos traducido en leyes de movimiento, de organización y de vida, así el astrónomo conoce la configuración de los cielos, distingue la disposición y el modo de agruparse á la vista los sistemas, sin fin, de los astros, y se eleva á una nueva categoría de seres y de leyes que, en conformidad con las observadas en nuestro planeta, se revelan sin embargo, con el sello de lo colosal, con una grandeza que se acerca á la desproporcionalidad dentro de una armonía permanente.

No es posible en la actualidad formarse idea de la disposición de cada cuerpo celeste más allá del sistema solar, pero sí estudiar el conjunto que el mundo estelar ofrece á nuestra vista é inducir las leyes á que se halla some-

tido. La contemplación del cielo en una noche serena invita al espíritu á transportarse á la región del infinito, cuando más allá de todo lo observado concibe lo observable, siempre alejándose de cuanto á nuestra razón es posible concebir. Más allá de nuestro sistema solar, que por sí ya se nos ofrece como destello de un poder infinito, distinguimos las estrellas de las siete primeras magnitudes como puntos perceptibles á simple vista que ascienden á algunos millares; pero esos puntos luminosos, nuevos centros planetarios que también surcan el Océano sin fin, donde vibra la luz en ondas de éter trasmitidas con la velocidad de 75.000 leguas por segundo, no son los sólo que existen, pues hay ciertamente en los espacios insondables numerosas categorías de entidades susceptibles de clasificación, de análoga manera que lo son los seres de los reinos en que la ciencia humana ha dividido la Naturaleza.

Las constelaciones, en primer término, señalan los grupos principales que nos facilitan el conocer la configuración de los cielos, presentando formas características. La Osa mayor, con sus siete estrellas tan perceptibles sobre nuestro horizonte; la Cassiopea, que dibuja una M, con sus seis estrellas principales; el Cuadrado de Pegaso, diseñado por tres estrellas de esta constelación y una de Andrómeda; la Osa menor, de forma igual á la mayor y cuya estrella terminal designa el polo con la estrella polar; la Cruz de estrellas que se divisa en Cepheo; el hermoso grupo de las Pléyades, conjunto de ochenta estrellas, visibles con el microscopio, que aparecen como una reunión de siete centros brillantes, destacándose sobre un fondo de oro; la Corona boreal, y, en fin, para no prolongar esta reseña, los doce signos del Zodiaco son algunos de los tipos más importantes que constituyen los

dibujos maravillosos trazados en el espacio por un arte infinito.

Y si dejamos á un lado esta amplia zona que señala el curso de nuestro planeta y determina los meses y las estaciones como régimen de la vida aquí abajo en surcos de gigantescos brillantes, omitiendo el detallar la distribución aparente de las estrellas en los dos hemisferios, de los que el boreal es el más rico, hallamos una inmensa cinta que, á la manera de anillo luminoso, surca los espacios, ya ensanchándose hacia el Cisne, ya bifurcándose en el Aguila y Antinoo, ya reuniéndose en el Triángulo austral, variando de intensidad luminosa y dibujando una zona irregular, inmensa formación celeste que se llama *vía láctea*, cuya representación geométrica es difícil obtener y que aparece cortada según un ángulo muy agudo por la zona que determina el mayor número de las estrellas brillantes. Y si pretendemos saber qué lugar corresponde á

nuestro mundo en el concierto del *gran todo*, la ciencia nos contesta que aparece no más que como un punto entre los millones de puntos, cuyo conjunto fijan con caracteres de luz las ramas extendidas de la *vía láctea*.

Pero hay más que profundizar respecto á orden tan superior de la Naturaleza. La ciencia ha seguido su proceso ascensional, elevándose unida á los objetos de sus investigaciones. La inteligencia humana, afianzándose en los campos de sus propias conquistas, ha aumentado sus fuerzas, sus recursos, los medios de vencer dificultades, y no contenta con explorar los abismos de los mares y los misterios de la organización y de la vida, ha buscado la ley de solidaridad entre la materia que la encadena aquí abajo de un modo accidental y pasajero con la materia de otros mundos, y esta ley de la gravitación universal, desde luego extendida hasta los confines del sistema solar, señalados en su marcha giratoria por el

planeta Neptuno, en la actualidad ha trascendido hasta cuanto como observable y posible se concibe. Y problemas sobre problemas se acumulan á la manera de nuevos vértices de una triangulación que en los campos del espíritu une ideas á ideas, como el geodesta ó el astrónomo, aquí en la tierra ó allá donde se mueven las esferas, uno puntos á puntos para establecer el enlace que existe entre todos los elementos de la materia.

El descubrimiento de que el Sol cambia de posición en el espacio, arrastrando consigo su séquito de planetas, ha alterado la idea del sistema del mundo. La medición de las órbitas de las estrellas dobles ha permitido en los tiempos actuales arrebatarse á los espacios algunos de sus antiguos misterios. Las distancias interestelares ya se dibujan de algún modo en nuestra fantasía, la naturaleza de los mundos se manifiesta en las rayas del espectro solar como dialecto de los cielos que perpe-

túan su historia en caracteres más fijos que las inscripciones de los antiguos pueblos. Y como éstos surgieron de humilde origen, se desenvolvieron, lucharon y se confundieron en la vasta multitud de otros pueblos, y como los individuos, no sólo de los pueblos y razas humanas sino también los que forman los dominios de los tres reinos de la Naturaleza, constituyen agrupaciones varias según las que la ciencia los distribuye, así los astros forman por sí individuos susceptibles de clasificación en un mundo de categoría superior, puesto que cada uno constituye un mundo.

Hay soles dobles, triples y múltiples que presentan los más vivos y variados colores: unos giran al rededor del sol principal y aparecen como piedras preciosas brillando en el océano de luz que las envuelve ó como centelleos de oro que aquí ó allí expresan por el movimiento la vida de los espacios. En la constelación Andrómeda se ve un gran sol

anaranjado al rededor del que gira otro verde esmeralda; en Hércules hay dos soles que presentan los colores rojo y verde; en la Cabelle-
ra de Berenice, el rojo pálido y el verde; en la Cassiopea, el sol rojo y el sol verde; en Orion, el amarillo y el azul, es decir, los colores complementarios, aunque en muchos casos no lo son, y en muchos sistemas predomina la luz blanca.

Ese oscilar perpétuo que algunas estrellas ofrecen á nuestra vista entre magnitudes diversas y de una manera periódica, ese decrecimiento en el espacio de tres meses de la *Omicron* de la Ballena que después permanece casi invisible para luégo crecer otros tres meses en el ciclo de su existencia en que se la ve cambiar del amarillo al rojo; el *alpha* de Hércules que varía de la tercera á la cuarta magnitud durante un período no definido; la *delta* de Cepheo que en poco más de cinco días altera de la tercera á la quinta magnitud; la *beta*

de la Lira que tiene un período doble; Algol ó la *beta* de Perseo que de la segunda magnitud pasa á la cuarta en período perfectamente conocido, y otras muchas que pudieran citarse y que en los libros de los astrónomos revelan episodios de la historia del cielo; esos cambios de colores que en la sucesión de los tiempos se realizan y alteran el aspecto del espacio como los de las estaciones transforman la superficie de la Tierra, vasto conjunto de hechos que preparan la formación de una nueva ciencia; estrellas como la que apareció entre el *alpha* y la *beta* del Centauro en el año 173 que cambia cinco veces de colores; la célebre estrella de Tycho, tan brillante como Venus, en 1604, que pasó en 5 meses á la tercera magnitud, mostrando diferentes colores sucesivos; éstos y cientos de ejemplos, que llenan los anales de la ciencia, son manifestación de una vida, que, á distancias inconcebibles, continúan lo mismo en el espacio que en el tiempo los ciclos perpétuos de la naturaleza.

Pero no termina aquí la serie de conquistas de la ciencia en el trascurso de este siglo, ésta no se conforma con la vana apariencia de un movimiento continuo y de un cambiar perpétuos, busca hechos más positivos, aspira á cerciorarse de lo real que bajo tal apariencia subsiste, y pretende encadenar sus inducciones de allá arriba con la misma evidencia que encadenamos la energía solar y la estudiamos en nuestras máquinas ó en los fenómenos de la vida terrestre. Las órbitas de las estrellas dobles y múltiples medidas sujetan al dominio del mundo conocido mundos antes completamente ignorados. Cuando Herschel pudo anunciar al mundo científico que algunas estrellas tenían satélites luminosos que giraban al rededor de ellas en tiempos relativamente cortos, como la *tsida* de Hércules en 36 años, la *eta* de la Corona boreal en 44, la *xi* de la Osa mayor en 63, y la existencia hasta de sistemas triples, puede asegurarse que comenzó una

nueva era para la Cosmogonía. Estrellas dobles del mismo color desde el blanco hasta el amarillo y el verde; estrellas dobles del mismo color, pero de intensidades diferentes, desde el blanco al amarillo y al azul; estrellas dobles de colores diferentes, amarillo y azul pálido ó brillante, verdes y azules que invitan á la fantasía á contemplar los cambios de tonos y aspectos de la gama cromática bajo influencias tan distintas y diversas. La estrella doble del Centauro, el más próximo á nuestro sol de cuantos se conocen, cuya órbita de 723 millones de leguas es comparable en longitud á la del planeta Urano, y el maravilloso sistema cuadrúplo de la Lira, formado por dos sistemas dobles y la estrella séxtupla de Orion, son ejemplares que revelan una variedad de combinaciones inagotables que ciertamente se prolongarán en lo indefinido, según leyes de cálculo superiores á cuanto la experiencia del presente y del pasado nos pueda manifestar.

Y si de la multiplicidad de aspectos de estos sistemas de mundos pasamos á contemplar los espacios y los tiempos que miden por sus evoluciones y distancias, ¡nuestros años y nuestros siglos, nuestras distancias que permitieron llegar hasta la órbita del planeta Neptuno en los límites extremos donde se extiende la influencia solar, resultan insuficientes, y nuevas unidades de medida exigen los abismos estelares. Nuestros siglos pasan á ser la unidad de tiempo para fijar la duración de las épocas de evolución de los mundos sidéreos, y el diámetro de la órbita terrestre ó la velocidad de la luz en un segundo pasan á ser las unidades de espacio en el fondo de la extensión infinita!

Las estrellas se mueven á distancias inmensas, tanto que sus velocidades apenas se dibujan en arcos perceptibles á nosotros. Vega, la más brillante estrella de la Lira, tanto que, según las experiencias fotométricas, á su dis-

tancia sería nuestro sol 47 veces menos luminoso, apareciendo relativamente como una estrella de quinta magnitud, se acerca á nosotros con la velocidad de 255.600 kilómetros por hora, correspondiendo su paralaje de 0'18 á 1.400.000 veces el semi-diámetro de la órbita terrestre; el *alpha* del Centauro, la más próxima de todas las estrellas, la de mayor paralaje, por consiguiente, que corresponde á 220.000 veces la distancia de la tierra al sol ó á 32 trillones de kilómetros, es la situada á menor distancia en estos nuevos espacios, y describiendo su órbita en un período de 84 años, se traslada con asombrosa rapidez hacia la estrella Sirio, después de aproximarse á la estrella *gamma* del Navío para seguir más tarde en esta dislocación perpétua de los cielos hacia la Cruz del Sud durante esas épocas de la Naturaleza, cuyas unidades se cuentan por millares de años; Sirio, la brillante entre todas las estrellas, el astro espléndido en

todas las épocas cantado por los poetas, regulador del calendario egipcio, en todos los idiomas designado por la palabra que representa el brillo, y que, según los cálculos, con un diámetro próximamente 20 veces mayor que el de nuestro sol, ó con un volumen acaso 7.000 veces mayor, á una distancia de un millón de radios de la órbita terrestre, á 39 trillones de leguas de nosotros, se halla en el foco de una elipse no inferior á la del planeta Neptuno, que recorre su compañera de novena magnitud; y este sistema de soles, revelado como el planeta de Le Vernier por el cálculo, y comprobado por la observación se halla bogando en el Océano sin límites de los espacios con la velocidad de 297 millones de leguas por año, en esta transformación incesante de la Naturaleza, en esta renovación perenne de la vida de los espacios.

Pero ¡para qué seguir describiendo uno á uno los gigantes de los cielos! ¡para qué seguir de

maravilla en maravilla, eclipsando con la grandeza de unos la grandeza de los otros, anulando el brillo de un sol ante el de otro más espléndido! Tarea fuera ésta que no tuviera fin, porque millones y millones no acabarían la enumeración de los individuos de este nuevo reino de la Naturaleza, que es el reino donde se elaboran las energías físicas, y que, bajo las formas llamadas luz, calor, electricidad y magnetismo, armónicamente y con sujeción á leyes matemáticas cumplen sus funciones en el seno de todo lo creado. ¡Para qué detenernos en describir estos viajes en que se nos acerca la luz con la velocidad de 75.000 leguas por segundo! la del *alpha* del Centauro, onda etérea que tarda en llegar á nosotros un intervalo superior á tres años; la de Sirio, que tarda diez y seis; Vega ó el *alpha* de la Lira, veintiuno, número que se eleva á cincuenta, si se trata de la estrella polar, y que la fantasía con su infinito vuelo apenas puede expresar

con las más exageradas hipérboles, cuando pretendé remontarnos más allá de estos primeros soles que deben su grandeza y magnificencia relativas á su mayor proximidad, y que como polvos de oro se desvanecen en los focos de nuestros telescopios hasta perderse en los imperceptibles contornos de las nebulosas.

Nuevos objetos presentan á nuestra vista y á nuestra inteligencia deslumbradas las riquezas inagotables de los cielos. El astrónomo como el marino, pero en océanos más límpidos y dilatados, sondea, no la profundidad que es infinita en todas sus regiones, sino la densidad aparente de la materia aglomerada ó esparcida, cuyos átomos son los soles representados por puntos luminosos sin tamaño perceptible.

El número, la distribución, la calidad, la constitución íntima, el estado actual ó las fases de la existencia de las estrellas son los problemas que entre otros varios preocupan á

la Astronomía moderna, para los cuales ha acumulado medios cada vez más eficaces.

Conocidas desde tiempos remotos las estrellas de primera magnitud que son en número de veinte, las de las magnitudes sucesivas hasta la sexta ó séptima, también perceptibles á simple vista y en número cada vez más considerable, han ocupado los primeros lugares de los catálogos; pero á medida que el poder de los telescopios aumenta, los grados de las estrellas se han elevado hasta el de 16.^a magnitud, y el número, determinado en un principio, se ha elevado hasta el punto de superar á la cifra de 20 millones las observables con el telescopio de Herschel, sin aproximarse estos resultados á agotar ni con mucho la riqueza nunca agotable del Universo.

Más allá de la zona de las estrellas brillantes, accesible á nuestra vista, se extiende la *vía láctea* como cinta de luz que se desarrolla en otra zona resoluble en estrellas, cuando el

telescopio hace surgir de aquel fondo continuo puntos brillantes como revelación de nuevos astros en número no menor de 18 millones, según las admirables observaciones de Herschel, es decir, las que forman la zona lenticular á que pertenece nuestro sol. Otro sistema, el último á que alcanza el poder de los actuales instrumentos de observación y que en el campo del telescopio aparece como imperceptible niebla, es el de las nebulosas, que partiendo desde el polo de la vía láctea, acaba por desvanecerse en ésta. Su inmovilidad sólo nos dice que, con ser tan asombrosas las unidades de tiempo y de espacio hoy admitidas, resultan deficientes ante el nuevo enigma de la ciencia, que acaso estén destinadas á descubrir. Las distancias de estas masas, sus paralajes, la inmensidad de los espacios que ocupan, tanto que una nebulosa de la extensión del diámetro de la órbita terrestre sería imperceptible, son problemas planteados á las gene-

raciones del porvenir. Herschel llegó á fijar 3.812 nebulosas en su estadística, y estos primeros resultados expresan las nuevas magnificencias que un día han de sumarse á las actualmente conocidas. Hoy en la historia de los cielos que cuentan sus conflictos por los choques de las moles que en ellos incesantemente se mueven, como cuenta la historia de la humanidad la destrucción de unos pueblos y el nacimiento de otros sobre las ruinas de los primeros, se nos manifiesta que acaso los cometas sean masas desprendidas de alguna nebulosa, cuando al encontrarse dos mundos se proyectaran sus fragmentos en miles de direcciones como nuevas entidades en los ciclos de la vida del cosmos.

Los actores de esta epopeya celeste, cuya sublimidad excede á las que cantaron los poetas, cuando al idealizar las luchas de los hombres mezclaron en ellas á los dioses, son más numerosas que las huestes de Priamo, hen-

diendo con las quillas de sus naves las hondas del mar heleno en demanda de la ciudad de Troya, y más numerosas también que las huestes del ejército cristiano, cantado por el Tasso, y que los ejércitos que han luchado en las grandes batallas descritas por nuestros historiadores.

Hoy los cuerpos celestes admiten clasificaciones, como las admitieron los seres que pueblan el globo terráqueo, cuando Cuvier y Linneo echaron los cimientos de las ciencias naturales.

Primeramente hallamos las estrellas aisladas, blancas como Sirio, amarillas como nuestro Sol, rojas como el *alpha* de Orion, que expresan tres grados en la vida de los cielos, tres fases á contar desde la plenitud de la existencia hasta la extinción revelada en los tintes de la luz. Las estrellas dobles forman sistemas de superior complicación. Dos soles que iluminan un mundo, como nuestro sol

ilumina el mundo de sus planetas. Después hallamos los grupos estelares, acumulaciones de estrellas que se confunden en una especie de nebulosidad, á veces difícilmente resolubles y con apariencias de nubes débilmente luminosas. Luégo el astrónomo distingue los grupos irregulares, como las Pléyades y la Cabellera de Berenice, soles que aparecen con una dependencia mútua, con movimientos relativos de una lentitud extremada. Grupos de estrellas en espiral, hermosas agrupaciones de millares de mundos dispuestos en forma geométrica. Grupos regulares de estrellas que se encuentran en las constelaciones de Hércules y de los Perros de caza, millares de soles agrupados con regularidad aparente, acumulándose especialmente en el centro. Estrellas que aparecen y se extinguen. Además de estas variedades de estrellas, se cuentan en la clasificación de los mundos los numerosos grupos de las nebulosas amorfas, como la nebulosa

de Orion, cuya parte brillante ocupa en el cielo una extensión comparable á la del disco solar, y que si se supusiera colocada á la distancia de las estrellas más próximas, tendría una superficie 640.000 millones de veces mayor; las nebulosas regulares, como la de Andrómeda, de forma prolongada, tipo de las fusiformes; la nebulosa de la Lira, ejemplar notable de las nebulosas anulares; nebulosas planetarias ó planetiformes, con apariencia de discos, de brillo ténue, con matiz verde azulado.

Esta es, á grandes rasgos, la enumeración de la inagotable variedad de los cielos, que aumenta á medida que aumenta el poder de nuestros telescopios; pero esto sólo nos daría una vaga idea de la constitución del Universo si la ciencia no poseyera un instrumento precioso, nuevo escalpelo que permite rasgar las entrañas del espacio para revelarnos sus íntimos secretos. El espectroscopio, simple prisma de cristal que descompone la luz de cada

cuerpo celeste, por la naturaleza del espectro producido nos denuncia con claridad perfecta la composición química, los elementos que lo integran. La variedad de las rayas y la combinación de los colores, son los caracteres que, inscritos en catálogos hoy tan numerosos y detallados como antes lo eran los catálogos de estrellas, determinan la individualidad de cada entidad celeste; y no sólo nos manifiestan el modo de ser actual, sino la fase de su existencia porque atraviesa, como los rasgos de la fisonomía de un individuo de nuestra especie expresan la edad que le corresponde en la vida humana. En el primer tipo de estrellas ó estrellas blancas, el espectro es casi continuo y se distinguen sólo cuatro rayas negras características del hidrógeno, perceptibles todas en las estrellas más brillantes. En el segundo tipo ó de las estrellas amarillas, cuyo espectro es idéntico al del Sol, las rayas de hidrógeno más ténues revelan ya una temperatura

inferior á las primeras, y además el sodio, el hierro y el magnesio se hallan indicados de una manera muy perceptible, aunque ofreciendo variedades como siempre las ofrece la Naturaleza dentro de la circunscripción de cada tipo. Las estrellas anaranjadas y rojas correspondientes al tercer tipo, revelan por su espectro una atenuación respecto al hidrógeno y una manifestación más viva del sodio, el hierro y el magnesio. En fin, en el 4.^o y 5.^o grupo de Secchi los espectros indican un predominio de los metales y una desaparición del hidrógeno.

Esta clasificación del P. Secchi, como otras que actualmente proponen los astrónomos más distinguidos, consagrados á llegar á nuevas soluciones en el problema inagotable que va distribuyendo en grupos, clases y especies los cuerpos antes sólo conocidos por su centelleo luminoso, son en la historia de la ciencia lo que fueron las primeras clasificaciones de

los naturalistas en dominios más reducidos. Sobre la clasificación del P. Secchi se han basado otras nuevas clasificaciones que ahondan más y más en el fondo de la cuestión. A contar desde los trabajos de los Herschel, la Astronomía se ha renovado adquiriendo nuevos impulsos. Los catálogos que fijan los ensayos espectroscópicos se suceden sin interrupción, y producen anotaciones que más tarde han de servir para elevar sobre ellas el organismo de la ciencia estelar. Kirchoff y Bunsen aplicando el estudio de las rayas del espectro al análisis químico, pueden figurar al lado de Newton en la ciencia de los espacios, éste fijando la unidad de las leyes de la fuerza, aquéllos contribuyendo con la eficacia de su descubrimiento á establecer la similitud de la materia en todas las regiones del espacio. Las investigaciones fotométricas de Zöllner, las de Angstrom sobre el espectro solar, la clasificación de las estrellas del astrónomo Vogel, basada

en los tipos de clasificación de Secchi unida á una clasificación según las diversas fases de enfriamiento indicadas por los espectros, puesta en discusión ciertamente por el astrónomo Lockyer que actualmente prosigue su obra de clasificación basada en las temperaturas de los cuerpos celestes, cuyas curvas se han construído, enriqueciendo los catálogos con datos preciosos. La actividad incesante de todos los observatorios, desde donde se dirigen hacia los espacios los gigantes de la observación provistos de poderosas lentes, que nos acercan las distancias de los cielos, busca en el inagotable fondo de éstos la explicación de sus innumerables armonías, les interroga para que en las trayectorias de los astros aparezca fotografiada la sucesión de los tiempos en que tuvieron lugar las épocas geológicas, y no contenta con estos resultados, persigue entre la multitud de los siglos las épocas de la incandescencia de las estrellas brillantes y

de los soles amarillos, que como el nuestro deben irradiar su luz y su calor hacia los astros oscuros, análogos á los planetas de nuestro sistema, continúa su excursión en las fases próximas á la extinción señaladas por el color rojizo, y sigue preguntando por lo que significa la condensación de las nebulosas en la vida del Universo, por el fin de armonía que realizan los choques probables de los astros en sus combinadas excursiones al transformar de mil diversas maneras las energías cósmicas. Y acaso una onda de luz perdida hace miles de años entre el punto donde vibró por vez primera y el punto en que vibrará dentro de miles de años, bajo forma de luz ú otra forma de energía, dé la solución á los problemas, que hoy en los límites de la ciencia agitan los espíritus.

CAPÍTULO III.

Las distancias atómicas y moleculares.

Si admirable es el mundo de los astros cuyo examen se ha hecho en el anterior capítulo, no menos lo es el de las moléculas y de los átomos. En realidad no difieren el uno del otro, puesto que el primero se reduce al segundo, y así nos hallamos entre dos infinitos, como dice el Padre Secchi, el infinitamente grande de los espacios celestes y el infinitamente pequeño de los sistemas atómicos. Nuestra inteligencia, al considerar los cuerpos

celestes, hace abstracción del átomo que es su componente necesario, y sólo examina los fenómenos en conjunto. Pero un análisis más profundo la conduce á internarse en la nueva región de lo pequeño donde seguramente halla la clave de cuanto se verifica en los dominios de lo gigantesco, mero accidente que más depende de nuestra manera de investigar que de la naturaleza de las cosas.

El átomo es el último elemento que nuestra inteligencia concibe en el mundo material. Los átomos agrupados forman las moléculas, y éstas los cuerpos. La materia no es continua, y los átomos se hallan separados entre sí por distancias inmensamente pequeñas como los astros por distancias inmensamente grandes, y esto con relación á nuestro modo de concebir, pues de una manera absoluta no podríamos definir lo pequeño ni lo grande.

Muchos experimentos se han hecho, todos de asombrosos resultados para mostrar la di-

visibilidad de la materia. Entre ellos puede citarse el realizado por el profesor Brücke, citado por Tyndall. Después de disolverse 1 gramo de resina pura en 87 de alcohol puro, se vierte la disolución límpida en un frasco de agua que se agita vivamente, y se obtiene un precipitado de suma tenuidad cuya presencia se manifiesta por su acción sobre la luz. En este líquido así preparado, Huxley no pudo distinguir con auxilio de su más poderoso microscopio ninguna partícula distinta, que habrían llegado á distinguirse, si hubieran tenido 1 cuarto de milésima de milímetro de diámetro. Pero como en el espacio de un milímetro hay, por término medio, 2 mil ondas luminosas, lo que da para la longitud de una onda un dosmilésima de milímetro, resulta que la longitud de una partícula resinosa del frasco de Brücke, siendo inferior á una cuatromilésima de milímetro, era dos veces menor que la longitud de una onda luminosa.

Otro ejemplo curioso es el que ofrece la divisibilidad de los panes de oro, puesto que estas hojas ó láminas se hacen tan delgadas, que pueden reunirse hasta 10.000, de manera que superpuestas tengan el grueso de un milímetro, y á estas hojas que son la quinta parte de una onda luminosa, Faraday las hizo flotar en una disolución de cianuro de potasio reduciéndolas por este procedimiento á la longitud de $\frac{1}{50}$ cincuentavo de la longitud de una onda luminosa, de modo que el grueso de cada lámina llega á ser *una cienmilésima de milímetro*. El padre Secchi, en su célebre obra *L'unité des forces physiques* indica que en ciertas diatomeas circulares cuyo diámetro iguala la longitud de la onda roja, se pueden contar en esta línea más de cien células de las que cada una ofrece compresiones y ensanchamientos sucesivos, hallándose formado por partes que constituyen un organismo *compuesto de moléculas de diversas substancias* y otros vegetales é

infusiones microscópicas tienen una longitud inferior á la de una onda luminosa, y, sin embargo, contienen todos los órganos necesarios á su nutrición y demás funciones vitales.

Más allá de la disgregación física nos encontramos con la disociación química que nos conduce á nuevos prodigios de divisibilidad; como ejemplo curioso se cita el siguiente experimento de Tyndall que, llenando un frasco de ácido sulfuroso gaseoso, hizo pasar un rayo de luz que tiene la propiedad de disociar insensiblemente el compuesto químico. Al principio no se advierte nada de particular; el recipiente que contiene el gas parece absolutamente vacío. Bien pronto en la dirección del rayo luminoso se observa un hermoso color azul celeste debido á las partículas de azufre puestas en libertad. Durante algunos momentos el azul se hace más intenso; luego blanquea, y del azul blanquecino pasa al blanco, de un modo más ó menos completo. Los

rayos luminosos han destruído la afinidad química, y los átomos de azufre han quedado en libertad; estos átomos al principio son invisibles por efecto de su grandísima tenuidad; poco á poco se agrupan en partículas, que aumentan constantemente hasta no poder escapar á la vista auxiliada por un poderoso microscopio. Y si, como dice Tyndall, las partículas en el actual experimento han ido aumentando por espacio de un cuarto de hora y al cabo de este tiempo son inferiores á las que han resistido al microscopio de Huxley, ¿cuál debiera ser su magnitud desde un principio?

El astrónomo Faye manifiesta que un miligramo de anilina disuelto en un peso cien millones de veces mayor de alcohol comunica al líquido una coloración sensible. El espesor de la cola de un cometa varía de 20.000 á 50.000 leguas, con una longitud de 20.000000 á 40.000000 de leguas.

Suponed, dice Tyndall, toda esta materia

reunida y suficientemente comprimida. John Herschell diría probablemente que la masa entera podría ser arrastrada con facilidad por un caballo. En realidad, creo que habría sido preciso una pequeña fracción de caballo para arrebatar este polvo cósmico (1).

Los químicos y los físicos que no admiten la divisibilidad de la materia al infinito, han ensayado el determinar las dimensiones de los átomos, así como la distancia que separa el centro de una molécula del de otra; y Sir William Thomson dice que no debe ser menor que 5 diez millonésimas de milímetro. En cuanto á los sólidos y á los líquidos, la distancia entre dos moléculas debe variar desde 14 hasta 46 diez millonésimas de milímetro. En los líquidos transparentes ó traslucidos, la distancia media entre los centros de

(1) Tyndall. Role de l'imagination dans les sciences.

dos moléculas contiguas se halla comprendida entre una diezmillonésima y dos cienmillonésimas de milímetro. Para formarnos una idea de la manera de hallarse constituidos los cuerpos, figurémonos una gota de agua, y supongámosla aumentada hasta igualar el volumen de la tierra, suponiendo además que los átomos hayan aumentado en la misma proporción. La esfera acuosa así obtenida, se hallará formada por pequeñas esferas (átomos) mayores que perdigones y menores que naranjas (1).

Gaudin en su *Architecture des mondes des átomos*, partiendo del hecho de haberse dividido por procedimientos mecánicos un milímetro en mil partes iguales, y haciendo aplicación á la medida de la longitud de un infusorio, llega á obtener como distancia máxima de los átomos químicos una diezmillonésima

(1) William Tompson Dimensiones des átomos. Revue scientifique 16 mars 1872.

de milímetro, induciendo que el número de estos átomos contenidos en un fragmento de materia del grosor de una cabeza de alfiler estará representado por el cubo de 20 millones ó sea la cifra 8 seguida de veintin ceros ó sea 8.000 trillones, de modo que, desprendiendo con ayuda de la imaginación un millar por segundo, sería preciso continuar la operación por espacio de 253.678 años. En fin, suponiendo el infusorio aumentado hasta el diámetro de 10 metros, y haciendo la hipótesis racional de que las moléculas orgánicas tienen un décimo de milímetro, lo que se aproxima á la realidad, esto lleva la distancia de los átomos á ser *una cienmillonésima de milímetro*, concluyendo M. Gaudín que la centésima parte de una millonésima de milímetro parece ser la distancia más probable para los átomos químicos, distancia que adopta en su obra, esperando el descubrimiento de un método más preciso para llegar al mismo fin.

Los átomos en las moléculas, ni estas en los cuerpos se hallan fijos. En una molécula los átomos oscilan entre sí, lo mismo que las moléculas en los cuerpos, sean sólidos, líquidos ó gases.

La expansibilidad indefinida de los gases ha conducido á la idea de que sus moléculas se hallan dotadas de un movimiento de proyección. Basados en el cálculo de las probabilidades, los físicos han llegado á considerar como constante la velocidad media de las moléculas, para cada gas, cualquiera que sea la dirección del camino recorrido, y se ha llegado á determinar su valor, variable desde 461 metros por segundo, para las moléculas de oxígeno, á la temperatura de la fusión del hielo y á la presión barométrica de 760 milímetros, hasta 1848 metros para las moléculas de hidrógeno, de manera que la velocidad se halla en la razón de la ligereza del gas, velocidad que aumenta bajo la influencia del calor; el

número de choques de las moléculas, según los cálculos de M. Jouffret (1), es desde 9030 para el vapor de aquél, hasta 9480 millones por segundo para el hidrógeno, número que ha llegado á reducirse á menos de 47.000 por segundo en el nuevo estado *radiante* á que ha llegado el físico Crookes por una rarefacción que se obtiene á la presión de 0^{mm} , 0076, es decir, cien mil veces menor que la de la atmósfera.

Ese movimiento de proyección que resulta de los choques experimentados por las moléculas, y que lo conservan cuando se hallan en un espacio libre, produciendo la dilatación indefinida de los gases, cuando se verifica en espacios cerrados ó recipientes se convierte en las presiones ejercidas sobre las paredes de éstos.

(1) Introduction á la théorie de l'énergie.

Pero según la teoría dinámica del calor, la temperatura depende de la cantidad de acción ó fuerza viva contenida en cada molécula (que es como se sabe la mitad del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad) de modo que, hallándose animada cada molécula de cierta velocidad, la intensidad de un choque se convierte en la medida de su temperatura, siendo enorme la cantidad de acción ó de fuerza viva contenida en un gas.

Toda disminución de temperatura lleva consigo una disminución correspondiente del movimiento interior ó sea de las moléculas y de los átomos que constituyen un cuerpo, produciendo una aproximación molecular al mismo tiempo que decrece la amplitud de la vibración molecular, de suerte que cada molécula no podrá salir de la esfera de actividad de las que están próximas, quedando reducida á oscilar según una curva cerrada, y cesando el movimiento de expansión, propio del

estado gaseoso, el cuerpo se reduciría al estado líquido. Al mismo tiempo, al hallarse privadas las moléculas de su movimiento proyectivo, la gravedad ejercerá entre las mismas una acción preponderante, que obligará á su sistema á disponerse según una superficie de nivel.

Una nueva pérdida de calor producirá nuevas aproximaciones moleculares, de modo que unas moléculas penetren en la esfera de actividad de las otras, y entonces, ejerciéndose las atracciones según direcciones que dependen de las formas de las moléculas, tenderán á disponerse y orientarse de una manera regular para formar un cuerpo sólido, perdiendo su movilidad.

Varias son las hipótesis expuestas con el fin de explicar estas acciones mútuas de los átomos de que depende la constitución y hasta las propiedades de los cuerpos, y la que parece más satisfactoria es la que, distinguiendo

dos especies de átomos, ponderables ó materiales é imponderables ó etéreos, admite que el átomo ponderable, situado en el seno del éter, condense por atracción cierto número de átomos etéreos que forman en torno suyo una atmósfera y entre dos átomos así rodeados se ejerce una fuerza compuesta: 1.º de su atracción mútua; 2.º de las atracciones que cada uno ejerce sobre la atmósfera del otro; 3.º de la repulsión mútua de sus dos atmósferas, es decir, que atrayéndose los átomos materiales, los átomos etéreos tienen por el contrario entre sí una acción repulsiva, y los efectos de estas fuerzas dependen de sus intensidades combinadas con las distancias mútuas. Así, atrayéndose los átomos ponderables, llegará un momento en que se aproximen sus atmósferas lo suficiente para que predomine la repulsión, y esto producirá las oscilaciones continuas que se verifican en el mundo material, impidiendo á la vez que los átomos pondera-

bles lleguen á superponerse, y que los grupos más estables terminen por sustituir á los otros. Estos grupos son lo que se llaman moléculas.

La manera de estar constituídas las moléculas explica muchos fenómenos concernientes ya á la química ó á la física, y especialmente permite establecer notables relaciones existentes para los cuerpos compuestos entre sus figuras cristalinas y sus fórmulas químicas. Si al considerar la acción mútua que dos átomos ponderables rodeados de su atmósfera de éter ejercen entre sí, vemos cómo puede reducirse á una sola fuerza, y no podemos llegar al mismo resultado cuando se trata de dos moléculas, cuya forma poliédrica se opone á semejante conclusión; y según las leyes de la dinámica, la acción en este caso de una molécula sobre otra puede reducirse á una fuerza aplicada á su centro de gravedad y á lo que se llama en mecánica un par de fuerzas que

produce un movimiento rotatorio de la segunda molécula alrededor de la primera, ó más bien una oscilación cuyo resultado final será orientarla con respecto á aquélla. De este modo se explica el cómo la orientación regular de las partes tiende á dar á un cuerpo una de las formas cristalinas que pueden engendrarse por la yuxtaposición y el paralelismo de un gran número de pequeñas figuras geométricas, que son las moléculas.

Si ahora suponemos el cuerpo considerado sometido á la acción del calor, es decir, á la energía vibratoria calorífica, éste puede considerarse distribuído en tres clases de movimientos diferentes. 1.º Un movimiento por el cual los centros de gravedad de las moléculas se aproximan y se alejan alternativamente. 2.º Los movimientos vibratorios por los que los átomos de una misma molécula tienden á deformarla sin cesar, dentro de ciertos límites, movimientos que al aumentar, por efecto

del calor absorbido, llegan finalmente á destruir el grupo molecular, á disociar los átomos. 3.º El movimiento oscilatorio alrededor de la orientación que unas moléculas imponen á las otras. Si este movimiento aumenta por efecto del calor, llega á ser rotatorio y el cuerpo se reduce al estado líquido. Los átomos, aun bastante próximos para estar en la esfera de acción mutua, al separarse de los que están más próximos, en su movimiento vibratorio caen bajo la influencia atractiva de otros grupos, lo que produce la movilidad característica de los líquidos. Y por último, una nueva dosis de calor, al exagerar las vibraciones moleculares, producirá el estado gaseoso, y así vemos reproducirse en sentido inverso el fenómeno que anteriormente consideramos al someter un gas á un enfriamiento sucesivo.

Al profundizar en los misterios que envuelven el mundo de los átomos, nuestra inteligencia tiene que acudir muchas veces á ciertas

distinciones que, si realmente no existen en la Naturaleza, convienen á sus modos de proceder. Y en el desenvolvimiento sucesivo de la ciencia humana, no sólo se ha llegado á estas distinciones, sino que ha sido preciso crear ciertas entidades unas veces concebidas como reales, otras que sólo poseen un carácter simbólico ó representativo en cada género de fenómenos y aparecen siempre como signo permanente por el cual agrupamos los hechos de una misma especie y los distinguimos de los de otra. Desde la intervención de lo maravilloso ó lo sobrenatural, medio de explicación adecuado al estado embrionario de la ciencia, ó mejor dicho, propio de los albores que la han precedido y en que la humanidad se ha guiado por su fantasía para explicarse los fenómenos naturales, la ciencia ha pasado por una serie de etapas en que unas entidades han sustituido á otras para acercar sucesivamente el sistema de nuestros conceptos, al sistema de

la realidad. Y sin acudir al largo vocabulario que en las épocas de la alquimia, la astrología y la piedra filosofal pudieran dar plena confirmación á nuestro aserto, bastará para este fin citar el flogístico, la esencia ó principio específico que se suponía como residuo en los metales ó en sus sales, la fuerza electromotriz de Volta, la acción catalítica ó de presencia de la esponja de platino, las fuerzas vitales, causas ocultas de los fenómenos fisiológicos, potencias organizadoras que comienzan y acaban con la vida, así como los agentes lumínico, calórico, la cohesión y la afinidad, etc., fuerzas misteriosas, elementos que han constituido el vocabulario de la ciencia.

Hoy el calórico, lumínico, eléctrico y magnético que anteriormente fueran considerados como fluidos materiales, como agentes corpóreos sumamente sutiles, perdieron su personalidad y se han reducido á simples modos de movimiento molecular, de manera que la an-

tigua Física, se ha transformado en Mecánica. Las afinidades predisponentes, afinidades electivas, etc., que daban un carácter mitológico á la química, especie de fuerzas que preexistiendo en las moléculas de los cuerpos los disponían á imitar en cierto modo las luchas de afectos propios de la humanidad, han llegado á fundirse en una unidad: el movimiento. El calórico no es ya un fluido ó especie de gas sutilísimo que á manera de emanación va de un cuerpo á otro produciendo calor donde se acumula, ó como el agua embebida de una esponja, y frío donde se desprende, ni la electricidad es un fluido compuesto de otros dos cuya separación ó unión en circunstancias dadas produce los fenómenos según los que se nos manifiesta, ni los colores son como antes se creía una cualidad. Las impresiones del calor como las de la luz, como las varias manifestaciones de la electricidad y el magnetismo corresponden ó se refieren necesariamen-

te á la influencia de los movimientos vibratorios del éter en los movimientos de los átomos ponderables. Movimiento del éter es la luz, como la electricidad, vibración molecular es el calor, así como el sonido es movimiento del aire.

Al llegar la ciencia á esta unidad bajo la que resultan absorbidas aquellas condensaciones parciales de la idea por las que los fenómenos de cada clase pudieron irse reuniendo en agrupaciones, formando regiones independientes, ha transformado la cualidad en cantidad. Aquellas entidades especiales que producían la variedad de los fenómenos físicos y químicos hoy son diferencias de cantidad, la dirección, la velocidad de los movimientos explican la distinción de los hechos ó las propiedades que conocemos en el mundo material. La antigua categoría de la calidad ha quedado suplantada por la ley aritmética de la cantidad y del número. Este es el repre-

sentante necesario de cuantos actos materiales se realizan en la vida del Universo. El calor, la densidad, el peso, la fuerza elástica, la refrangibilidad, etc., corresponden á una fórmula matemática, ya conocida ó ya grabada en la realidad oculta á la ciencia del presente, pero no por eso menos real que la obtenida entre las conquistas alcanzadas en esta lucha pertinaz que la inteligencia sostiene para ir arrebatando á la Naturaleza sus secretos.

Esta cuantificación de la cantidad se ha realizado en la química de igual modo que en la física. Así como la física ha llegado á la unidad de la fuerza, si no plenamente establecida, obtenida como una inducción basada en las analogías íntimas de los agentes luz, calor y electricidad que hoy son formas distintas de la energía cósmica, en química se ha pretendido llegar á la unidad de la materia.

El químico francés Proust pretendió que los cuerpos simples no son más que hidróge-

no en diversos grados de condensación, fundándose en la ley de las proporciones definidas que había descubierto, y observando que los equivalentes de aquéllos eran múltiples exactos del equivalente del hidrógeno. Pero Berzelius, determinando á su vez el peso de los equivalentes de los cuerpos, estableció que los equivalentes de los cuerpos simples no eran exactamente múltiplos los unos de los otros, y por consiguiente, no podrán ser todos múltiplos del hidrógeno, siendo para este químico los cuerpos simples de la química mineral seres distintos é independientes de los demás. Dumas, buscando la solución del problema, halló que la ley de Proust se verificaba constantemente, salvo dos excepciones que ofrecían el cloro y el cobre, y opinaba que estas anomalías desaparecerían si se consideraban todos los cuerpos como múltiplos, no del hidrógeno, sino de cierto cuerpo hasta hoy desconocido, cuya equivalencia de-

biera ser 0,5, es decir, la mitad del equivalente del hidrógeno, de manera que mientras no llegue á aislarse esta sustancia, la teoría de la unidad de la materia no pasa de la región de las especulaciones de la metafísica, de los ideales del espíritu. Pero los físicos van más allá que los químicos; observan que dicha materia cuyo equivalente es 0,5 sería ponderable aun para los instrumentos de que el hombre dispone; pero el eter que llena el universo es imponderable; y así la sustancia hipotética de los químicos sería á lo más una de las primeras condensaciones ó una de las primeras agrupaciones moleculares del eter; y la materia única, que según los físicos, constituiría todos los cuerpos sería el eter. «El estudio de la luz y de la electricidad, dice el padre Secchi, nos conduce á afirmar como infinitamente probable, que el eter no es más que la misma materia, en un alto grado de tenuidad, ó de enrarecimiento extremo que

se llama estado atómico. Pero esto no es más que una hipótesis, y nada impide que haya dos ó varias especies de átomos primitivos, los unos que constituyen el eter, los otros que forman los cuerpos pesados.» La realidad del eter no ha sido establecida, es una hipótesis matemática, y mientras esto no se pruebe, el constituir el eter en la sustancia única sería acumular una hipótesis sobre otra.

El célebre astrónomo inglés Lockyer ha hecho entrar el problema de la unidad de la materia en los dominios de la experimentación. Se hace facilmente comprensible su procedimiento, suponiendo varios hornos, por ejemplo cuatro A, B, C, D, cuyas temperaturas son distintas y decrecientes desde A hasta D. Si un cuerpo simple se halla sometido á la temperatura del primero, muy elevada, no siendo posible formar combinación alguna, su espectro correspondiente constará de una sola raya. Pero á una temperatura inferior, la del

horno B por ejemplo, el cuerpo citado que llamaremos alpha podrá entrar en combinación y formar cierto grupo complejo, que llamaremos beta, cuyo espectro consistirá en dos rayas. A la temperatura inferior del horno C el cuerpo alpha podrá entrar en una combinación más compleja que llamaremos delta. Si ahora este grupo delta lo colocamos en el horno A, el compuesto delta experimentará un principio de disociación, llegando á desaparecer una de las rayas, y á medida que vaya el calor efectuando su acción disolvente irán desapareciendo las demás, excepto las correspondientes al cuerpo alpha, que subsistirá. Y este experimento nos lleva á concluir que los grupos beta, gama, delta, son compuestos del cuerpo alpha, formados á medida que la temperatura disminuye. Pero, si suponemos que conociendo exclusivamente el grupo delta, no podemos disponer de una temperatura superior á la del horno D, considerare-

mos á esta temperatura como simple al cuerpo delta, por más que no lo fuera á otra superior, concluyendo en definitiva que: el espectro del cuerpo simple alpha esté caracterizado por cuatro rayas. Aplicando los resultados de estas experiencias teóricas á los tres tipos de estrellas blancas, como Sirio cuya temperatura es extremadamente elevada, amarillas como el sol de temperatura inferior, y rojas, como la estrella alpha de la constelación Hércules aun más baja, tenemos el caso de tres sistemas de hornos á temperaturas distintas. Además en nuestros laboratorios podemos obtener la temperatura máxima de 2.000° á 2.400° por la combustión del hidrógeno puro en el oxígeno puro, inferior en mucho á la de las manchas solares, á su vez inferior respecto á la región que se llama de las protuberancias, donde la temperatura solar está en su máximo. Esto sentado, la comparación de los focos caloríficos terrestre y celestes,

permite descubrir si la sustancia considerada como simple en la tierra lo es realmente ó no. El estudio comparativo que Lockyer ha hecho de tres rayas determinadas del hierro, permite llegar á la inducción en que se basa su teoría relativa á la unidad de la materia, pues: 1.º en el laboratorio terrestre á una débil temperatura sólo aparecen dos rayas A y B, siendo invisible la tercera C, y al aumentar la potencia del foco calorífico, C va desapareciendo y las A y B adelgazando hasta concluir por desaparecer. Lo mismo sucede haciendo la experiencia en las varias regiones solares de las manchas y las protuberancias, de lo que resulta lógicamente, que lo llamado hierro en nuestro planeta no es un metal homogéneo, sino un grupo complejo cuya base es un metal C, que necesita una elevada temperatura para quedar aislado. Cuando la temperatura disminuye, puede entrar en una combinación parcial, produciendo el grupo repre-

sentado por B, y en fin, descendiendo aun la temperatura, el metal puede entrar en una nueva combinación, representada por la raya A. Análogo resultado ha obtenido Lockyer estudiando las rayas del calcio. Pero además el examen de los espectros producidos por cada uno de los grupos de estrellas blancas, amarillas ó rojas le ha llevado á observar que el hidrógeno libre axiste sólo ó casi sólo en las estrellas blancas, que éste disminuye en nuestro sol y las estrellas de este tipo, apareciendo varios metales como el magnesio, el sodio, el calcio, el plomo, etc., que, en fin, el hidrógeno libre desaparece en las estrellas rojas, y á esta desaparición acompaña la aparición de los metaloides y sus combinaciones con los metales. Tal conjunto de fenómenos favorecen la conclusión que formula Lockyer diciendo que los metaloides no son cuerpos simples, que los metales al parecer se deben á una condensación ó agrupamiento de las

moléculas de hidrógeno, y éste parece ser la substancia que por el descenso de la temperatura y por el decrecimiento de la tensión de vapor, daría origen, primero á las metales y luego á los metaloides.

Esta admirable inducción de Lockyer ha sido desvirtuada por otra no menos admirable de Berthelot fundada en las leyes de los calores específicos. Este químico, parte de las consideraciones de la unidad de medida para los cuerpos gaseosos, ó sea el volumen igual á 22,^{litros}32 que ocupan 2 gramos de hidrógeno, ó volumen molecular; llama, por abreviación, molécula de un gas á toda molécula que ocupa el volumen molecular, es decir, 22,32 litros, peso molecular de un gas lo que pesa el volumen molecular de éste, y en fin, calor molecular, la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado el volumen molecular de un gas. Determinando enseguida el equivalente, el peso molecular y el calor molecu-

lar en cada uno de los tres grupos formados por los gases simples, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, los compuestos formados sin condensación, ácido clorhídrico, bioxido de nitrógeno y oxido de carbono, y en fin, los compuestos formados con condensación, obtiene en definitiva que: el calor específico de los gases compuestos pertenecientes á los dos grupos de gases compuestos es siempre superior al de los gases simples, y al suponer que uno de los gases simples fuese compuesto con ó sin condensación, llega por el cálculo á resultados absurdos respecto al volumen que debiera tener la molécula del gas simple que supuso hallarse compuesto sin condensación, ya respecto al calor específico molecular, en el caso de suponerse compuesto con condensación. Resultando de estos hechos ser imposible, en el actual estado de la ciencia, admitir que los cuerpos hoy admitidos como simples puedan concebirse como compuestos.

Esto no obsta, añade Berthelot, para que los cuerpos hoy no descompuestos por los medios actuales puestos á la disposición del químico, puedan descomponerse bajo la acción de las fuerzas que actúan en los espacios celestes, y aun nada impide suponer que un descubrimiento semejante á la de la corriente voltáica, permita á los químicos franquear las vallas que hasta ahora les han detenido.

Este modo de proceder en la química para resolver uno de sus más trascendentales problemas es un ejemplo que expresa los elevados puntos de vista desde donde formula su criterio eminentemente filosófico é ideal en sumo grado, que hoy le da un lugar digno entre las demás ramas del saber humano como cuerpo de doctrina científica, y no como agrupaciones más ó menos perfectas de hechos, según se presentaba hasta hace pocos años. Y este trabajo de generalización ha sido resultado de importantes descubrimientos

que se han sumado formando un núcleo importante de principios fundamentales. En el siglo XVII Nicolás Le Febre continúa la lucha entre la química naciente y la química escolástica que había comenzado Paracelso, que además de los cuatro elementos de Aristóteles, admitía una quinta especie de materia resultante de la reunión de los otros cuatro bajo su forma la más perfecta, ó sus cualidades despojadas de sus formas, que llamó *elemento predestinado*, y era en suma la *quinta esencia* de Raimundo Lulio. Le Febre imaginó un nuevo elemento análogo, que llamaba *espíritu universal*, y al que hizo desempeñar el papel que hoy sabemos desempeña el oxígeno en la Naturaleza. Pensaba que este espíritu emanaba de los astros bajo forma de luz, que se corporizaba en el aire, y producía en seguida casi todos los efectos observados en los minerales, las plantas y los animales. Así, el aire, según Le Febre, no se limita en

el acto de la respiración á refrescar el pulmón, sino que ejerce una verdadera acción sobre la sangre por medio del espíritu universal, que sutiliza y volatiliza todas las enfermedades de la sangre. Más tarde Stahl crea la teoría del flogístico, el cual se unía según ésta á las tierras, ó sea los óxidos de ahora, para dar origen á los metales, de manera que según su doctrina, los metales y los combustibles, en general, se hallaban más ó menos cargados de flogístico.

En las doctrinas de Paracelso, Le Febre y Stahl se halla el comienzo de la evolución que realiza Lavoisier destruyendo, es cierto, la teoría del flogístico todavía imponente en su época, para edificar sobre sus ruinas la moderna química. Primeramente descubrió que al calcinar estaño en un vaso cerrado, se fija una parte del aire en este metal, después obtuvo el oxígeno calcinando el mercurio, ó reduciendo á este metal la cal del mismo. Las

funciones del oxígeno como acidificador en las producciones de los ácidos del azufre y del fósforo también fueron descubiertas. Pero entre los muchos descubrimientos del padre de la química, el verdaderamente decisivo y que señala un nuevo punto de partida á la ciencia, es el análisis y la síntesis del agua y del aire. Los fenómenos de la respiración y del calor animal quedan inmediatamente explicados. Queda establecido de una manera terminante que el flogístico no existe, que el aire del fuego, el aire deflogisticado es un cuerpo simple, es el que transforma los metales en sales, el azufre, el fósforo y el carbón en óxidos, el que constituye la parte activa del aire, que alimenta la llama ó el hogar y que en la respiración cambia la sangre venosa en arterial, y por último, forma la parte esencial de la solidez terrestre, agua, plantas y animales. Destruída la antigua doctrina de los cuatro elementos, Lavoisier esta-

blece la noción de los cuerpos simples, sobre la base de la invariabilidad del peso de la materia ponderable y la existencia de una ecuación de peso entre los diversos cuerpos en las metamorfosis químicas, ecuación en la que se basan á partir de esta época todos los análisis y todas las interpretaciones. Nada se creó, dijo Lavoisier, ni en las operaciones del arte, ni en las de la naturaleza, y puede sentarse como principio, que en toda operación existe igual materia antes que después de la misma; que la cantidad y la calidad de los principios es la misma, existiendo solamente cambios y modificaciones, y sobre este principio se halla fundado todo el arte de hacer experiencias en química.

Cimentada en los descubrimientos de Lavoisier surgió la nueva nomenclatura química, obra de los químicos franceses. Deducía sus principales reglas para la distinción de los compuestos binarios, especialmente, de los

oxigenados ácidos y bases, que oponiéndose de una manera dualística, originaban las sales. El químico alemán Wenzel llegó, como resultados de sus análisis admirables por su precisión, á explicar la doble descomposición de las sales, fundada en que las cantidades de bases que saturan un mismo peso de un ácido cualquiera, saturan también pesos iguales de otro ácido. Partiendo del principio de que los elementos de las dos sales empleadas deben encontrarse en las dos sales producidas, estableció Wenzel las primeras leyes de la estática química. Dalton estableció la ley de las proporciones múltiples, es decir, que si dos cuerpos se combinan en varias proporciones, tomándose uno de ellos por unidad, las cantidades del otro se hallan según relaciones mutuas simples en los diversos compuestos, de manera que si los pesos A y B de dos cuerpos forman un compuesto A -| - B, los otros compuestos de los mismos cuerpos

se hallarán expresados por $A \cdot 2 B$, $A \cdot 3 B$, ó $2 A \cdot B$, $3 A \cdot B$; y así resultó establecida la teoría de los equivalentes, que determina en cantidad el modo de combinarse los cuerpos, el cómo se hallan constituidos. Así todas las combinaciones de la química resultan expresadas por números proporcionales ó equivalentes. La química llegó á determinar cuánta potasa es necesaria para reemplazar la sosa, la barita, la estronciana, etc., y en general, para saturar las mismas cantidades de ácido que cualquiera otra base ú óxido metálico; pudo expresar qué cantidades de ácido, sulfúrico nítrico, clórico, etc., deben reemplazarse para saturar una misma cantidad de base. En estas regiones á que había llegado elevarse la química, sus progresos fueron acumulándose de modo que se convirtiera en un perfecto organismo de leyes y de principios. Los trabajos de Lavoisier habían desgarrado el velo que cubría los misterios de

la naturaleza, y la inteligencia podía ya penetrar en aquel antro cavernoso de la antigua alquimia y hacer brotar la luz de la ciencia que hoy penetra hasta lo más íntimo de la materia, descubriendo á través de las varias formas de las moléculas los átomos como los últimos elementos y realizando leyes numéricas de que dependen las leyes también numéricas de cuanto resulta por efecto de sus agrupaciones ó modos de disponerse.

A las leyes de Dalton sucedió la ley de los volúmenes de Gay-Lussac, esto es: 1.º que los volúmenes de los gases ó de los vapores que entran en combinación se hallan siempre en relaciones muy simples. 2.º que los volúmenes de los compuestos así formados, considerados en el estado gaseoso, se hallan también en relaciones simples con los volúmenes de los gases ó de los vapores que los constituyen. Así, por ejemplo, un volumen de hidrógeno con otro de cloro forman dos volú-

menes de ácido clorhídrico, dos volúmenes de hidrógeno con un volumen de oxígeno forman dos volúmenes de vapor de agua. A la teoría de los equivalentes sigue el desenvolvimiento de una nueva doctrina que hoy constituye la química, la teoría atómica sacada á luz en que se hallaba envuelta por el eminente químico sueco Berzelius. Los pesos atómicos de Dalton no eran mas que equivalentes ó números proporcionales. Berzelius, inspirándose en la idea de los volúmenes, admitió que el agua, resultado de la combinación de dos volúmenes de hidrógeno con un volumen de oxígeno, contiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, y en consecuencia tomó por peso atómico del hidrógeno el peso de un volumen de este gas. Los átomos, según Berzelius, representan los volúmenes gaseosos, y los pesos atómicos son los pesos relativos de volúmenes iguales de los diferentes gases, y siendo los pesos relativos de estos volúmenes

iguales las densidades, claro es que si estas densidades se hallan referidas á la misma unidad que los pesos atómicos, los números obtenidos se confundirán con los pesos atómicos. Aspirando á relacionar la teoría de los volúmenes con la teoría de las proporciones químicas, llegó á conciliarlas, concluyendo que los grados de las combinaciones de ambas son absolutamente los mismos, designándose por átomo lo que se llama en la otra volumen.

Un nuevo avance dieron Dulong y Petit estableciendo la relación que existe entre los calores específicos y los pesos atómicos de los cuerpos simples, y que entra de lleno en la moderna teoría de la termo-química para explicar las colisiones que en el mundo de los átomos incesantemente se realizan, manteniendo la actividad de la naturaleza que á nosotros se manifiesta por fenómenos sensibles de lo que se verifica en las regiones de lo in-

visible. Cada átomo tiene su peso. El número de átomos necesario para formar un kilogramo de hierro está en razón inversa del peso atómico. Los experimentos de Dulong y Petit de Regnault y Neumann conducen á la casi evidencia de que todos los átomos pesados ó ligeros cuando están á la misma temperatura, poseen la misma cantidad de energía, que llamamos calor. Este realiza un trabajo interior obligando á las moléculas y á los átomos á adquirir nuevas posiciones y á modificar su movimiento vibratorio, verificándose que los átomos más ligeros compensan con su velocidad lo que falta á su masa, resultando, por ejemplo, que para elevar la temperatura de una cantidad en peso de hidrógeno cierto número de grados, sería preciso 16 veces la cantidad de calor necesaria para elevar á la misma igual cantidad en peso de oxígeno, cuyo peso atómico es 16 veces mayor que el del hidrógeno.

Berzelius había fundado la determinación de los pesos atómicos en el principio erróneo de que los gases, en volúmenes iguales, contienen el mismo número de átomos, lo que produjo un desacuerdo con la experiencia para los vapores del mercurio, el azufre, el fósforo, el arsénico; pero más tarde, Avogadro y Ampère llegaron á la misma conclusión que corrige el enunciado de Berzelius; esto es, que todos los gases simples ó compuestos, contienen en un mismo volumen el mismo número de moléculas, á condiciones iguales de temperatura y de presión, y los pesos relativos de éstas son por consiguiente proporcionales á las densidades. Una diferencia que se notaba en el peso del oxígeno tomado como tipo de comparación, ya en las fórmulas de la química inorgánica, ya en las de la orgánica, condujo al químico Gerhardt á considerar las sales, no como compuestos binarios formados por un ácido y una base, con-

forme á la doctrina del *dualismo* que intentaron Lavoisier y Berzelius, sino como una agrupación molecular que contiene cierto número de equivalentes (átomos) de hidrógeno ó de metal que pueden reemplazarse directamente ó mediante una doble descomposición por un mismo número de equivalentes (átomos) de otro metal ó de hidrógeno. El fenómeno observado por Dumas de que el ácido acético tratado por una corriente de cloro bajo la influencia de la luz solar pierde las tres cuartas partes de su hidrógeno para sustituirle por una cantidad equivalente de cloro, sirvió de fundamento á la nueva *teoría de las sustituciones* y á la consideración del *tipo químico*, donde el eminente químico agrupó todos los compuestos que gozan de las mismas propiedades fundamentales y contienen el mismo número de equivalentes (átomos) unidos de la misma manera, y aun hizo entrar en el mismo *tipo mecánico* ciertos cuerpos que pueden

diferir por sus propiedades fundamentales, hallándose, no obstante, constituídos de una manera análoga con respecto al número de equivalentes ó de átomos que contienen, y para no prolongar esta relación de los progresos realizados por la química, nos bastará citar la última evolución de esta ciencia caracterizada por los progresos realizados en estos últimos años de la nueva teoría de la *atomicidad*, bajo la influencia de Wurtz, Kelulé, Pasteur, Van't Hoff y otras celebridades contemporáneas, que determina el número de átomos de hidrógeno á que pueden unirse los diferentes cuerpos simples.

Merced á los últimos progresos, la química se ha transformado en mecánica atómica. Los esfuerzos de los nuevos exploradores se han visto coronados por el éxito más lisonjero, al inquirir el modo de agruparse los átomos, y encerrar sus leyes en un simbolismo formal ideado por Kelulé. La bencina según éste es

un cuerpo *arrollado*, y sus átomos de carbono pueden concebirse como ocupando los vértices de un exágono regular. Landenbourg ha dado á esta sustancia un símbolo de tres dimensiones, de manera que los seis átomos de carbono ocupen los seis ángulos triedros de un prisma recto cuya base es un triángulo equilátero, siendo su altura igual á un lado de éste. Van't Hoff, en fin, resuelve las isomerías de los ácidos láctico y paraláctico, las del maléico, etc., en una armonía por su general hipótesis de que cada átomo de carbono ocupa el centro de un tetraédro regular, con sus cuatro atomicidades dirigidas hacia los cuatro ángulos sólidos ocupados por radicales monoatómicos. Este químico, partiendo de la atomicidad química y Pasteur de la cristalografía, vienen á coincidir en sus resultados para afirmar la relación estrechísima existente entre los átomos y la luz. Y acaso llegue un día en que al conocerse la posición de los átomos

en todo género de moléculas, pueda realizar el químico construcciones moleculares como el ingeniero ó el arquitecto dirigen las de los edificios ó las máquinas.

Hemos seguido el proceso de la química desde sus orígenes, desde cuando aparece envuelta en el caos que representa la alquimia, como boceto de un grandioso cuadro, cuyos detalles y colorido ha de fijar más tarde la ciencia, de manera que la delicadeza de aquéllos se complemente con la viveza y gradación de los matices de éste.

La inteligencia parte de los hechos, puntos fijos é inalterables sobre los que funda sus concepciones. A medida que éstos se multiplican, el campo donde aquélla aplica sus investigaciones es más amplio y ofrece nuevos recursos á sus ideales. Los hechos son permanentes. Siempre determinados efectos corresponden á las mismas causas, y las experiencias hechas en una época cualquiera, sal-

vo error de los medios empleados por el observador, han concordado al repetirse en otra. Siempre la misma cantidad de oxígeno ha saturado una cantidad determinada de hidrógeno para formar el agua, y el prisma de cristal ha descompuesto de igual modo la luz, y los fenómenos celestes han respondido con su periodicidad á las investigaciones del astrónomo, y la atracción de la materia en razón directa de las masas é inversa del cuadrado de las distancias se ha ejercido en todas las regiones del espacio y en la sucesión de los tiempos, y los seres organizados han realizado sus incesantes transformaciones en ciclos determinados, que constituyen las fases de la vida universal, porque en la Naturaleza existe la inmutabilidad de sus leyes.

Pueden variar las hipótesis de nuestra inteligencia, la extensión y trascendencia de las teorías que se forja para descubrir los misterios del Universo; pero éste responde siempre

de igual modo en idénticas circunstancias.

En la lucha de nuestro espíritu con lo que le rodea, al interpretar nuestra inteligencia los resultados de la experiencia, no sucede lo mismo. Sólo nos es dado el adquirir la verdad por una serie de conquistas lentas, graduales y trabajosas. La materia se resiste al espíritu. Seres extraños, parece que se repelen, por cuanto la esencia de cada cual es diferente; pero también nuestro espíritu, creado para la investigación, posee un poder asimilador mediante sus conceptos, en los que se refleja la naturaleza del mundo material representada por sus cualidades ó accidentes.

A las armonías que nuestro espíritu se forja, corresponden armonías reales en la Naturaleza, que tienen el privilegio de contener las armonías parciales formadas por aquél en las varias épocas del progreso científico.

La teoría de la polaridad química era una base de organización que regía la manera de

combinarse los cuerpos, como lo era en la teoría de la electricidad la hipótesis del fluido natural, susceptible de producir por su pretendida descomposición los dos fluidos positivo y negativo, como en Astronomía se supuso la fijeza de la tierra, luégo la de la línea de los ápsides y la fijeza del sol y de las estrellas, conceptos rectificadas más tarde por la ciencia; pero á medida que ésta descubre la complejidad de los fenómenos, unas armonías resultan embebidas en otras, por efecto de generalizaciones sucesivas que incluyen cada vez mayor variedad, en unidades más amplias; las excepciones aparentes concluyen, al fin, por quedar subordinadas á nuevas leyes. Así pues, tan solamente conocemos un mundo reflejado en nosotros, y si no hay identidad entre la imagen y su objeto, es cierto que el reflejo ha de llevar algo del orden admirable que debe existir en el modelo. Los fenómenos del mundo físico tienen una complejidad real

que nuestra inteligencia no puede abarcar totalmente al prescindir de algunos factores integrantes de aquéllos; su interpretación debe ser incompleta y la síntesis en ella formada ha de ser menos general que la síntesis correspondiente á la realidad en sí. Esta es la razón que explica el sucederse y progresar de la ciencia bajo la autoridad de los talentos que han brillado en cada una de sus regiones, los modos de ser que han impuesto, por efecto de los puntos de vista desde los que han llegado á descubrir la verdad relativa de los principios, que han podido formular desde las cimas, no las más altas de la ciencia, que siempre se pierde en alturas superiores, siempre mostrándonos horizontes más amplios, pero constantemente limitados, sino desde las mesetas donde suele reposar la inteligencia humana, cada vez que ha llegado á uno de sus grandes principios en cuya generalidad se hallan envueltos los anteriormente admitidos,

como un sistema orográfico contiene las cumbres parciales que lo constituyen, ó como el sistema del Universo contiene los sistemas de soles, y éstos son meros centros desde los que los ciclos de la fuerza, el movimiento y la vida se repiten en perpetua armonía, que irradia por la infinita variedad de otros sistemas inferiores, bajo la ley de unidad que rige cuanto existe en la Naturaleza.



como un sistema de energía constante como
un sistema que lo constituye, y como un
sistema del universo con sus relaciones de
energía y calor con otros centros, desde los
que los átomos de la materia, al manifestarse y
la vida se repiten en proporción exponencial, por
ejemplo por la hipótesis de la unidad de la
energía, bajo la ley de conservación de la energía.

IV.

Las energías del mundo físico.

Al hacer una excursión por el mundo de los átomos, al verlos sometidos á las mismas leyes y encontrar que, en suma, una diferencia en cantidad es lo característico de cada especie ó individuo perteneciente á este mundo de lo infinitamente pequeño, nos hemos visto llevados á la hipótesis de la unidad de la materia tan seductora para el espíritu, que ansioso siempre busca el hallar sobre la variedad algo en la cual ésta quede absorbida, realizando la

armonía completa en el gran todo de la Naturaleza.

Ya algo se ha indicado de las tentativas hechas por los sabios encaminadas á establecer esta unidad, y mucho pudiera agregarse al exponer otras hipótesis por desgracia rebatidas con argumentos no menos convincentes que aquélla por la cual se ha pretendido explicar la formación de los cuerpos celestes por la condensación de la materia cósmica de las nebulosas, al hacer depender en particular el origen del calor solar, y, por consiguiente, la vida esparcida en todo el sistema planetario, de la condensación lentamente realizada durante épocas inconcebibles por su inmensa duración, de la materia que la constituye.

Ahora nos encontramos frente á otro problema de análoga importancia, puesto que aspira á establecer la unidad de la fuerza. Y ciertamente esta nueva tentativa de la ciencia humana cuenta en la actualidad con grandes

probabilidades de verse coronada por el éxito. La fuerza que atrae los cuerpos celestes á distancias prodigiosas por su inmensidad es la misma que la que se ejerce desde un átomo hasta otro situado en el mundo de lo infinitamente pequeño que forma las moléculas, que la que orienta ó desvía los ejes de éstas al constituir los cuerpos cristalizados al pasar del estado sólido al líquido ó al gaseoso, idéntica á la fuerza que trasmitada por el éter, en ondas siempre movibles por toda la extensión del espacio, impresionan nuestra retina, produciendo las impresiones por las cuales distinguimos los colores, asimilable á la fuerza que en nosotros causa las sensaciones del calor y del frío, á la que desvía la aguja magnética, ó produce en las nubes el rayo, y en la Naturaleza corrientes de electricidad, tan necesarias para la vida del Universo, como las corrientes del Océano ó de la atmósfera para la vida de los organismos que se desenvuelven en nuestro planeta.

La materia, ó el átomo que es su elemento constitutivo, la fuerza que reside en el átomo y el vehículo trasmisor de esta acción mutua de los átomos, es decir, el éter, son los elementos que bastan á la ciencia para la explicación de cuanto se realiza en el mundo de la materia.

El átomo vibrando en el oleaje inmenso del éter, sustancia hipotética equivalente á una realidad, por cuanto en ella se fundan las explicaciones de cuantos fenómenos afectan á nuestros sentidos. Estos son los postulados de la física moderna, bajo cuya fecunda virtualidad se funda cuanto de real nos ofrece la vida de la materia; y de estos postulados brotan, como consecuencias inmediatas y necesarias: los colores por los que la naturaleza es bella, el calor por el que los seres viven; y los cuerpos se transforman en sus diversos estados, y la materia se mueve afectando las más distintas posiciones cual flujo constante de

átomos que circulan incesantemente en ese perpetuo mudar, en esa sustitución persistente por la que todo cambia, dentro de ciclos según los cuales, después de cambiar, se vuelve á reproducir algo de lo que pasó, como expresión de un orden según el que la variedad se halla sometida á leyes que no puede evadir más que dentro de su plan que prevalece sobre lo mudable y contingente; la fuerza atractiva ó gravitación universal, actuando según las alteraciones que originan las condiciones relativas entre las masas y las distancias, dibuja en el espacio las trayectorias de los astros, como en el mundo molecular las curvas infinitesimales de los átomos alrededor de ciertos ejes ó centros.

La ley de la transformación de las energías es la ley de la fuerza. Así como en el mundo de la materia rige la ley de la conservación, según la que la materia ni se crea ni se pierde, sino que se transforma, las energías se hallan

sujetas á la ley de su mutua transformación; la cantidad total de energía siempre es la misma, lo que cambia es la forma.

El rayo solar, que, por medio de las ondas del éter, trasmitió el movimiento vibratorio allá producido en las corrientes ígneas de la fotósfera y de la cosmoesfera, al llegar á nuestro planeta y transformarse, en las células de los vegetales, en otro movimiento que disgrega los átomos de carbono, y que se llama energía de separación química, es energía no perdida, sino transformada y á su vez susceptible de miles y miles de sucesivos cambios.

La energía solar, que separó el oxígeno del carbono en aquellas épocas de los bosques de helechos que precedieron á tantas evoluciones de la vida en la corteza terrestre, quedó en depósito bajo las capas de materia acumuladas después de tantos cataclismos como cuenta la historia de la tierra antes de llegar al estado actual, quedó latente en las cuencas carbonífe-

ras, en las capas de hulla que hoy extrae el minero; y este carbono, el mismo que antes depositó el calor solar separándolo del oxígeno, al arder en las calderas de nuestras máquinas, vuelve á la combinación que formara hace miles y miles de siglos, aumentando la rapidez en el movimiento atómico que, por su calor, comunica al agua de la caldera; y el vapor producido en esta disgregación de la materia es una fuerza impulsiva que transmite su eficacia al émbolo, cuyo movimiento es el origen de las más diversas industrias, de los fines útiles más variados que el hombre se proponga realizar.

La energía solar también evapora las aguas del Océano, convirtiendo un movimiento en otro movimiento, y el agua, elevada á las regiones superiores de la atmósfera, es nube que transporta aquella energía transformada, que devuelve luégo bajo la forma de lluvia fertilizante; y la lluvia, ya alimentando los ventis-

queros en las cumbres, donde se congelara al principio, luégo bajo la influencia de los rayos solares constituyendo el manantial, ó ya descendiendo para acrecentar el caudal de los ríos, lleva una energía que bajo la forma de salto de agua mueve las ruedas del molino, y trasmite la eficacia de una acción cuyo origen se pierde en épocas, en la inmensidad del tiempo. Y no terminaríamos ciertamente, si á enumerar fuéramos las inagotables armonías que la sucesión de los fenómenos en la vida del cosmos ofrece á nuestra contemplación.

Las ciencias físicas han realizado una evolución decisiva que tiende á establecer la unidad de la fuerza desde que el médico alemán Mayer, en 1842, considerando el calórico como un movimiento, expuso el concepto de la equivalencia del calor y las fuerzas mecánicas, y Joule, en 1844, determinó la relación según la que *el movimiento mecánico se transforma en calor*, es decir, el *equivalente mecánico*

del calor. La síntesis admirable que realizó el P. Secchi en su obra inmortal *La unidad de las fuerzas físicas*, ha sido el punto de partida de numerosas investigaciones entre las que deben principalmente citarse las de los físicos ingleses Grove, Thompson é Hirn que han conducido al brillante estado de la física moderna, mediante el cual la inteligencia humana puede hoy contemplar la Naturaleza desde el punto de vista de la *transformación de las energías*, que lleva á un grado superior de unidad el grandioso concepto de la gravitación universal bajo el que Newton presentó el vasto plan del Universo.

La *energía*, expresión que desde 1859 hizo prevalecer Rankine, como significando la capacidad de ejecutar un trabajo, es la denominación que hoy envuelve el concepto de fuerza.

El peso es el signo representativo de la acción de la pesantez ó atracción que la tierra ejerce sobre cualquier cuerpo que se conside-

re sometido á la misma, pesantez cuya intensidad varía en cada cuerpo celeste, siendo, por ejemplo, en el sol 28 veces mayor que en la tierra, y en la luna los 16 centésimos que en ésta. Pero la velocidad de la aceleración que la pesantez imprime á un cuerpo, la cual en la superficie de la tierra es de $9^m,8$ por segundo, varía según su alejamiento al centro en razón inversa del cuadrado de la distancia, y mientras que el peso de un cuerpo y la velocidad acelerada de su caída varían correlativamente según que el cuerpo se aleja mas ó menos del centro de la tierra, la masa, es decir, la relación entre el peso y la aceleración de la caída de un cuerpo permanece la misma, es una cantidad constante, refiriéndose todos los problemas concernientes á la fuerza á estas dos cantidades cuya medida podemos obtener; y, en fin, la fuerza de la misma se representa y determina por el producto Mg de la masa y la aceleración.

La fuerza no siempre produce movimiento, pues su acción puede también hallarse neutralizada por resistencias, hallándose entonces en el estado de presión ó de tensión; y en general, siendo una masa material en movimiento capaz de producir un efecto igual al esfuerzo desarrollado para comunicarle aquél, puede á su vez vencer una resistencia exterior ó efectuar un *trabajo*, es decir, *vencer una resistencia á lo largo de un camino determinado y durante un tiempo definido*, trabajo que se denomina también *efecto dinámico* de la fuerza, cuya medida es el semi-producto de la masa por el cuadrado de la velocidad, ó sea la *fuerza viva*, de manera que efecto dinámico, fuerza viva y masa animada son expresiones sinónimas.

Con estas indicaciones tenemos lo bastante para formarnos una idea general del vasto conjunto de fenómenos que constituyen la vida del Universo, puesto que los factores esen-

ciales de todo cuanto podemos percibir son la fuerza, la materia y el movimiento.

Ya hemos tratado, al hablar de la materia de esa tendencia hacia la unidad á que pretende reducirla la ciencia moderna y la probabilidad de llegarse á establecer un día que la múltiple é infinita variedad de sus aspectos sólo depende de una diferencia en cantidad, llegando así á quedar completamente sometida á la ley del número.

El problema de la unidad de la fuerza ha hecho en el siglo actual más rápidos progresos, y si no puede sentarse como un hecho absolutamente cierto, habiendo pasado de la categoría de mera hipótesis, puede mantenerse en virtud de la multitud de pruebas en su favor aducidas como un principio de una probabilidad que casi se confunde con la certeza.

No en vano los colosos de la ciencia han acumulado los brillantes resultados para afianzar sobre bases indestructibles el grandioso

edificio levantado por el insistente esfuerzo de la inteligencia humana. Nada en él de esencial se ha destruído; no ha sido la acción de la humanidad labor estéril que necesitara rehacerse por completo después de haberse anulado, sino una elaboración que ha perfeccionado y retocado los detalles accesorios, respetando el fondo; que ha ido destruyendo los andamiajes, pero manteniendo la construcción que el pensamiento humano trazó á través de los siglos, y que continúa en su trabajo de indefinida perfectibilidad.

Las hipótesis suceden á las hipótesis, la multiplicidad de los hechos queda absorbida en la unidad de las leyes, como éstas á su vez en otras más generales. Las antiguas deidades de la química y la física, afinidad, cohesión, flúidos calorífico, lumínico, eléctrico y magnético, se han ido fundiendo definitivamente en una realidad superior que las incluye á todas: el *movimiento*. Las cualidades que

hacían aparecer como distintos los seres del Universo, han quedado absorbidas en la categoría de la *cantidad* que todo lo domina, y la *matemática* se ha constituido en el código de las leyes de cuanto existe en el mundo material, perpetuadas bajo las formas de sus símbolos, como una condensación de la ley de armonía que rige la vida de las fuerzas y la materia.

Kepler redujo todos los movimientos de los planetas á tres grandes leyes: que los planetas describen elipses alrededor del sol como foco, que las áreas descritas por la recta que une el sol á cada planeta son proporcionales á los tiempos, y que los cuadrados de los tiempos que corresponden á las revoluciones son entre sí como los cubos de los grandes ejes. Pero Newton halla una ley superior que envuelve en su vasta extensión aquellas tres leyes que pareció en un principio que compartieran el dominio del Universo, á saber, la

ley de la gravitación: *que todas las moléculas se atraen proporcionalmente á las masas y en razón inversa del cuadrado de las distancias*, y más tarde subordinada á la grandiosa hipótesis de la existencia del éter y su movimiento vibratorio. La ciencia moderna constituye la síntesis del Universo bajo la ley suprema de la transformación de las energías y de la permanencia é invariabilidad de la energía total. Y desde este instante, así como los mundos planetarios que constituyen el sistema solar quedan subordinados, como los infinitos soles que pueblan los espacios, á la ley de la gravitación, la materia, á su vez, lo mismo la que constituye los soles que la que forma una molécula ó la que se pierde en el infinitamente pequeño del átomo queda sometida á una sola ley, á la del mutuo cambio de su *fuera viva*, transformación eterna que realiza armonías infinitas en este mudar permanente de la materia traducido en fórmulas matemáticas

mediante sus dos únicos factores: la *masa* y la *velocidad*.

El chocar del proyectil del arma de fuego contra el blanco, como el golpear del martillo en el yunque, ó el rozar del freno al detenerse un tren, ó el frote del eslabón con el cuarzo, se reducen, en último análisis, al único fenómeno de una masa en movimiento, á cierta cantidad de fuerza viva que se transforma en *trabajo mecánico* de idéntica manera, ya en los átomos que constituyen el proyectil, el martillo ó el eslabón. Nosotros percibimos el movimiento del astro ó el del proyectil ó el del cuerpo percutor ó el del peso que descien- de á la superficie de la tierra, pero no perci- bimos el camino infinitamente pequeño reco- rrido por ésta, en razón inversa de su masa suspendida en el espacio como la de aquél, ni tampoco la infinidad de movimientos atómi- cos en el movimiento de conjunto efec- tuado en los ejemplos anteriores. No vemos

agitarse en el océano infinito del éter esa «sangre impalpable del Universo», como dice el ilustre Echegaray, que «toca las riberas opuestas de mundos infinitamente distantes», no vemos flotar á estos colosos de los espacios en el seno de ese fluído impalpable que todo lo penetra y que trasmite sus conmociones en el perpétuo ritmo de sus velocidades asombrosas por todas las regiones que constituyen el espacio. No vemos esos gigantes disfrazados del mundo archi-microscópico, como los llama Tyndall, que encierran en su pequeñez la fuerza de los colosos que se nos presentan como tales por su magnitud aparente, y, en fin, no vemos cómo aquellos movimientos de conjunto de las grandes moles se traducen en infinidad de movimientos en cada uno de los átomos que las constituyen. Al chocar el proyectil con el blanco, ó al rozar las ruedas de una locomotora con el freno, el trabajo mecánico se ha convertido en

calor, y el calor no es más que el movimiento oscilatorio de los átomos en violenta agitación.

Los átomos, como ya dijimos, en las moléculas tienen sus movimientos de oscilación alrededor de ciertos ejes, y cuando por ese flujo constante de la vida de la Naturaleza, en ese cambio perpétuo de fuerza, vida ó energía reciben ésta de otros cuerpos inmediatos, cuando nuestros sentidos aprecian este cambio por lo que llamamos elevación de su temperatura, las moléculas se separan y pueden pasar sucesivamente por los estados sólidos, de fusión y volatilización que se distinguen, como ya se vió, por una mayor separación de los espacios intermoleculares y por una rapidez del movimiento ó del *choque* de los átomos, por un aumento correlativo de fuerza viva de éstos, fenómeno que nosotros percibimos bajo la forma de *calor*, y esta transmisión ó este cambio de energía se veri-

fica con una precisión matemática, con una equivalencia perfecta.

Si la tierra, que recorre su órbita con la velocidad de 30 kilómetros por segundo, se detuviera en su curso, el calor desprendido sería capaz no sólo de fundirla sino de volatilizarla, según los cálculos de Mayer y Helmholtz, y si cayera sobre el sol, el calor producido por tan gigantesco choque sería capaz de suplir por espacio de un siglo el gasto realizado por la irradiación solar. El movimiento de conjunto de la tierra se habría convertido exactamente en un movimiento equivalente de los átomos que la constituyen.

Y si de estas acciones á pequeñas distancias pasamos á la contemplación de los fenómenos verificados, á las distancias que separan entre sí los astros, veremos que siempre la misma ley se cumple con precisión é inalterabilidad rigurosa. Si los astros se comunican entre sí, también se comunican mediante

la fuerza representada por las demás variedades de la energía. El rayo de sol que hiera la superficie de nuestro planeta y eleva en columna gigantesca por la ancha zona de los mares ecuatoriales juntamente con las aguas que han de formar las nubes, el aire enrarecido que origina las corrientes de la atmósfera, ó que en los bosques fija el carbono que forma el tronco de los árboles y el combustible de las modernas industrias, ó que desarrolla los gérmenes de las plantas y comienza la serie de infinita variedad de la vida orgánica, es un movimiento vibratorio de la masa solar, que en el oleaje del éter, con la rapidez de 300.000 kilómetros por segundo se trasmite hasta nosotros. Y esto nos ofrece un ejemplo por el que la fuerza viva, que desde el sol se transmitió á la tierra en forma de luz, se cambia en energía de separación química, rompiendo el fuerte lazo con que la afinidad encadenaba el oxígeno al carbono en la clorofila

de los vegetales. Aquellas vibraciones moleculares que hace algunos minutos agitaron el éter de la superficie solar, transmitieron al compuesto orgánico su estremecimiento, como el hilo del telégrafo comunica entre sí dos puntos cualesquiera de nuestro planeta, ó como las corrientes ascendentes del ecuador provocan las corrientes descendentes del polo.

Hemos visto que el calor es un movimiento atómico que consiste en una oscilación de las últimas partículas de los cuerpos, una *música atómica*, según la expresión de Tyndall, movimiento de la materia extensa en el fondo del éter, que en grados muy variables impresiona á nuestro organismo desde la sensación más suave y agradable hasta la violenta impresión que abrasa nuestra piel ó la que destruye todo tejido orgánico y funde los metales, como el sonido es movimiento vibratorio del aire que impresiona el nervio acústico con la variedad de tonos productores de la es-

cala musical, sólo diferentes entre sí por el número de vibraciones, por la mayor ó menor agitación de los átomos en su movimiento rítmico, que el aire lleva en sus ondas con la velocidad de unos 337 metros por segundo. De igual manera la luz es movimiento de los átomos luminosos transmitidos en las ondas del océano etéreo con la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, siendo el calor una *nota luminosa* que impresiona nuestra retina, como las notas musicales hacen vibrar el nervio acústico y llegan hasta producir en el alma las gratas impresiones de la contemplación de la belleza realizada por el arte.

Los sonidos tienen su escala de sonidos como la luz su escala de colores. El *do* grave corresponde á 65 vibraciones por segundo, como el *si* á 127 y el *do* agudo á 130. La gama de los colores se extiende desde el rojo hasta el violado, correspondientes á 470 y 730 billones de vibraciones por segundo. ¡730 billo-

nes de vibraciones de los átomos etéreos en nuestra retina producen en nosotros la impresión de ver este color! Y los variadísimos matices con que el pintor nos admira por sus creaciones artísticas, se traducen en vibraciones atómicas que impresionan nuestro cerebro y llegan á agitar nuestro espíritu ante la manifestación de la belleza. Las ondas de éter, como las ondas de aire, se trasmiten y se dilatan como los círculos que una piedra al caer produce en las aguas de un estanque; y estas ondas producidas por miles y miles de centros vibratorios se trasmiten á nuestro oído ó á nuestra vista, conservando cada esfera un carácter propio, de modo que nuestro oído percibe en un concertante ó en el más complicado ejercicio musical los diferentes instrumentos y la variedad de voces que se armonizan y conciertan en el efecto total. Y si esto no lo percibimos cuando de la luz se trata, depende de la propiedad del nervio óptico

que sólo aprecia el conjunto, sin depender esta diferencia del fenómeno en sí que la ciencia demuestra realizarse conforme á leyes idénticas.

Siendo la luz blanca la superposición de siete rayos de luz, el rojo, el anaranjado, el amarillo, el verde, el azul, el añil y el violado, que poseen diferente refrangibilidad, una vibración compleja resultado de otras vibraciones sencillas que no pueden caminar con idéntica dirección ni velocidad á través de la materia interpuesta en su curso, se dispersan y distribuyen en la infinita variedad que constituye uno de los más bellos adornos de la Naturaleza y sólo puede ser apreciado por el órgano de la vista, manifestándose en todos sus reinos con la infinidad de sus matices, lo mismo en las piedras preciosas, en los caprichosos dibujos de los jaspes y mármoles, en el nácar de las conchas multicolores, que en los pétalos de las flores, que en las

alas y en las coriáceas vestiduras de los insectos y en la vasta escala que constituyen todos los seres vivientes.

Toda esta variedad ante la que nuestro espíritu extasiado se confunde y se pierde cuando se deja dominar por las pasajeras impresiones del momento, todo este caos de fenómenos confusos y combinados que han servido para iluminar el arte con los resplandores del genio en sus manifestaciones de la pintura y la música, sujetas al acerado escalpelo de la ciencia, no prevalecen en sus engañosas apariencias, que se ofrecen pugnando con la absoluta unidad de origen á que ésta las somete.

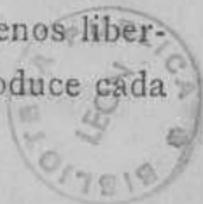
El estudio del espectro ha revelado en los últimos tiempos las grandiosas leyes del Universo que nos han sido comunicadas por los astros.

Vollaston, al descubrir que el espectro solar no es contínuo; Kirchhoff y Bunsen, al apli-

car el estudio de sus rayas al análisis químico, han revelado á la humanidad la historia de los cielos escritas con caracteres de fuego en sus infinitos luminares, unas veces como discos movibles en su negro fondo, otras como un vivo centelleo variable en el color ó en la intensidad luminosa.

Y el principio fundamental de este nuevo análisis se reduce á lo siguiente: *las rayas del espectro dependen de la naturaleza química del cuerpo de donde la luz procede, del estado de dicho cuerpo y de la atmósfera que la luz atraviesa antes de llegar al prisma analizador.*

En un cuerpo sólido ó líquido, las moléculas aprisionadas por el lazo de la cohesión no dejan amplia libertad á la vibración del éter. A la manera que los mares poblados de islotes y arrecifes, cuyo oleaje se quiebra entre las numerosas rocas y las accidentadas superficies, cada partícula se halla con menos libertad que si estuviera aislada, no produce cada



elemento la nota correspondiente á su forma y á su constitución material, sino aquella á que los elementos próximos la obligan, resultando de aquí una mezcla de tonos y confusa variedad de vibraciones, por la que se engendran todos los colores; pero si el cuerpo que luce es un gas incandescente, si rotos los lazos de la cohesión las moléculas vibran en amplio fondo etéreo, las vibraciones se efectuarán con arreglo á la composición atómica de aquél, y emitirá la nota cromática correspondiente.

Así como las cuerdas de un instrumento musical vibran al unísono de las notas correspondientes que en sus inmediateces se produzcan, por su estremecimiento común ó resonancia, la luz filtrada á través de la sustancia gaseosa pierde en aquella atmósfera algunas de sus notas, y sólo llega al prisma analizador con aquellas indiferentes ó incapaces de agitar las moléculas gaseosas que encon-

tró en su camino. La fuerza viva de la onda luminosa puede transformarse en trabajo, (manifestándose como elevación de temperatura), ó en una disgregación de las moléculas compuestas, y otras veces, trasmitiendo el movimiento vibratorio del éter, ó su agitación, á los átomos de cuerpos simples próximos, (como sucede con el cloro en presencia del hidrógeno), puede favorecer su combinación por el movimiento vibratorio comunicado. Las ondas luminosas, por efecto de la sucesión de choques repetidos durante largo tiempo en número de muchos billones por segundo desarrollan energía suficiente para imprimir velocidades considerables á las moléculas materiales y hacer desprenderse cierto número de átomos del torbellino general que forma una molécula, produciendo una descomposición química.

Vemos, pues, que los fenómenos más variados que nos ofrece la Naturaleza se reducen á una misma ley, á la transformación del

movimiento, que las cualidades de la física y química antigua se reducen á cambios de cantidad, á variedades de velocidades y de masas, á comunicación de movimiento entre los átomos etéreos y los átomos materiales.

La química, por último, ha quedado completamente encerrada en el dominio de la ley de la cantidad, de la transformación de las energías sometidas á las leyes generales del mundo físico hasta el punto de estrechar los vínculos de unión de dos ciencias que sólo difieren entre sí por las propiedades que estudian de la materia.

La física y la química han llegado actualmente á ser dos ramas muy poco distintas entre sí y de la mecánica. Las leyes que rigen á los astros son las que rigen á los átomos; franqueándose así las barreras que separaban los mundos de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño.

La química hoy depende por completo de

la consideración de la capacidad calorífica y del peso atómico, de la cantidad de movimiento impresa á las moléculas de un cuerpo por el calor específico absoluto que es inversamente proporcional á las masas de estos cuerpos. Las reacciones químicas se hallan sometidas á las leyes de la mecánica, habiendo hecho el célebre *Ensayo de mecánica química* penetrar la química en el dominio de la energía, desde que se estableció que la cantidad de calor desprendida en un reacción química cualquiera mide la suma de los trabajos químicos y físicos verificados en esta reacción, y que el calor absorbido en la descomposición de los cuerpos es igual al desprendido por la formación del cuerpo, cuando los estados inicial y final son idénticos.

Prodigiosa, ciertamente, es la fuerza de afinidad que encadena á los átomos para formar las moléculas de los cuerpos. El aumentar ó disminuir los intervalos que separan en-

tre sí los átomos exige fuerzas superiores á las de que dispone la mecánica ordinaria, pudiéndose comparar la acción de los átomos en la mecánica molecular á las de las masas totales en la mecánica ordinaria.

El calórico, una de las formas de la energía capaz de realizar tan portentosos resultados, además de aumentar la temperatura, vence las resistencias interiores y supera á las resistencias exteriores.

Los átomos en las moléculas y las moléculas en los cuerpos, se hallan con distinta orientación y su modo de agruparse es diferente, resultando diversidad de cantidades de calor para experimentar un mismo cambio de temperatura según los diferentes cuerpos, poseyendo distinta capacidad para el calor, ó lo que se llama capacidad calorífica, cada elemento químico. Una misma fuerza calorífica imprime á los átomos que solicita una cantidad de movimiento oscilatorio inversamente

proporcional á las masas de los átomos representadas por los equivalentes ó los pesos atómicos; y de aquí surgen en el mundo de lo infinitamente pequeño innumerables armonías entre las múltiples individualidades que realizan esa perpetua lucha, ese continuado mudar y transformarse que con sólo diferir en cantidad, se presenta con las apariencias de una variación infinita.

En el estado sólido, existe cierta aproximación de las moléculas, un movimiento sincrónico de los átomos que oscilan como si el sistema fuera un solo átomo, una orientación de los ejes de rotación y cierta adherencia propia de los átomos reunidos en un sistema cristalino. Al liquidarse el sólido, se alejan los centros de las moléculas, se rompen los grupos que oscilan de una manera sincrónica, se desorientan los ejes y se vence la fuerza de cohesión. En la evaporación, la vibración molecular adquiere nueva intensidad, y que-

dando las fuerzas moleculares (cohesión, afinidad, estructura) vencidas, las moléculas se lanzan con enormes velocidades fuera de la esfera de atracción de las demás con la suma de la fuerza viva que han acumulado en los diversos estados anteriores. En fin, en la disociación, el aumento de fuerza centrífuga del sistema acaba por romperlo y separar los átomos que constituían cada molécula.

Peró no sólo se ofrece en la Naturaleza la energía bajo las formas de calor y de luz, que han sido objeto casi exclusivo de las consideraciones expuestas. Hay otra forma no menos importante, aunque menos perceptible, y que nos revela el imponente espectáculo de las tempestades. Si la manifestación de esta nueva forma de la energía no es tan frecuente como las anteriores, si la ciencia todavía no ha descubierto el modo de armonizarse con ellas en el continuo flujo de la vida de la Naturaleza, en el perpetuo ciclo de sus transfor-

maciones, es indudable que importantísimo papel debe desempeñar en las armonías del movimiento y de la vida de los seres, en ese no interrumpido cambio de estados de equilibrio de los sistemas atómicos ó de los mundos celestes.

Si el calor y la luz se producen y desenvuelven sus maravillosos fenómenos aún á pesar nuestro y se nos ofrecen hasta como condición ineludible de nuestra existencia y la de los seres á que se extienden nuestras percepciones, la electricidad exige algo de nuestra parte que facilite el hacer ostentación de sus prodigios.

El rayo y la propiedad del ámbar, el cristal, las gomas y las resinas de atraer los cuerpos ligeros después de haber sido frotados, son los fenómenos más sencillos y conocidos desde la antigüedad, que indicaron la existencia del que fué considerado como un mero fluido que se aproximó, por la semejanza de

sus propiedades, al que á su vez se conoció con la denominación de fluido magnético, y que hoy la ciencia reduce en su obra unificadora, como lo hizo con el calor y la luz, á formas de movimiento, á acciones y reacciones de la materia extensa flotando en el ilimitado fondo del éter.

No vamos á trascender del terreno de la ciencia para llegar á los abstractos dominios de la metafísica, no vamos á buscar la última explicación, la más satisfactoria, aunque esto nos fuera posible, que dé cuenta del modo según el cual la Naturaleza en su misterioso seno agita los elementos que producen la variedad de sus fenómenos. No vamos á preocuparnos de si el último elemento que busca el análisis científico es el átomo impenetrable actuando por choque y por contacto sobre los cuerpos exteriores, como admite entre otros sabios el P. Secchi, ni si la fuerza es la verdadera realidad sustancial y los puntos mate-

riales como nudos movibles de la vasta red de tres dimensiones en que aquélla ejerce sus acciones, ni si la materia es un substractum que rellene un espacio, un sér real, y la fuerza, algo inmaterial, una especie de espíritu que se extiende entre cada dos partículas materiales como una unidad trascendente que reúne variedad de átomos, puesto que ahondar en este terreno sería excedernos de los límites en que nos proponemos encerrarnos.

Basta para el objeto apoyarnos en los tres conceptos fundamentales: los *átomos ponderables* ó puntos materiales que entre sí poseen una fuerza atractiva; *éter*, verdadero mar en que flotan aquéllos y que por la acción atractiva de aquélla, forma en sus inmediaciones una especie de atmósfera que ejerce una acción repulsiva con respecto á las atmósferas de los demás elementos é impide la aproximación absoluta de los átomos materiales, como la acción atractiva de éstos impide la

dispersión de la materia, armonizándose estas dos tendencias opuestas según las leyes de la cantidad de movimiento, y, en fin, la causa de la atracción ó *fuerza*, porque si esto es al fin una mera hipótesis de esas que han ido construyendo el andamiaje de la ciencia, con cuyo auxilio ésta ha llegado á los brillantes resultados que no pueden negarse, y las hipótesis en todo tiempo han servido al espíritu humano de apoyo para escalar nuevas alturas en su incesante aspiración á poseer la verdad, actualmente los hechos establecidos (y los hechos son indiscutibles), confirman que el mundo inorgánico existe como si esas hipótesis ó símbolo que hacemos corresponder á la realidad se confundieran con ésta.

Si la Naturaleza no es tan pródiga al ofrecernos la electricidad como en el caso del calor y la luz, si aquélla, aunque exista, se escapa á nuestras percepciones, en cambio la ciencia la pone á nuestra disposición á medi-

da de colmar nuestros deseos, y hoy la industria la produce con los más variados fines, hasta el punto de constituir esta forma de la energía uno de los elementos unidos indisolublemente á las necesidades de la vida moderna.

El telégrafo eléctrico que comunica en un solo instante los extremos más apartados de la tierra, el teléfono que trasmite hasta la voz humana, la luz eléctrica que nos convida á vivir en un perpetuo día, la reducción de los metales que forma la base de la riqueza de los pueblos, las reacciones químicas que verifican las más variadas transformaciones, que proveen á las necesidades de la vida con los más diversos productos y, por último, las máquinas dinamo-eléctricas que permiten utilizar esta nueva entidad de la vida del universo como fuerza, nos revelan la excepcional importancia de aquel antiguo fluído de la física en el que Galvani creyó hallar nada menos que el fluído nervioso y Volta una

nueva entidad en el dominio de las fuerzas que se repartían la acción del mundo físico.

Volta, creando la pila eléctrica; Oerstedt, descubriendo la acción de las corrientes voltaicas sobre las agujas imantadas; Ampere, fundando la electro-dinámica ó teoría de las acciones mutuas entre las corrientes eléctricas, y, en fin, Faraday, dando á conocer los admirables fenómenos de la inducción, el prodigioso resultado de crear corrientes en un conductor metálico que se mueve en las proximidades de un electro-imán, completan el cuadro grandioso donde se hallan trazados los rasgos característicos de la ciencia de la electricidad, y sintetizan todo lo fundamental que de ella puede decirse y á lo que todo lo descubierto hasta el día se refiere.

Y este nuevo factor de la física moderna, esta poderosa palanca de la industria y probable elemento fundamental en la vida de las naciones del porvenir, que lleva en sí la pro-

mesa de nuevos prodigios sobre los que han inaugurado el período de su brillante exhibición como agente poderoso de la Naturaleza, también como el calor y la luz á forma de movimiento se reduce.

El éter en movimiento: tal es la conclusión á que el P. Secchi llega en el profundo análisis de los fenómenos eléctricos y después de discutir las diversas hipótesis anteriormente sostenidas para explicar los fenómenos eléctricos. La corriente eléctrica es un flujo, en sentido definido. Toda causa que perturba la constitución molecular de un cuerpo, sea acción química, modificación térmica ó mecánica, altera el modo de distribución del éter, que puesto en movimiento posee la fuerza viva capaz de reaccionar sobre los obstáculos que se opongan, agitando las partículas materiales, hasta el punto de producir su volatilización ó incandescencia, destruyendo las agrupaciones químicas.

Con admirable claridad y precisión lo explica el Sr. Echegaray en su obra *Teorías modernas de la Física*, en que tan gallardas pruebas da de su incomparable talento y sus inagotables recursos de ingenio y de imaginación, empleando el sencillo símil de un émbolo que se mueve en un cilindro herméticamente cerrado y lleno de aire, cuya compresión á un lado y dilatación al otro hace evidente la teoría del célebre astrónomo romano. El sólido y el líquido de una pila hidroléctrica constituida por zinc y ácido sulfúrico disuelto en agua, corresponden al cilindro de su ejemplo, el émbolo es el conjunto de moléculas del zinc, del agua y del ácido que están en contacto en la superficie de separación, el aire es aquí el éter que ocupa todos los espacios intermoleculares é interatómicos, como el aire ocupaba el interior del cilindro, y, por último, el trabajo motor, empleado en condensar y dilatar el aire, está

sustituído por las *reacciones químicas* que en la superficie de separación se verifican.

«En efecto, si con la imaginación y armados de ciertas hipótesis racionales, penetramos en aquella capa común á uno y otro cuerpo, ó sea en la de zinc mojado por el ácido, veremos dos clases de moléculas, mezcladas, revueltas, chocando unas con otras y constituyendo una poderosa superficie de agitación interna en el seno de la pila. Por una parte, las moléculas del zinc, cuerpo simple; por otra, las moléculas compuestas que resultan del agua y del ácido sulfúrico, pequeñísimos edificios moleculares formados de átomos de oxígeno, hidrógeno y azufre; ni más ni menos que agrupando ladrillos, piedras y sillería se construyen muros y torres, casas y palacios y monumentos varios y diversos.»

«Pues bien, en la superficie de contacto, aquellas moléculas simples y estas moléculas

compuestas chocan unas con otras, y las moléculas de zinc, más poderosas que las de hidrógeno, las arrojan de su sitio por leyes químicas hoy perfectamente conocidas, y resulta al fin del fenómeno que hemos descrito lo siguiente: *primero*, moléculas compuestas análogas á las primitivas, con la diferencia de que los átomos de zinc ocupan el sitio de los de hidrógeno, y *segundo*, estos últimos libres ya y vagando solos y separados del sistema de que antes formaban parte.»

«Es lo mismo que si por arte maravilloso flotaran alrededor de un palacio formado de ladrillos, mampostería y sillares de caliza otros sillares de jaspe, y por fuerzas misteriosas y por influencias sobrehumanas, los sillares de jaspe arrancaran de su sitio á los de cal, se colocasen en él, y allá fuesen solos y perdidos los que antes constituían sólidas hileras de caliza en el prodigioso monumento.»

Hemos visto que la luz, la electricidad y el

magnetismo son movimiento vibratorio del éter, y el calor, vibración de los átomos materiales; que la antigua categoría de la cualidad ha sido suplantada por la de la cantidad, y que las variaciones de los fenómenos corresponden á variaciones de números, que los átomos sólo difieren entre sí por su masa y por su velocidad.

Se ha determinado el choque de los átomos, sabiéndose que la molécula de oxígeno camina con la velocidad de 461^m por segundo, la de ázoe con la de 492 y la de hidrógeno con la de 1848 , realizándose en los gases continuamente un bombardeo de moléculas según velocidades variables en cada uno, lo que explica su estado de agitación, su fluidez y tendencia expansiva. Observaremos, por último, que se ha obtenido la expresión matemática de la fuerza viva y del trabajo; y después de estos preliminares, vamos á concluir esbozando algo de lo que hoy se conoce del problema

culminante concerniente á las fuerzas físicas, que se resume en el de la *unidad y la conservación de la energía*. Si es un problema desgraciadamente no resuelto todavía por completo el de la unidad de la materia, aspiración á que tiende la ciencia de la Naturaleza, no sucede esto en igual grado respecto á la fuerza. En el segundo caso, los progresos han sido considerables, y los hechos demuestran cada día con más evidencia que todas las varias apariencias de la fuerza en el mundo físico, que conocemos con los nombres de calor, luz, electricidad, magnetismo y afinidad, son modos ó manifestaciones de una fuerza indefinidamente transformable en cada uno de estos varios aspectos. El chocar de un proyectil en el blanco ó del martillo en el yunque, dijimos, y esto de todo el mundo es conocido, que se transforma en calor. La agitación molecular provocada en el disco de una máquina eléctrica por el roce con las almohadillas,

convertida en movimiento del éter que se distribuye desigualmente en la superficie de los dos cuerpos rozados, origina y pone en evidencia la fuerza que antes se denominó fluído eléctrico como la elevación de temperatura en la parte de unión de dos metales distintos engendra la electricidad de las pilas termo-eléctricas. La acción química, la fuerza atractiva de las moléculas del zinc y del ácido sulfúrico se convirtió en electricidades positiva y negativa, ó mejor en éter condensado y dilatado que tiende á reunirse, atravesando los reóforos de la pila, ó los hilos del telégrafo que separan dos puntos cualesquiera de nuestro planeta.

La electricidad que se acumuló en las nubes, se convierte en luz al reunirse las dos corrientes de éter condensado y dilatado en el estremecimiento que produce el trueno, y en las lámparas eléctricas al encontrar un obstáculo á su paso en los hilos del carbón, y se

convirtió en acción química, al reducir metales ó descomponer sales en los procedimientos galvanoplásticos.

Y estos variados é innumerables cambios son efectos de esa fuerza que circula en el Universo, constituyendo la expresión de su vida, y que llamamos energía. Y esta energía la podemos considerar siempre en uno de dos estados, constituyendo siempre la misma suma, á saber: *energía actual* y *energía potencial*, que son entre sí complementarias. La piedra que elevó nuestro brazo en dirección inversa á la fuerza atractiva de la tierra, fué perdiendo la energía actual ó fuerza viva que le comunicó el esfuerzo muscular, y en cambio se acumuló en ella una cantidad creciente de energía potencial hasta que llegó al punto más alto de su camino, energía potencial que vuelve á convertirse en actual en su nuevo descenso y que, al chocar con la superficie de la tierra, á su vez se convierte en movimien-

to atómico ó calor, que continúa un ciclo infinito de transformaciones en el sistema del Universo. Las altas cumbres de las montañas que en época remotísima surgieron de las entrañas del globo terráqueo lanzadas por conmociones violentas, contienen almacenada una cantidad de energía potencial que se llama *de posición*, equivalente á la que fué necesaria para elevarlas, energía que puede convertirse en actual, si por efecto de nuevos cataclismos, rotas las bases sobre que se sustentan, vuelven á descender al foco primitivo; y las nubes, en las elevadas regiones de la atmósfera, y las nieves que descienden en forma de avalanchas ó que se derriten en las cimas de las cordilleras, dando origen á los manantiales que forman los ríos, en los saltos de agua devuelven aquella energía de posición, moviendo las maquinarias de las más diversas industrias, ó llegan á confundirse con las aguas del océano bajo la forma de trabajo mecánico equivalente.

Estas energías físicas perpetuamente transformables entre sí, que hemos considerado en nuestro planeta, tienen su origen en el Sol que irradia el calor y la luz hasta los extremos más apartados de su sistema.

La astronomía prosigue incesantemente sus investigaciones. Los físicos han buscado afanosos en el foco desde donde se transmite hasta nosotros, el modo de existir, de producirse y conservarse la inmensa cantidad de energía que el Sol lanza continuamente á los espacios, y de la cual sólo una insignificante parte es la que produce en la Tierra la variedad de fenómenos, objeto de las anteriores consideraciones, expuestas con el sólo propósito de resumir algo de lo mucho tratado sobre esta materia en multitud de libros. Las hipótesis se han sucedido buscando el explicar, ya por la caída de cuerpos celestes sobre el Sol, ya por la condensación de la materia cósmica, ó por las corrientes ascendentes y descenden-

tes, cambios de temperatura, condensaciones y dilataciones, asociaciones y disociaciones de elementos que se agitan en la masa solar el hecho muy probable de la conservación de la cantidad de la energía de nuestro astro central, y las observaciones astronómicas algo de luz dejan vislumbrar acerca de tan difícil y fundamental problema, como de otros varios relativos á la formación de los astros, á las fases que siguen durante su existencia, á sus funciones en el concierto universal, planteados para las generaciones venideras, problemas que se extienden á todo el mundo estelar cuya genealogía é historia se ha principiado á trazar, señalándose períodos en la vida del Universo, dentro de los cuales nuestras épocas geológicas aparecen absorbidas como un accidente en la inmensa duración del tiempo, que, como la extensión del espacio desaparece ante la pequeñez de nuestra facultad de imaginar y concebir, á la cual

algo, sin embargo, le es dado conocer de esta grandiosa unidad que rige á ese perpetuo sucederse y coexistir dentro de una variabilidad sin fin, según la que la fuerza, ejerciéndose sobre la materia, realiza las maravillas que contemplamos bajo la forma ó apariencia de vida, organización y movimiento.





57

72

