

PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

ALBERT BLOCH y

PARAF-JAVAL

La Substancia Universal

Traducción de
ANSELMO LORENZO



BARCELONA
Calle de Bailén, núm. 56

1904

L

PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

ALBERT BLOCH Y
PARAF-JAVAL

La Substancia Universal

LIBRO PRIMERO: **Primeros principios.**

LIBRO SEGUNDO: **El Universo.**



BARCELONA

CALLE DE BAILÉN, NÚM. 56

1904

—
ES PROPIEDAD
—

ÍNDICE DE MATERIAS

Declaración editorial. Página **9**

Prefacio. Página **11**

LIBRO PRIMERO

Primeros Principios

Cantidades, Magnitudes y Cualidades;

La Materia y la Energía.

Capítulo I.º—INTRODUCCIÓN. Página **15**

Capítulo II.—CANTIDADES. Página **17**

El hombre. 17.—Los cuerpos. 17.—Espacio. 17.
—Forma. 17.—Situación. 18.—Cambio de lugar. 18.—Semejanza y diferencia. 18.—Identidad. 18.—Pluralidad y unidad. 19.—Número. 19.
—Formación de los números. 19.—La continuación de los números es ilimitada. 19.—Discontinuidad. 20.—Continuidad. 20.—Cantidad. 20.—Grandor. 21.—Elección de unidades. 21.—Movimiento y equilibrio. 21.—Tiempo. 22.—Duración. 22.—Medida del tiempo. 22.—Medida del espacio. 23.—Velocidad. 25.—Medida de la velocidad. 25.—Aceleración. 26.—Medida de la aceleración. 26.—Fuerzas. 27.—Trabajo. 28.—Peso. 28.—Medida del trabajo. 29.—Unidad práctica de trabajo. 29.—Transmisión del tra-

bajo. 30.—Conservación del trabajo. 31.—Energía. 31.—Conservación é indestructibilidad de la energía. 32.—La energía y el movimiento. 32.—La energía y el peso. 33.—Los factores de la energía. 33.

Capítulo III.—CUALIDADES DE LOS CUERPOS. Página 34

Los sentidos. 34.—Propiedades de los cuerpos. 34.—Materia. 35.—Materia y energía. 35.—Propiedades variables de los cuerpos. 36.—Masa. 36.—Relación entre el volumen y el peso de un cuerpo y su masa. 37.—Masa y fuerza. 37.—Medida de la energía. 40.—Energía cinética y energía potencial. 42.

Capítulo IV.—FORMAS DE LA ENERGÍA. Página 44

La energía. 44.—Energía de forma. 46.—Energía de superficie. 46.—Energía de volumen. 47.—Energía de distancia. 48.—Peso. 51.—Pesantez. 52.—Medida del peso. 52.—Unidad práctica de trabajo. 53.—Transformación de energía de distancia en energía de movimiento. 54.—Transformación de energía de movimiento en energía mecánica. 58.—Gravitación universal. 61.—Transformación de energía de movimiento en energía térmica. 62.—Transformación de energía térmica en energía luminosa. 63.—Energías eléctrica, magnética y luminosa. 63.—Energías internas. 65.—Energías químicas. 66.—Reversibilidad de las energías. 66.—Conservación de la energía. 67.

**Capítulo V.—LOS CUERPOS Y LA
MATERIA. Página 68**

La materia. 68.—Conservación de la materia.
69.—Cuerpos simples y cuerpos compuestos.
69.—Átomos. 70.—Moléculas. 74.—Energías
atómicas y moleculares. 78.

Capítulo VI.—LA SUBSTANCIA. Página 79

Conservación de la energía y de la materia. 79.
—¿Cuándo sucede algo? 79.—Inseparabilidad
de la materia y de la energía. 80.—Materia pon-
derable y materia imponderable. 80.—La subs-
tancia. 83.

**LIBRO II
El Universo**

Los Mundos;

La Tierra;

La Vida.

Capítulo I.—INTRODUCCIÓN. Página 91

Capítulo II.—LOS MUNDOS. . . Página 92

La substancia. 92.—El Universo. 94.—Los as-
tros. 95.—Las nebulosas. 100.—Exposición del
sistema de Laplace. 102.—Teorías posteriores
que completan la exposición del sistema del
mundo de Laplace. 108.—Teoría energética del
Universo. 118.

Capítulo III.—LA TIERRA. Página **121**

Formación de La Tierra. 121.—Aplanamiento de los polos de la Tierra. 122.—Mareas solares. 122.—La Luna. 123.—Corteza terrestre. 123.—Formación de los cuerpos inorgánicos. 124.—Rocas ígneas. 126.—Especies químicas. 126.—Formas cristalinas. 127.—Acción modificadora de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. 128.—Acciones modificadoras de las energías internas. 130.

Capítulo IV.—LA VIDA. Página **135**

Los elementos de la materia orgánica. 135.—Vegetales y animales. 139.—La evolución de la substancia. 140.—Protoplasma. 140.—La célula y su núcleo. 142.—Reproducción de la célula. 143.—Moneras. 145.—Amibas. 145.—Teoría de la gástrula. 145.—Hojas germinativas. 146.—Embriología. 147.—Anatomía comparada. 148.—Todos los vegetales y todos los animales están formados de células. 149.—Clasificaciones. 150.—Las grandes leyes de la evolución de los seres vegetales y animales. 152.—Antepasados invertebrados del hombre. 155.—Antepasados vertebrados del hombre. 156.—El hombre y el medio en que vive. 160.—Energía nerviosa. 161.—Energía intelectual. 165.—Energía social. 168.—Término de la evolución de la Tierra. 171.

M
ana
con
des
pro
rezo
mit
sur
res
cer
la s
I
se
con
am
los
á s
nu
efe
pro
sen

en

DECLARACIÓN EDITORIAL

Mientras el hombre estudioso observa y analiza la naturaleza, agrupa y metodiza conocimientos y los aplica á las necesidades de la vida, impulsando de este modo el progreso de la humanidad, el torpe y el perezoso aceptan y transmiten los primitivos mitos religiosos, resultando el enorme absurdo de que la religión y los demás errores tradicionales, con sus sacramentos, sus ceremonias y sus privilegios, domine aún la sociedad.

La acción de la herencia y del atavismo se refuerza aún en el hogar y en la escuela, con la ignorancia de los padres y de los amigos y con una irracional pedagogía, y los niños de inteligencia deformada pasan á ser hombres estacionarios ó regresivos, nunca aquel resumen intelectual que, por efecto de la solidaridad social y por sus propias facultades intelectuales, deben de ser los hombres.

Eso necesita un dique, el cual consiste en condensar el resumen de los conoci-

mientos de nuestra época, para dar á los hombres los medios de renunciar á las creencias absurdas del pasado.

A esa necesidad responde este libro, que, puesto en manos de los maestros como conductores de niños, es decir, como verdaderos pedagogos, han de enseñar á aprender, más que con las propias interpretaciones y explicaciones, encargando á los alumnos temas sobre las importantísimas materias que contiene, en los que las inteligencias infantiles podrán desplegar sus vuelos y ejercer mutuamente la crítica, y en manos de niñas y niños que estudian juntos, viene á ser el fin del exoterismo y el comienzo de una era nueva, la era de la universalización del sentido común, ya que como resumen de conocimientos es una esencia enciclopédica, y como preparación de estudios posteriores es una orientación segurísima.

Por esta razón edita la presente traducción la ESCUELA MODERNA, concediéndole preferente lugar entre sus publicaciones, y la ofrece á las escuelas libres de lengua española.

PREFACIO

El trabajo que hemos realizado, y que ha producido nuestro estado intelectual en 1903 representa esfuerzos considerables. Para ello hemos compilado las obras de muchos especialistas, y nos ha sido necesario asimilarnos las teorías energéticas de los filósofos científicos, entre los cuales citaremos particularmente Mach y Ostwald, cuyas teorías permiten concebir el Universo como un conjunto de realidades objetivas.

Hemos juzgado conveniente popularizar el resultado de estos esfuerzos, é, inspirados en puro compañerismo, publicamos este libro, fruto él mismo del compañerismo.

En efecto, nuestro trabajo no hubiera podido efectuarse si los hombres del pasado y del presente no hubiesen acumulado los conocimientos que hemos encontrado á nuestro alcance.

Tampoco hubiera sido posible sin los compañeros que, en los diversos grupos que diariamente frecuentamos, nos han enseñado á despojarnos de ideas preconcebidas.

Pero el compañerismo no se ha limitado á eso.

Nuestro compañero Fromentin nos ha proporcionado los libros que necesitábamos.

Nuestro compañero Ferrer Guardia, fundador de la Escuela Moderna en Barcelona, ha emprendido la obra de formar una biblioteca escolar, exenta de preocupaciones, y ha hecho un llama-

miento á todos aquellos á quienes tal propósito interese. *Petición suya es la edición española de LA SUBSTANCIA UNIVERSAL, y para facilitarnos la tarea, nos ha librado durante cierto tiempo de los cuidados de la existencia.*

Nuestro hermano y amigo Georges Bloch nos ha facilitado la edición francesa, impresa por nuestros compañeros de la Emancipatrice.

Por último, el compañerismo que ha existido entre nosotros, Albert Bloch y Paraf-Javal, ha sido particularmente dulce y fecundo, puesto que á pesar de la obligación en que nos hemos hallado de trabajar frecuentemente en detrimento del descanso y de nuestro medio de vida, nuestro empeño se ha cumplido en medio de la alegría y de la fraternidad.

Quedábanos cierto recelo: LA SUBSTANCIA UNIVERSAL ha sido repasada muchas veces y siempre cambiábamos algo. Eso nos inspiró la idea de tomar cada uno un ejemplar al salir de las prensas amigas é intercalar hojas en blanco destinadas á las correcciones y adiciones futuras, comunicando á todos que examinaríamos con gusto las observaciones que se nos dirigieran.

Albert Bloch murió el 30 de abril próximo pasado, y tengo el sentimiento de ser el único que puede dar su dirección á tal objeto. Los amigos, conocidos ó desconocidos, me harán favor escribiéndome, si ha lugar, 6, Cité Barat, Asnières (Seine).

Junio 1903

P.-J.

to in-
e LA
os la
e los

nos
por

tido
si-
e á
de
an-
se
ter-

CIA
y
la
de
co
as,
is-

no
ue
s,
i-
es

LA SUBSTANCIA UNIVERSAL

LIBRO PRIMERO **Primeros Principios**

Cantidades, Magnitudes y Cualidades;
La Materia y la Energía.

LIBRO PRIMERO

CAPÍTULO PRIMERO

INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre tuvo conciencia de sí mismo y del medio en que vive, trató de explicarse las causas de los fenómenos que observaba, sus antecedentes y las de su medio.

En posesión de escaso número de movimientos positivos y habiendo de encontrar las causas de muchos efectos, dió libre curso á su imaginación é hizo las suposiciones más fantásticas.

Poco á poco, á medida que aumentaban sus conocimientos positivos, concibió hipótesis más juiciosas, y la ciencia, es decir, lo conocido, se sobrepuso á la ignorancia, es decir, á lo desconocido.

Cuanto más se desarrolló la ciencia, más plausibles y racionales se hicieron las hipó-

tesis; cada observación ó cada explicación nueva, confirma, modifica ó destruye las hipótesis anteriores y sirve, en este último caso, de punto de partida á hipótesis nuevas.

Sin embargo, como la casi totalidad de los hombres ignora todavía la mayor parte de lo conocido, la imaginación ejerce aún grande y perjudicial influencia. También las personas de quienes hay derecho á esperar criterio científico, se dejan influir por el espiritualismo y la metafísica, y tratan de dar explicaciones sobrenaturales á los hechos cuyas causas ignoran.

En vista de esto, y dado el estado actual de los conocimientos humanos, juzgamos importante exponer las explicaciones, no metafísicas, sino físicas, que pueden darse: 1.º del universo que percibimos, de la tierra que habitamos y de los seres vivientes que en ella se suceden; 2.º de los tipos absolutos que concebimos y á los cuales referimos las realidades.

El h
El h
conciencia
Se d

Los
Se d
es él.
Ve
que t
ocupa

Es
In
el me

Fo
S
cier
no
sep
cua

CAPÍTULO II

CANTIDADES

El hombre.

El hombre, por sus sentidos, adquiere conciencia de sí mismo y de lo que le rodea.

Se da cuenta de que es *él*.

Los cuerpos.

Se da cuenta de que todo lo demás *no* es *él*. Son *cuerpos*.

Ve que puede *mudar de sitio* siendo él y que *todo lo demás*, incluso el sitio que antes ocupaba, no es él.

Espacio.

Inmediatamente concibe el *espacio* como *el medio en que están* los cuerpos.

Forma.

Se da cuenta de que cada cuerpo ocupa cierta porción del espacio y que el cuerpo no se confunde con el espacio. Lo que separa el cuerpo del espacio es la *forma* del cuerpo.

Situación.

Se da cuenta de que un cuerpo no puede estar al mismo tiempo *donde está y en otra parte*, y que su situación es un medio de distinguirlo de los otros cuerpos.

Cambio de lugar.

Se da cuenta de que un cuerpo que en un momento dado está en alguna parte, puede estar en otro momento *en otra parte* y que un mismo cuerpo puede ocupar sucesivamente en el espacio posiciones diferentes con relación á él.

Semejanza y diferencia.

Cuando unos cuerpos tienen uno ó más caracteres comunes, decimos que *se asemejan* por esos caracteres.

Llamamos *diferencias* entre los cuerpos todos los caracteres que no les son comunes.

Identidad.

Cuando unos cuerpos tienen exactamente los mismos caracteres y es imposible distinguir los unos de los otros de otro modo que por su posición, se dice que son *idénticos*.

Plur

Exar

es posi
menos
plurali

Los

son *un*

Núr

Cua

cos se

resulta

mero

For

Cua

idénti

To

cesiva

ralida

La

Se

te si

may

Pluralidad y unidad.

Examinando los objetos, concebimos que es posible formar con ellos grupos más ó menos considerables. Todo grupo es una *pluralidad*.

Los objetos de que se compone el grupo son *unidades*.

Número.

Cuando una pluralidad de objetos idénticos se compara á uno de esos objetos, el resultado de la comparación se llama el *número* de los objetos.

Formación de los números.

Cuando se añade á un objeto un objeto idéntico, se obtiene el segundo número.

Todos los números pueden formarse sucesivamente añadiendo un objeto á la pluralidad de objetos idénticos ya obtenida.

La continuación de los números

es ilimitada.

Se ve que un número cualquiera permite siempre la formación de otro número mayor.

Discontinuidad.

No podemos pasar de un número al siguiente sino añadiéndole una unidad. Por consecuencia, un número representa siempre una pluralidad de objetos idénticos, pero distintos y separados.

El intervalo de un número al precedente ó al siguiente no puede llenarse jamás.

Este carácter de los números se llama *discontinuidad*.

Continuidad.

Al contrario de lo que sucede con los objetos, vemos que el espacio puede aumentar ó disminuir por intervalos tan pequeños como se quiera, más pequeños aún que todo objeto dado. Vemos también que todo intervalo entre dos espacios puede llenarse.

Este carácter del espacio se llama *continuidad*.

Cantidad.

Si tenemos delante cierto número de vasos semejante todos y llenos por igual de agua, podemos conocer el número de vasos de agua que tenemos. Como los vasos son discontinuos, podemos *contarlos*.

El número de los vasos es una *cantidad*.

Gran

Pero

contiene

contar e

tinuo, p

tomar e

cesario

una po

La ca

plo, en

mente

dad de

da del

de agu

Elec

Si h

más g

ro dos

una m

de las

esas u

única

didad

Mo

No

jeto e

Grandor.

Pero si todo el agua de esos vasos se contiene en un tonel, nos será imposible *contar esa agua*. Al ocupar un espacio continuo, pierde el carácter de número para tomar el de *grandor*. En este caso será necesario *medirla*, es decir, compararla con una porción tipo del espacio.

La cantidad de agua contenida, por ejemplo, en un vaso igual á los que anteriormente hemos empleado, nos servirá de unidad de medida y hallaremos para la medida del agua el mismo número de los vasos de agua.

Elección de unidades.

Si hubiésemos tomado un vaso dos veces más grande, hubiéramos hallado un número dos veces más pequeño. El resultado de una medida depende, pues, esencialmente de las unidades escogidas. La elección de esas unidades es arbitraria y se determina únicamente por la mayor ó menor comodidad.

Movimiento y equilibrio.

Nos damos cuenta de que un mismo objeto está en un momento dado en cierto

punto del espacio y que en otro momento está en otro punto.

De ahí la idea de *movimiento*.

Cuando un cuerpo no está en movimiento está en *equilibrio*.

Tiempo.

Se comprende que, para pasar de un punto á otro, un cuerpo ha ocupado sin interrupción posiciones diferentes y sucesivas.

De ahí la idea de *tiempo* y que nos conste que el tiempo, como el espacio, es un grandor continuo.

Duración.

Nos damos cuenta de que, mientras los cambios de lugar de un cuerpo, el mismo ú otros cuerpos han conservado su posición ó su estado primitivo.

De ahí la idea de *duración* y de transcurso del tiempo.

Medida del tiempo.

Es imposible hacer constar directamente la igualdad de dos tiempos, porque dos tiempos no pueden superponerse.

El tiempo no tiene existencia real. Es

esta una
riencia y
vamos la
mientos
para lo p

Cada
do y un

De la
natural
que tra
mejant
mismo

De a
do por
cesari
el mi
pre se

La
po es
del t
una

M
U
de r
ces
dos

esta una idea que nos suministra la experiencia y que nos permite, porque conservamos la memoria de nuestros acontecimientos pasados, deducir acontecimientos para lo porvenir.

Cada instante es el límite entre un pasado y un futuro.

De la continuidad de los fenómenos naturales podemos deducir que los tiempos que transcurren entre dos repeticiones semejantes, en condiciones idénticas, de un mismo fenómeno natural, son iguales.

De ahí la idea de *medir el tiempo tomando por término de comparación el tiempo necesario para que cierto movimiento, siempre el mismo, se cumpla en condiciones siempre semejantes.*

La unidad escogida para medir el tiempo es el *segundo*, es decir, la 86.400^a parte del tiempo que emplea la tierra en hacer una revolución sobre sí misma.

Medida del espacio.

Un cuerpo en el espacio puede moverse de maneras diferentes.

—Puede ocupar todas las posiciones sucesivas á lo largo de un hilo tirante entre dos puntos, ó á lo largo de un hilo que

afecte la forma de un contorno cualquiera. En este caso el movimiento se hace siguiendo una sola dirección (longitud ó línea).

En estos dos casos, la unidad de medida del espacio recorrido será *la unidad de longitud*.

La unidad escogida para medir longitudes es la longitud llamada *centímetro*, es decir, la centésima parte del patrón de platino conservado en el Conservatorio de Artes y Oficios de París llamado *metro*.

Después de haber creído, desde 1792, que el metro era la diez millonésima parte del cuarto de meridiano terrestre, cálculos más exactos han demostrado que la longitud de un cuarto del meridiano era 10.000.856 metros.

—Si el movimiento es el de un pincel de un pintor que pinta una pared, se ve que este movimiento se hace siguiendo dos direcciones (longitud y amplitud) y el espacio resulta una superficie.

La unidad escogida para medir las superficies es la superficie de un cuadrado que tenga 1 centímetro de lado y se llama el *centímetro cuadrado*.

—Si el movimiento es el de un líquido

que cae en un vaso, se ve que se efectúa siguiendo tres direcciones (longitud, amplitud y altura) y el espacio resulta un volumen.

La unidad de volumen es el volumen de un cubo que tiene un centímetro de lado y se llama el *centímetro cúbico*.

Velocidad.

Nos damos cuenta de que un mismo cuerpo recorre cierta distancia en cierto tiempo en ciertas condiciones.

Nos damos cuenta de que el mismo cuerpo en otras condiciones recorrerá la misma distancia en un tiempo diferente, ó que en el mismo tiempo recorrerá distancias diferentes.

De ahí la idea de *velocidad*.

Se ve que esta idea es la de un grandor dependiente á la vez del espacio y del tiempo.

Por consecuencia, tendremos diferentes clases de velocidades según que el móvil recorra líneas, superficies ó volúmenes.

Medida de la velocidad.

La velocidad de un cuerpo móvil se mide por el tiempo que tarda ese cuerpo en recorrer una misma parte del espacio.

Cuanto más corto es el tiempo empleado por un cuerpo en recorrer un espacio dado, mayor es su velocidad.

La unidad de velocidad lineal será, pues, la velocidad de un punto recorriendo la longitud de un centímetro en un segundo.

La unidad de velocidad superficial será la velocidad de una superficie cambiando de lugar á razón de un centímetro cuadrado en un segundo.

La unidad de velocidad de un volumen será la velocidad de un cuerpo recorriendo un volumen de un centímetro cúbico en un segundo.

Aceleración.

Nos damos cuenta de que la velocidad de un cuerpo puede variar. Según las condiciones del movimiento, la velocidad puede aumentar ó disminuir, es decir, en tiempos iguales un mismo cuerpo puede recorrer espacios cada vez mayores ó cada vez más pequeños.

Eso es lo que se llama la *aceleración*.

Medida de la aceleración.

Se mide la aceleración por la medida del

aument
en la un

Fuer

Nos
tos de
nosotr
causa

Ven
á los
mient
comp
sí mis
ficar

De
movi
mien

E
más
cion
nues
del
sien

sa.

cue

no

mo

qu

aumento ó de la disminución de velocidad en la unidad de tiempo.

Fuerzas.

Nos damos cuenta de que los movimientos de nuestro cuerpo son producidos por nosotros y que podemos atribuirlos á una causa que es nosotros mismos.

Vemos también que podemos imprimir á los cuerpos exteriores á nosotros movimientos de que nosotros somos la causa, y comprobamos que ningún cuerpo puede por sí mismo ponerse en movimiento ni modificar el movimiento que se le ha impreso.

De ahí se origina la idea de atribuir cada movimiento ó modificación en un movimiento á una causa que llamamos *fuerza*.

En realidad, no podemos hacer constar más que movimientos, velocidades y aceleraciones ó bien equilibrios. Por costumbre de nuestra inteligencia nos remontamos siempre del movimiento á la fuerza, como tratamos siempre de remontarnos del efecto á la causa. Cuando un cuerpo ó un sistema de cuerpos está en equilibrio sucede, ó que no obra sobre él ninguna fuerza en aquel momento considerado, ó que las fuerzas que obran sobre él tienen un efecto nulo.

Trabajo.

Nos damos cuenta por la experiencia de que para *trasladar* un cuerpo, necesitamos hacer un *esfuerzo*.

Llamamos *trabajo* al resultado de ese esfuerzo.

No damos cuenta de que, para un mismo cuerpo ó para dos cuerpos idénticos, el esfuerzo es el mismo si el traslado es el mismo, y que es tanto mayor cuanto mayor es el traslado.

No sucede lo mismo si los dos cuerpos no son idénticos. En efecto, si de una misma cantidad hemos de trasladar dos volúmenes diferentes de un mismo cuerpo, por ejemplo 10 litros y 20 litros de agua, en el segundo caso el esfuerzo será dos veces mayor que en el primero.

Pero si hemos de trasladar de una misma cantidad 10 litros de agua y 10 litros de mercurio, el esfuerzo en el caso del mercurio será mucho mayor que en el del agua, aunque el volumen y el traslado no hayan variado.

Peso.

Eso depende de que un litro de mercurio difiere de un litro de agua por su *peso*.

Después explicaremos de qué proviene el peso de los cuerpos. Por el momento, la noción de trabajo nos permite darnos cuenta de que los diferentes cuerpos tienen *pesos* diferentes bajo un mismo volumen; por consecuencia, el *peso* es una cualidad característica de los cuerpos.

Actualmente consideramos el peso de los cuerpos como un dato de la experiencia y como uno de los factores del *trabajo*, es decir, del esfuerzo necesario para trasladar un cuerpo. El otro factor es el traslado sufrido por el cuerpo.

Medida del trabajo.

Se puede, pues, medir el trabajo multiplicando el peso del cuerpo trasladado por el traslado efectuado.

Unidad práctica de trabajo.

Si tomamos por unidad práctica de peso el *gramo*, es decir, el peso de la milésima parte del patrón de platino construido por el físico Borda y conservado desde entonces en el Conservatorio de Artes y Oficios de París, representando el peso en París de un decímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4 grados centígrados, y por

unidad de longitud el centímetro, *la unidad de trabajo será el trabajo necesario para imprimir á un gramo un traslado vertical de un centímetro*. Se le da el nombre de *gramo-centímetro*. Después veremos que esa no es más que una unidad *práctica*, que difiere de la unidad *absoluta* de trabajo.

En las máquinas se evalúa el trabajo tomando por unidad, sea el *kilográmetro*, 100.000 veces mayor que un gramo-centímetro, sea el *caballo-vapor*, 75 veces mayor que el kilográmetro.

Lo importante es establecer la posibilidad de medir el trabajo tomando como factor el peso.

Transmisión del trabajo.

Numerosos ejemplos nos prueban que el trabajo puede ser transportado de un cuerpo á otro.

Basta mencionar el hecho de que ejerciendo cierto esfuerzo de tracción al extremo de una cuerda, ese esfuerzo se transmite al extremo opuesto y no permite obtener sobre un objeto situado en él una traslación que hubiera exigido el mismo esfuerzo para causarle directamente.

Conservación del trabajo.

Cuando damos cuerda á un reloj, necesitamos efectuar cierto trabajo muscular para extender el muelle. Si por una causa cualquiera se rompiera el reloj después de haberle dado cuerda, el muelle, al soltarse, restituiría de un solo golpe el trabajo ejecutado.

Por el contrario, si el reloj queda bien, podrá el muelle, durante un tiempo dado, hacer que funcionen los engranajes y mover las agujas, gastando en cada segundo una pequeña parte del trabajo que se le suministró al darle cuerda.

El trabajo puede, pues, ser conservado.

Energía.

La noción de trabajo está en nosotros indisolublemente ligada á las dos nociones de esfuerzo y de movimiento.

Si, en lugar de considerar esta idea compleja, *consideramos solamente la idea más sencilla de la cantidad de trabajo contenida en un cuerpo, llamamos esta cantidad de trabajo la ENERGÍA del cuerpo.*

Conservación é indestructibilidad **de la energía.**

Para producir un trabajo es necesario gastar una cantidad de trabajo equivalente; toda cantidad de trabajo producida puede ser conservada hasta el momento en que sea utilizada para producir un efecto siempre medible. Lo mismo sucede con la energía, que no puede producirse en un cuerpo si otro cuerpo no se la transmite.

Del mismo modo, todo cuerpo ó todo sistema de cuerpos conserva su energía hasta el momento en que la transmite á uno ó á otros cuerpos.

Después veremos las diferentes formas que puede afectar la energía. Por el momento podemos considerarla como el mantial de todos los movimientos que se manifiestan en los cuerpos.

La energía y el movimiento.

Nos damos cuenta de que dos cuerpos idénticos, puestos en movimiento, producen efectos diferentes si sus velocidades son diferentes, siendo el mayor efecto el producido por el cuerpo que tiene mayor velocidad.

La energía y el peso.

Por el contrario, si dos cuerpos diferentes tienen la misma velocidad, el cuerpo más *pesado* producirá el mayor efecto.

Los factores de la energía.

Podemos darnos cuenta por la experiencia de que dos cuerpos con la misma velocidad, si uno de ellos pesa doble que el otro, producirá un efecto dos veces mayor. Por el contrario, si dos cuerpos tienen el mismo peso y uno de ellos tuviera doble velocidad que el otro, producirá un efecto cuatro veces mayor. Poseerá, en consecuencia, cuatro veces más energía.

La energía, pues, de un cuerpo depende á la vez de su peso y de la velocidad de que está animado; pero la influencia de la velocidad es mayor que la del peso.

Estos hechos, de que la experiencia nos permite darnos cuenta, serán demostrados cuando estudiemos en detalle las leyes de la energía, es decir, la mecánica.

CAPÍTULO III

CUALIDADES DE LOS CUERPOS

Hemos visto hasta aquí cómo pueden medirse los cuerpos, sus movimientos y el trabajo correspondiente á esos movimientos. Réstanos aprender ó diferenciar los cuerpos.

Los sentidos.

La experiencia enseña que por intermedio de nuestros sentidos entramos en relación con los cuerpos, porque cada uno de nuestros sentidos nos permite determinar una serie de caracteres cuyo conjunto constituye la *cualidad* de cada cuerpo.

No conocemos, pues, directamente los cuerpos, sino solamente las impresiones que producen sobre nuestros sentidos.

Propiedades de los cuerpos.

Para explicarnos cada una de esas impresiones, la atribuimos á una causa particular que llamamos *propiedad del cuerpo*.

Resulta que atribuimos á los cuerpos las propiedades de extensión, de forma, de co-

lor, etc., que impresionan nuestra vista; de peso, de dureza, de elasticidad, de calor, etc., que impresionan nuestro tacto; de sonoridad, de olor, de sabor, etc., que impresionan el resto de nuestros sentidos.

Es, pues, UN CONJUNTO DE PROPIEDADES percibidas por nuestros sentidos lo que llamamos un CUERPO.

Materia.

Pero tenemos idea de que, bajo esas propiedades, existe realmente algo que no podemos alcanzar.

A la idea de ese soporte desconocido de todas las propiedades conocidas y desconocidas por las cuales los cuerpos se revelan á nuestros sentidos damos el nombre de MATERIA.

Materia y energía.

Acostumbramos á explicarnos los diferentes movimientos como efectos de causas desconocidas que llamamos *fuerzas*, y que son sencillamente las formas diferentes de la *energía*.

También acostumbramos á llamar *materia* al soporte desconocido de las *propiedades* que se manifiestan como cuerpos á nuestros sentidos.

Propiedades variables de los cuerpos.

Entre las propiedades de los cuerpos, las hay que son variables en un mismo cuerpo.

El color de un cuerpo, por ejemplo, varía según la manera de que esté iluminado. Su temperatura varía según que haya sido más ó menos calentado.

El sonido de una botella de cristal cambia según que se le toque sobre la parte ancha ó sobre el cuello.

La forma misma de un cuerpo puede variar según su temperatura y las presiones á que se le sometan.

El volumen de un cuerpo cambia según su temperatura y las presiones que soporta.

Masa.

Por el contrario, vemos que cada cuerpo toma, bajo la acción de una misma fuerza, obrando de una manera constante, cierta aceleración medible, siempre la misma para un mismo cuerpo y una misma fuerza.

Esta propiedad invariable es común á todos los cuerpos, y la denominamos la *masa*.

Se puede, pues, definir la *masa* como la

propiedad común á todos los cuerpos de tomar, bajo la influencia de una fuerza dada, cierta aceleración, siempre la misma para el mismo cuerpo y la misma fuerza.

Relación entre el volumen y el peso de un cuerpo y su masa.

Se ve que, respecto de un mismo cuerpo, la masa es siempre proporcional al volumen del cuerpo.

Se ve también que la masa es siempre proporcional al peso del cuerpo.

Independientemente de las condiciones de tiempo, de lugar, de temperatura, etc., la *masa* no debe confundirse con el *peso* del cuerpo.

La relación del peso del cuerpo á su *volumen* se llama la *densidad*.

Al contrario de la masa, la densidad depende de las condiciones de lugar, de temperatura, de presión, etc.

Masa y fuerza.

La masa, como ya hemos dicho, es la propiedad que tienen los cuerpos, bajo la influencia de cierta fuerza, de tomar una velocidad determinada y bajo la influencia de una fuerza constante que obre durante

cierto tiempo una aceleración determinada. Se representa la masa de un cuerpo por la relación de la fuerza que obra sobre él á la aceleración que le comunica. Si, pues, determinamos por una fuerza dada la aceleración que imprime á un cuerpo dado, podremos determinar la masa del cuerpo dividiendo la fuerza por la aceleración.

Si, por ejemplo, determinamos por la fuerza pesantez la aceleración que imprime á un cuerpo dado, podremos determinar la masa de ese cuerpo.

Luego la pesantez (acción constante de la tierra sobre los cuerpos que están en su superficie) se manifiesta á nosotros por el peso. La relación entre el peso de un cuerpo y la aceleración que tomará en su caída determinará, pues, la masa de ese cuerpo.

De ahí resulta que, tomando el gramo por unidad de peso, y siendo, en París, la aceleración debida á la pesantez de 981 centímetros por segundo, *la unidad de masa será la masa de 981 centímetros cúbicos de agua destilada á 4 grados centígrados, masa que pesa en París 981 gramos.* El cociente de la división de 981 gramos (fuerza) por 981 centímetros (aceleración) es, en efecto,

igual á 1, es decir, que, en este caso, la masa será la unidad.

Pero la masa de esos 981 centímetros cúbicos de agua, no podrá representar la unidad sino en donde, como en París, la aceleración debida á la pesantez sea de 981 centímetros. Esta aceleración varía según las latitudes (en el ecuador es de 978 centímetros y de 983 centímetros en los polos). La unidad de masa en un lugar dado será, pues, siendo g la aceleración en aquel lugar, la masa en aquel lugar de g centímetros cúbicos de agua destilada á 4 grados.

Para medir las fuerzas ha de emplearse, no la unidad de peso, que varía, sino una cantidad absolutamente invariable, únicamente dependiente de las unidades de tiempo, de longitud y de masa.

Se ha escogido para esta *unidad absoluta de fuerza*, la *dina*, que es la fuerza que puede imprimir á la unidad de masa una aceleración de 1 centímetro por segundo, es decir que, si tomamos por unidad de masa la masa de 1 centímetro cúbico de agua destilada á 4 grados centígrado, la dina será la fuerza que imprime, en París, á un centímetro de agua destilada á 4 grados una

aceleración de 1 centímetro por segundo. Esta fuerza equivale, en París, á la fuerza que produciría la acción de un peso de $\frac{1}{981}$ de gramo y corresponde en un lugar dado, donde la aceleración sea g , á la acción de un peso de $\frac{1}{g}$ gramos ó al peso de $\frac{1}{g}$ centímetros cúbicos de agua destilada á 4 grados centígrados.

Medida de la energía.

Para determinar la unidad de energía, recordaremos que la energía representa la cantidad de esfuerzo equivalente á la que se necesitaría gastar para efectuar un trabajo dado, es decir, para mover en cierta longitud un cuerpo pesado.

Luego para levantar cierto peso á cierta altura, se necesita un esfuerzo cuyo trabajo sea medido por el producto del peso por el traslado efectuado.

Se ha escogido, pues, para unidad de energía el *erg*, *energía de una dina que obra sobre una longitud de 1 centímetro.*

Para traer esta definición á las unidades prácticas, recordaremos que para levantar 1 gramo á la altura de 1 centímetro, allí donde la aceleración debida á la pesantez es de 981 centímetros por segundo, el peso

de 1 gramo equivale á 981 dinas. Se necesitarán, pues, en ese lugar 981 ergs para levantar 1 gramo á 1 centímetro. El erg es, por tanto, la 981^a parte del gramo-centímetro ó la 98.100.000^a parte del kilográmetro.

Pero el traslado de un cuerpo pesado siguiendo cierta longitud puede efectuarse sin la intervención de un motor visible; por ejemplo, cuando un cuerpo cae en caída libre. En este caso el trabajo se manifiesta mientras la duración de la caída del cuerpo por la velocidad que adquiere. La velocidad debe, pues, permitirnos también medir el trabajo. En efecto, levantando el cuerpo, le hemos *suministrado* cierta cantidad de energía equivalente al trabajo efectuado. Si ahora abandonamos el cuerpo á sí mismo, *cae*, y la energía que contiene se gasta durante la caída y se manifiesta por la *aceleración*, es decir, por el aumento de velocidad.

Poco antes, la energía era una *fuerza* que producía un traslado, ahora es una *masa* que tiene una *velocidad*. De *dinámica* (*dunamis*=fuerza), se ha convertido en *cinética* (*kinesis*=movimiento).

En el primer caso, el *erg* representa el trabajo producido por la unidad de fuerza

que obra á lo largo de la unidad de longitud; en el segundo representa la energía adquirida por un peso de 1 gramo que cae de 1 centímetro en un segundo, es decir, como veremos, la mitad del producto de la unidad de masa por el cuadrado de la unidad de velocidad.

En el primer caso, la energía corresponde al esfuerzo necesario para imprimir al cuerpo un movimiento. En el segundo representa el esfuerzo necesario para resistir á la acción del cuerpo en movimiento.

Energía cinética y energía potencial.

Pero si al caer el cuerpo encuentra en un instante dado un cuerpo resistente, un resorte por ejemplo, toda la energía cinética que contine se transformará en energía dinámica y esta energía efectuará un trabajo mecánico medible por la tensión del resorte; el resorte contendrá toda la energía que tenía el cuerpo en movimiento. El cuerpo, en el momento de su caída, contenía, pues, *en potencia* la cantidad de energía necesaria para modificar el estado del resorte. Esta energía en potencia se llama *energía potencial*.

La energía cinética no puede, pues,

transformarse en energía potencial sino por la anulación del movimiento. La energía potencial no puede transformarse en energía cinética sino por la anulación de la fuerza que obra sobre el cuerpo.

En esas transformaciones de energía hay algo que no cambia, la energía del sistema, tanto si está en movimiento como si está en reposo.

CAPÍTULO IV

FORMAS DE LA ENERGÍA

La energía.

Como ya hemos dicho, las propiedades ó cualidades de los cuerpos, por las cuales nuestros sentidos nos permiten percibir los objetos exteriores, son formas diferentes de la energía. Consideramos ésta como un esfuerzo que se manifiesta por un trabajo.

La energía se transmite de un cuerpo á otro, sea inmediatamente por el contacto ó el choque, sea á distancia por conducción, convección ó radiación.

Para explicar lógicamente, por la noción experimental de la energía, los diferentes fenómenos que observamos en los cuerpos, podemos dar de las diferentes formas de la energía la clasificación siguiente:

I.—LA ENERGÍA DE FORMA, dividiéndose ella misma en *energía de superficie* y *energía de volumen*;

II.—LA ENERGÍA DE SITUACIÓN, comprendiendo la *energía de distancia* y la *energía de movimiento*.

Estos dos primeros grupos pueden considerarse como constituyentes de la *energía mecánica*.

III.—LA ENERGÍA TÉRMICA;

IV.—LA ENERGÍA LUMINOSA;

V.—LAS ENERGÍAS ELÉCTRICA Y MAGNÉTICA.

A estos tres grupos de energía, que se manifiestan por medio de radiaciones, se refieren todas las energías poco conocidas aún que dan lugar á los fenómenos de los *rayos X*, de la *luminiscencia*, de la *fluorescencia*, etc.

VI.—LA ENERGÍA QUÍMICA;

VII.—LA ENERGÍA INTERNA, cuyas manifestaciones se refieren á las modificaciones internas del estado de los cuerpos;

A estas formas de energía conviene añadir:

VIII.—LA ENERGÍA VITAL;

IX.—LA ENERGÍA INTELECTUAL;

X.—LA ENERGÍA SOCIAL.

Lo que caracteriza todas las formas de energía es la reversibilidad de los fenómenos energéticos, y por consecuencia, la indestructibilidad, la transmisión y la conservación de la energía.

Energía de forma.

La forma de los cuerpos tiene tendencia á persistir en tanto que no se ejerce sobre ellos acción externa ó que no se le suministra energía exterior capaz de modificar su estado.

Así la forma de un cuerpo puede cambiarse por una acción mecánica ejercida sobre él. Por ejemplo, el trabajo mecánico que el escultor debe ejecutar para desvas-
tar el bloc de mármol, despojándole de los fragmentos con el cincel y puliendo las formas de la estatua, representa la parte de la *energía de forma* del bloc de mármol, que desaparece en la elaboración de la estatua, consistiendo la que subsiste en la estatua la diferencia entre la energía del bloc y la energía desaparecida.

Por otra parte, la disolución en el agua de un terrón de azúcar con forma determinada, muestra como puede obrar la energía química sobre la energía de forma.

Energía de superficie.

La energía de superficie se nos manifiesta por la resistencia que oponen los cuerpos á toda tentativa de modificación de sus su-

perficies y por ciertas acciones debidas á estas superficies.

Ejemplos: la adhesión de una gota de agua á una superficie lisa. Vemos la gota aumentar, alargarse y en cierto modo distenderse hasta el momento en que su energía de superficie no le permite ya resistir á las otras energías, especialmente á la pesantez.—Igualmente, en virtud de la energía de superficie, el aceite sube en una mecha y una burbuja de jabón puede resistir á presiones relativamente fuertes sin estallar.

La energía de superficie se manifiesta sobre todo en los líquidos. Sin embargo, la adhesión de dos cuerpos sólidos, cuyas superficies muy lisas se han aproximado todo lo posible, nos muestra que se manifiesta también en los cuerpos sólidos y á veces muy enérgicamente.

Energía de volumen.

Percibimos que un cuerpo ocupa cierto volumen en el espacio y que este volumen no puede variar sin que se ejerza sobre el cuerpo cierto trabajo medible. Así, si comprimimos el cuerpo, el volumen disminuye. El cuerpo posee, pues, una *energía de volumen*.

Esta energía se manifiesta muy claramente en los gases, en los que, para disminuir el volumen es necesario aumentar la presión y recíprocamente.

La energía de volumen es muy grande para los sólidos y los líquidos, más débil para los gases; es decir, los sólidos y los líquidos se comprimen más difícilmente que los gases.

Cuando un cuerpo pierde parte de la energía de volumen, ésta se transforma generalmente en energía térmica (elevación de temperatura de los cuerpos sólidos comprimidos, calentamiento del hielo hasta la fusión por la presión, eslabón de aire). Recíprocamente, cuando la energía de volumen aumente, se transforma generalmente en energía mecánica (ruptura de los vasos cerrados cuando el agua se congela aumentando de volumen, fuerza expansiva de los gases y de los vapores, etc.)

Energía de distancia.

En cuanto dos cuerpos se hallan en presencia, existe entre ellos una relación que se manifiesta por su distancia. Toda modificación en esta distancia implica un trabajo empleado, sea en acercarlas, sea en

alejarlas. Su distancia actual es, pues, una forma de energía, puesto que no puede ser modificada sino por trabajo, y la cantidad de *energía de distancia* contenida en el sistema de los dos cuerpos es representada por la cantidad de trabajo necesario para acercarlos hasta que su distancia sea nula.

Luego nos damos cuenta de que el trabajo necesario para acercarlos será tanto mayor cuanto más alejados estén, suponiendo que tengan la misma masa. La energía, pues, de distancia es proporcional á la distancia de los cuerpos. Para dos cuerpos de masas diferentes, el trabajo necesario para acercarlos será tanto mayor cuanto la masa de cada cuerpo será mayor. Pues, la energía de distancia de dos cuerpos es proporcional á su masa. De aquí se sigue que la energía de distancia existente entre dos cuerpos es proporcional al producto de sus masas y á su distancia.

El hecho solo de que dos cuerpos se hallen en presencia implica que existe una cierta cantidad de energía de distancia en el sistema que forman. Toda modificación en su distancia implicará una transformación de esta energía, que se manifestará por la producción ó la desaparición de

una cantidad equivalente de energía bajo forma de energía de movimiento.

La energía de distancia difiere esencialmente de lo que se llama la *atracción*.

En efecto, la atracción se supone que *emana de un cuerpo y obra á distancia*, es decir, que obra allá donde no está el cuerpo, para atraer hacia sí los otros cuerpos, sin tener en cuenta el medio que les rodea.

Al contrario, la energía de distancia que existe entre un sistema de dos cuerpos (ó de varios cuerpos) *no se manifiesta sino cuando los dos cuerpos están en presencia* cualquiera que sea su distancia: cuanto más alejados están mayor es su energía de distancia. La energía de distancia se extiende á todo el espacio. Si los cuerpos se aproximan, es porque una parte de energía de distancia se transforma en energía de movimiento. Cuanto más se acerquen mayor será la cantidad de energía de movimiento procedente de la energía de distancia transformada y por consiguiente mayor será la velocidad del movimiento.

Si, pues, se considera *uno de los cuerpos como fijo, el otro, acercándose cada vez más deprisa, aparecerá cada vez más atraído por él.*

De este modo se ve cómo se ha podido, considerando primeramente el fenómeno de la caída de los cuerpos hacia la tierra, atribuir á una fuerza procedente de la tierra sola el resultado de una modificación en la energía de distancia del sistema de la tierra y del cuerpo, transformada en energía de movimiento. En la época en que Newton estableció las leyes de la gravitación, basándose sobre las observaciones de Galileo relativas á la caída de los cuerpos, era imposible dar otra explicación.

Por lo demás Newton tuvo gran cuidado de no hacer hipótesis alguna sobre la causa del movimiento.

Peso.

Siendo la tierra un cuerpo como otro cualquiera, para separar de ella un cuerpo de cierta masa, se necesitará hacer un esfuerzo para levantar los cuerpos que están en su superficie. Siendo constante la masa de la tierra, el esfuerzo será tanto mayor cuanto mayor sea la masa del cuerpo.

Este esfuerzo lo medimos por el *peso* de los cuerpos. Se comprende ahora cómo el peso de un cuerpo es proporcional á su *masa*.

Pesantez.

Observamos que, para levantar un cuerpo á cierta altura, es preciso ejercer sobre él un esfuerzo proporcional á su masa. Se ha acostumbrado á llamar *pesantez* á la energía de distancia que se ejerce entre los cuerpos y la tierra, y á considerar esta forma de energía como una *fuerza* debida á la acción de la tierra. Por consecuencia se dice que la tierra ejerce sobre los cuerpos una acción atractiva debida á la *pesantez*.

Medida del peso.

El peso de un cuerpo es la medida de la energía de distancia que se manifiesta entre el cuerpo y la tierra. Se comprende ahora por qué el *peso* de un mismo cuerpo varía según su distancia á la tierra, y no se mide en unidades absolutas por el gramo, que es un peso y que, por consecuencia, varía él mismo.

En virtud de una ley mecánica, la acción ejercida por un cuerpo puede suponerse siempre que emana del centro del cuerpo. Luego como la tierra es un esferoide que tiene por término medio 6.300.000 metros de diámetro, se deduce de ese hecho que, para cortas distancias, de 1 á 1.000 me-

tros, por ejemplo, la diferencia que produce la distancia del cuerpo á la superficie de la tierra es menor que la seismilésima parte de su peso. Es, pues, en general demasiado débil para que nuestros sentidos puedan darse cuenta de ella.

Se ha podido, pues, considerar durante mucho tiempo el peso de un cuerpo como constante, y no darse cuenta de la disminución del radio de la tierra entre el ecuador y el polo, ni de la altura á que se eleva en un mismo lugar. (El peso de un cuerpo es en el polo 0,00512 veces mayor que en el ecuador.)

El peso no puede, pues, servir de *unidad*, sino prácticamente y en lugar determinado. Por eso es necesario decir, si se quiere definir la unidad de peso usual: *el GRAMO es el peso, en PARÍS, de un centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4 grados.*

Pero la *masa* de un centímetro cúbico de agua á una temperatura dada queda siempre la misma.

Unidad práctica de trabajo.

En todo caso, como ya hemos visto, el peso de un cuerpo puede servir de elemen-

to para medir el *trabajo* que necesita su traslado. Por tanto, la unidad práctica de trabajo es el *kilográmetro* ó el *trabajo necesario para elevar un peso de un kilogramo á un metro de altura en un segundo*.

Transformación de energía de
distancia en energía de movimiento.

Sea un cuerpo pesado. Para levantarle á cierta altura, se necesita comunicarle cierta cantidad de energía, medida por el trabajo necesitado para levantarle á esta altura, ó sea el producto del peso por la distancia.

Llegado á cierta altura, el cuerpo *contendrá* esta energía. Abandonémosle á sí mismo: la energía que contiene se transformará en *energía de movimiento* y el cuerpo se aproximará á la tierra con una velocidad tanto mayor cuanto que habrá transformado más energía de distancia en energía de movimiento, es decir, quedando las masas constantes, con una velocidad tanto mayor cuanto más haya disminuído la distancia. Así es como podemos comprender que todos los cuerpos *caen* hacia la tierra con una velocidad tanto mayor cuanto mayor es la duración de la caída. Variando la velocidad como la duración de la caída, aumenta con

el tiempo, y, cuando el cuerpo llega á la superficie de la tierra, su velocidad es tanto mayor cuanto más tiempo hace que cae. Su velocidad aumenta, pues, á cada instante y es, al final de cierto segundo, mayor que la que era al principio de ese mismo segundo. Este aumento de velocidad durante la caída es la *aceleración*. En París es de 981 centímetros por segundo.

Se sigue de ahí que el cuerpo que cae en París en caída libre, es decir, sin velocidad inicial, tiene al final del primer segundo una velocidad de 9 m. 81 c.; pero esta velocidad la ha adquirido durante su caída, puesto que al principio tenía una velocidad nula. En otros términos, pasado el primer segundo, el cuerpo sería capaz de recorrer 9 m. 81 en un segundo, si la pesantez no obrase ya sobre él y si, como consecuencia, cesase la aceleración. Como demostraremos en la energética, habrá recorrido efectivamente en París, durante el

	1. ^{er} segundo de caída.		4^m90
Al cabo del	2. ^o	—	$4^m90 \times 4$
—	3. ^o	—	$4^m90 \times 9$
—	4. ^o	—	$4^m90 \times 16$
—	5. ^o	—	$4^m90 \times 25$

y en general, al cabo de un nú-

mero t de segundos habrá recorrido $4^m90 \times t^2$

y como 4 m. 90 es la mitad de la aceleración de 9 m. 81, llegamos á una fórmula general que nos permite hallar el espacio e recorrido en un tiempo t cuando se conoce la aceleración g

$$e = \frac{1}{2} g \times t^2$$

Ejemplo: En París un cuerpo que cayese durante un minuto (60 segundos), recorrería un espacio igual á

$$\frac{9^m81}{2} \times 60^2 = 4^m905 \times 3.600 = 17.658 \text{ m.}$$

La velocidad adquirida al cabo de un tiempo dado es proporcional al tiempo empleado en adquirirla. Por tanto, en París, un cuerpo que cae en caída libre ha adquirido:

al cabo del	1. ^{er}	segundo	una	velocidad	de	9 ^m 81	por	segundo
—	2. ^o	—	—	9 ^m 81	×	2	—	—
—	3. ^o	—	—	9 ^m 81	×	3	—	—
—	4. ^o	—	—	9 ^m 81	×	4	—	—
—	5. ^o	—	—	9 ^m 81	×	5	—	—

y, en general, al cabo de un tiempo t una velocidad de $9^m81 \times t$

Si denominamos v la velocidad, tendre-

mos, por la velocidad adquirida al cabo de un tiempo t

$$v = g \times t$$

Por tanto, en París, la velocidad de un cuerpo que cayera en caída libre durante un minuto (60 segundos) sería, al fin del primer minuto de $9 \text{ m. } 81 \times 60 = 588^{\text{m}}60$ por segundo.

Se ve inmediatamente que el trabajo, siendo el producto de la masa ó del peso por el traslado, el trabajo ó la energía de un cuerpo pesado que cae de gran altura debe de ser muy grande. Su energía de distancia, en su caída, se transforma en energía de movimiento. La cantidad de energía de movimiento se mide entonces por la mitad de la masa del cuerpo multiplicado por el cuadrado de la velocidad.

De modo que al cabo de 10 segundos, en París, un cuerpo que pesara 2 gramos y cayera en caída libre tendría una energía representada por

$$\frac{2}{2} \times (981 \times 10)^2 = 1 \times 9.810^2 \\ = 96.236.100 \text{ gr. c}^{\text{m}}$$

ó sea 962 kilográmetros 361 ó 12 caballos vapor 83.

Supongamos que el cuerpo, en este momento, sea detenido bruscamente, ¿qué se

hará de la energía que contiene? No puede ser destruída; se transformará.

Transformación de energía de movimiento en energía mecánica.

Si cayese el cuerpo sobre un resorte perfectamente elástico, le comprimiría, comunicándole así una cantidad de *energía mecánica* igual á la que se necesitaría gastar para mantener el resorte en ese estado de compresión.

Si cayese el cuerpo sobre un cuerpo blando, le deformaría. Casi toda su energía se emplearía en esta deformación y una débil parte en una elevación de temperatura.

Vemos un ejemplo de transformación de energía de movimiento en energía mecánica, en la caída del *pilón* empleado para plantar las estacas destinadas á las construcciones sobre pilares.

En las prensas de acuñar moneda, se transforma la energía de movimiento de un cuerpo pesado que cae de cierta altura, en energía mecánica, que, á su vez, se almacena en la *forma* de medalla.

El movimiento de las agujas de un reloj puede ser producido por la caída de un peso.

La caída del agua sobre una rueda de molino ó sobre una turbina sirve para transformar la energía de movimiento del agua en energía mecánica y se utiliza como *fuerza motriz* para comunicar la energía mecánica á diversos aparatos que utilizan esta energía.

La energía de movimiento puede transformarse en energía mecánica en otros casos diferentes de aquellos en que se manifiesta por la caída de un cuerpo. Todo cuerpo que tenga una masa y se halle animado de una velocidad, posee una cantidad de energía igual á la mitad del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad y, por consiguiente, si consideramos un cuerpo que gira alrededor de un eje fijo, aumentando en cada momento la velocidad, aumentará la energía, y la acción recíproca del eje y del cuerpo móvil será cada vez mayor. En tanto que la energía del centro ó del eje sea igual á la del cuerpo en movimiento, éste quedará á una distancia constante del eje; pero en cuanto la energía del cuerpo sea mayor que la del eje ó recíprocamente, tenderá á tomar un movimiento propio con una velocidad que será determinada por la diferencia de las dos

energías y dirigida en el sentido de la mayor.

En el caso en que el cuerpo se dirige hacia el eje ó el centro de rotación, se le dice animado de un *movimiento centrípeto*; en el caso contrario, se le dice animado de un *movimiento centrífugo* y se le atribuye el movimiento en un sentido ó en otro á una fuerza centrípeta ó centrífuga. La fuerza centrípeta es dirigida hacia el centro siguiendo un radio del círculo descrito por el cuerpo. La fuerza centrífuga es dirigida siguiendo la tangente del círculo descrito por el cuerpo.

Cuando un cuerpo pesado gira alrededor de un centro fijo con gran velocidad, la energía del cuerpo es generalmente la mayor. De ello encontraremos numerosos ejemplos: en la piedra de una honda, las ventiladoras, las turbinas, los reguladores de bolas de las máquinas, etc., cuyo empleo nos muestra la transformación de energía de movimiento en energía mecánica, al mismo tiempo que la entrada en acción de lo que se llama la fuerza centrífuga. Como ejemplo de fuerza centrípeta, podemos citar todos los casos en que se utiliza la caída de los cuerpos para producir un movimiento.

El hecho de que, en la medida de la energía, el factor velocidad entre en el cuadrado, nos explica cómo la energía centrífuga puede llegar á ser mayor si el cuerpo está animado de una gran velocidad. Se sabe además que si la velocidad de rotación de la tierra alrededor de los polos fuese 17 veces mayor que lo que es, la energía centrífuga que tomarían en virtud de esta velocidad, los objetos situados en la superficie de la tierra, sería precisamente igual á la velocidad centrípeta, y así se destruiría sobre ellos la acción de la pesantez.

Gravitación universal.

La energía de distancia adquirida por los astros en el curso de su evolución puede transformarse en energía de movimiento. Si dos cuerpos estuviesen solos en presencia, el más ligero caería sobre el más pesado; pero si interviniese un tercer cuerpo, modificaría inmediatamente el movimiento y se establecería una nueva relación.

Así es como estudiando el movimiento de la luna, determinada á la vez por la presencia del sol y de la tierra, y aplicando sus observaciones y sus cálculos á los otros

planetas, Newton pudo formular su ley: «*Todo sucede como si los cuerpos se atrajesen recíprocamente en razón directa de sus masas y en razón inversa del cuadrado de sus distancias.*»

Transformación de energía de movimiento en energía térmica.

Dejando caer un cuerpo pesado desde cierta altura sobre un cuerpo duro y resistente, se puede transformar su energía de movimiento en *energía térmica*.

Así una bola de plomo que caiga de muy alto sobre una plancha de hierro, se deforma, *se calienta y calienta la plancha*.

Una parte de la energía de movimiento se ha transformado en calor, el resto se ha empleado en deformar la bala, es decir, ha sido transformado en energía mecánica.

Del mismo modo cuando un obrero abre un agujero en una plancha metálica por medio de un berbiquí, la barrena y la plancha se calientan. La energía gastada por el obrero se transforma en energía mecánica y en energía térmica.

Transformación de energía térmica en energía luminosa.

Hemos visto transformarse la energía del movimiento en energía mecánica y ésta en energía térmica. Basta calentar al rojo un trozo de hierro para transformar la energía térmica en *energía luminosa*. Puede verse un ejemplo en los manguitos de Auer, en que ciertos cuerpos, llevados á una temperatura muy elevada por la llama del gas, se hacen *incandescentes*, es decir, irradian una cantidad considerable de energía luminosa.

Energías eléctrica, magnética y luminosa.

Ya en la más remota antigüedad se observó que un trozo de ámbar ó de cristal frotado atraían hacia sí los cuerpos ligeros y les comunicaban movimiento. La electricidad es, pues, una forma de energía.

La máquina eléctrica de círculo de cristal demuestra la transformación de la energía de movimiento en *energía eléctrica*, cuyos poderosos efectos son conocidos. La pila de Nobili, la pila de Clamond, y muchas otras, transforman la energía térmica en energía eléctrica.

Se sabe también que el imán puede producir poderosos efectos mecánicos levantando cuerpos muy pesados. Desde Ampère se sabe que acercando un imán á un alambre de cobre arrollado se puede producir en ese alambre una corriente eléctrica y que, recíprocamente, la acción de una corriente sobre un trozo de hierro dulce puede desarrollar en ese trozo de hierro la *energía magnética*. Un ejemplo de ello lo vemos en la telegrafía eléctrica (aparato de Morse).

Un rayo de luz ha recibido sobre una placa de selenio unido á un galvanómetro, da lugar á la producción de una corriente eléctrica, transformando así su *energía luminosa* en electricidad.

Del mismo modo una corriente eléctrica puede calentar un alambre de platino, hasta la incandescencia, produciendo así calor y luz.

Cuando se hace girar entre los polos de un imán un núcleo de hierro al que se arroлла un alambre de cobre, se produce en este hilo una corriente eléctrica (máquina de Gramme). Si en vez de emplear un imán empleamos una corriente, obtendremos en el alambre una segunda corriente. Este es

el principio de las máquinas dinamo-eléctricas.

Así, la energía eléctrica, como la energía magnética, puede producir energía eléctrica. Esos son los fenómenos de inducción.

Sábese cómo la corriente eléctrica producida por la pila, resulta transformación de energía química. Recíprocamente, toda corriente eléctrica que obre sobre un cuerpo compuesto, producirá una descomposición química, cuya intensidad será proporcional, como veremos, á la intensidad de la energía eléctrica puesta en juego.

La corriente de un dinamo, en una estación central, puede, á la vez, calentar é iluminar todo un barrio, asegurar la marcha de tranvías y mover máquinas en que se emplee la energía eléctrica á las reacciones químicas.

Energías internas.

Si calentamos un trozo de hielo modificamos su estado interno. Cambia su forma y se convierte en agua. Podría llegarse al mismo resultado por un trabajo mecánico empleado en modificar al estado interno del hielo (la presión, por ejemplo).

De la misma manera el calor transforma

el agua en vapor, aumentando la energía de volumen, otra forma de la *energía interna* del vapor. Esta última, por sí misma, puede, si se le calienta, producir energía mecánica.

Energías químicas.

Por último, la fotografía nos muestra á cada instante transformaciones químicas efectuadas bajo la acción de la luz, del mismo modo que los fenómenos de la pila nos muestran descomposiciones químicas transformadas en corriente eléctrica.

La galvanoplastia, recíprocamente, nos muestra cómo se puede emplear la *energía eléctrica* para obtener una acción química.

Reversibilidad de las energías.

Toda manifestación de la energía es *reversible*, es decir, que si empleamos, por ejemplo, cierta cantidad de trabajo mecánico para obtener calor, recíprocamente podremos, por el empleo del calor producido, encontrar nuevamente la misma cantidad de trabajo mecánico, contando, por supuesto, con las pérdidas de trabajo útil debidas á la frotación, á la resistencia de los conductores, á la radiación, etc.

Conservación de la energía.

En todas estas transformaciones, las cantidades de energía presentes se conservan á través del ciclo de las modificaciones producidas; ó de otro modo: la suma de las energías presentes queda constante.

Esta es una de las leyes naturales más importantes. Su enunciado se debe á Jules-Robert Mayer, médico de Heilbronn, que la formuló en 1842. Los trabajos de Joule y de Helmholtz han permitido verificar su exactitud.

CAPÍTULO V

LOS CUERPOS Y LA MATERIA

La Materia.

Acabamos de ver que las diferentes propiedades de los cuerpos (forma, resistencia, peso, movimiento, color, temperatura, cohesión, caracteres químicos, etc.) no son otra cosa que el resultado de las transformaciones de la energía percibidas por nuestros sentidos.

No podríamos, pues, formar concepto de los cuerpos si se les despojase de sus propiedades. Sin embargo, por una costumbre que nos ha quedado como resto de las seculares discusiones metafísicas, se suele designar con el nombre de *materia* lo que serían los cuerpos despojados por el pensamiento de todas sus propiedades.

Hemos visto que la sola propiedad invariable de los cuerpos es la *masa*. En consecuencia, se ha hecho de la masa la única propiedad persistente de los cuerpos en la materia. Es una costumbre intelectual que los descubrimientos químicos han generalizado y que se ha conservado hasta el presente.

Conservación de la materia.

Del hecho, comprobado por todos los experimentos, que á través de todas las transformaciones químicas á que puedan someterse los cuerpos, la suma de las masas existentes permanece *constante*, se ha deducido la ley de la *conservación de la materia*.

Como hasta aquí no se han podido hacer constar más que transformaciones de cuerpos á través de las cuales no variaba la suma de las masas, y por otra parte no se ha podido sino transformar cierto peso de un compuesto en peso igual de sus componentes, sin crear ni destruir ningún peso, se ha inferido la *indestructibilidad de la materia*.

Cuerpos simples

y cuerpos compuestos.

La química ha permitido reconocer que todos los cuerpos que han podido descomponerse se resolvían finalmente en cierto número de cuerpos que, hasta el día, no han podido ser descompuestos y vienen á ser *actualmente* en número de 80. Se les llama *cuerpos simples*. Sus propiedades difieren de uno á otro.

Los cuerpos que se pueden descomponer

en cuerpos simples se llaman *cuerpos compuestos*.

Atomos.

Si se admite que la materia no es indefinidamente divisible, hay necesidad de suponer que en el límite extremo de divisibilidad se hallan partículas últimas de materia. A esas últimas partículas se les da el nombre de *átomos*.

La hipótesis de los átomos implica necesariamente, para explicar la constitución de los cuerpos, la hipótesis del *éter*, fluido imponderable que separa los átomos unos de otros y penetra todos los cuerpos. Estas dos hipótesis (átomos, éter) son cómodas para explicar ciertas propiedades de los cuerpos y los fenómenos de elasticidad, de calor, de luz, de electricidad, de magnetismo, etc. Se trata del *átomo físico*.

Pero el átomo físico no basta para explicar las diferencias que existen entre los diversos cuerpos simples. Hemos sido conducidos á admitir que los átomos, esas partículas las más pequeñas de la materia diferían de naturaleza entre sí. Unas consideraciones de orden químico basadas sobre la persistencia de la masa á través de las diferentes

transformaciones que sufren los cuerpos, han conducido á formar la hipótesis de que los átomos de los diversos cuerpos simples tenían masas diferentes. Así se explica que *la suma de las masas componentes de un cuerpo es siempre igual á la masa del compuesto*, por la hipótesis de que el compuesto contiene un número determinado de átomos de cada uno de esos componentes y que cada uno de esos átomos tiene un peso invariable, diferente de un cuerpo simple á otro. Se supone, por ejemplo, que las masas de dos átomos de hidrógeno y de oxígeno son diferentes y que, si se representa por 1 la masa del átomo de hidrógeno, la masa del átomo de oxígeno debe de ser representada por 16, la del azoe por 14, la de carbono por 12, la del cloro por 35,5 etc., etc. Estas cifras indican sencillamente la relación hallada entre las masas de los cuerpos *llamados simples* comparadas con la masa del átomo de uno de ellos tomado como unidad. Son, pues, relaciones numéricas que expresan, no la masa real de un átomo de un cuerpo simple, sino las relaciones probables existentes entre las masas que reaccionan unas sobre otras en las combinaciones estudiadas.

Siendo la masa una de las propiedades esenciales de los cuerpos, compréndese que la masa atómica es uno de los caracteres más importantes á cuyo rededor se agrupan todas las propiedades del cuerpo. Como no conocemos nunca directamente la masa de un cuerpo, sino solamente su peso, se acostumbra definir los cuerpos simples por su peso atómico.

Mendeleïeff ha podido, no sólo agrupar los cuerpos simples en series según sus pesos atómicos, sino determinar muy exactamente las propiedades comunes á esas diferentes series y formular tablas suficientemente precisas para hacer que desaparecieran ciertas lagunas comprobadas entre dos cuerpos simples consecutivos por el descubrimiento de cuerpos nuevos cuyo peso atómico correspondía al peso atómico calculado para el cuerpo simple que faltaba á la serie.

Como en la hipótesis de los átomos se supone á éstos animados de movimientos propios extremadamente rápidos y que se resumen en rotaciones y en traslaciones ó vibraciones, se concibe como las diferencias de un átomo á otro permitan explicar las diferencias en las propiedades de los cuer-

pos. En efecto, siendo la energía de movimiento la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad, basta que dos átomos tengan una masa y una velocidad diferentes para que sus energías sean diferentes y se manifiesten por propiedades diferentes. Estas consideraciones permiten concebir la transformación de la energía de movimiento en energía química y concebir también como todas las manifestaciones de energía química varían tan considerablemente de un cuerpo simple á otro. Así, el hecho de que los átomos de dos cuerpos simples de especie diferente forman una combinación por la acción del uno sobre el otro, se reduce á una acción energética. Durante mucho tiempo se había creído explicar este hecho diciendo que esos átomos tenían *afinidad* el uno por el otro, lo que no explicaba nada.

La masa es uno de los factores de la energía de movimiento, y actualmente ignoramos si ella misma es la resultante de otras formas de energía. Nada impide suponer que la masa atómica no difiera de un cuerpo simple á otro más que porque sea la resultante de energías de intensidades diferentes que se hayan manifestado en la

época remota en que los cuerpos simples se constituyeron.

Moléculas.

Como acabamos de ver, el átomo (trátase del átomo físico ó del átomo químico) es inaccesible á nuestros sentidos y no es en realidad más que una hipótesis que ofrece una gran comodidad para la inteligencia de lo que puede ser la especie química. Pero en cuanto llegamos á los cuerpos compuestos, nos vemos obligados á admitir que se componen de átomos de diferente naturaleza, unidos los unos á los otros por efecto de las energías químicas.

Así sabemos que el agua se compone de oxígeno y de hidrógeno unidos en proporciones siempre iguales. La más pequeña cantidad de agua que podemos concebir no está, pues, formada de átomos de agua, sino de agrupaciones de átomos de oxígeno y de hidrógeno. De aquí se ha llegado á la hipótesis molecular, según la cual la más pequeña parte de un cuerpo compuesto ha de ser una agrupación de los átomos de los cuerpos simples unidos en ciertas proporciones. En efecto, si continuamos tomando por ejemplo el agua, los fenómenos quími-

cos nos obligan á deducir que la molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno y de un átomo de oxígeno, unidos para formar una molécula de agua. La masa molecular, es decir, la masa de la molécula de agua, es la suma de las masas atómicas del hidrógeno y del oxígeno.

Consideraciones químicas, basadas sobre los fenómenos que acompañan la formación de los cuerpos compuestos, nos obligan á explicar esta formación admitiendo que, en algunos casos, los átomos de ciertos cuerpos simples no pueden mantenerse aislados y deben agruparse con átomos de la misma naturaleza para formar moléculas homogéneas. Así no podemos suponer la existencia en estado aislado de un átomo de hidrógeno ó de un átomo de cloro, sino moléculas compuestas de dos átomos de hidrógeno y de dos átomos de cloro.

Por otra parte nos vemos obligados á admitir que en la formación de la molécula, los átomos no desempeñan todos la misma misión y que, por ejemplo, ciertos átomos, como los del hidrógeno, pueden unirse uno á uno con otros átomos (por ejemplo los del cloro), mientras que, para unirse con un

átomo de otros cuerpos necesita 2, 3, 4, átomos de hidrógeno ó de cloro. Así el átomo de azufre, el átomo de oxígeno no se unen, para formar una molécula, sino á 2 átomos de hidrógeno, el átomo de azoe á 3 átomos de hidrógeno, el átomo de carbono á 4 átomos de hidrógeno, etc.

Se concibe, sin que entremos en detalles que se encontrarán en la química, que, en estas condiciones, la molécula es una agrupación de átomos en que, no sólo la naturaleza de los átomos, sino su posición los unos con relación á los otros, puede tener un carácter de la mayor importancia. Así veremos muchos ejemplos de cuerpos cuyas moléculas, compuestas de los mismos átomos, sólo tienen una propiedad común, la de la masa, y difieren por todas las demás propiedades. Concíbese perfectamente que siendo la situación y la distancia de dos átomos factores de su energía, el conjunto de energía que constituye una molécula varía con la posición de esos átomos cuyas masas quedan invariables. *La molécula puede, pues, ser considerada como la resultante de las energías de los átomos.* Por tanto, la unión de los átomos, para formar la molécula, no utilizando más que una parte de

las energías atómicas, queda libre cierta cantidad de energía que se manifiesta bajo las diferentes formas de energía molecular (estado de agregación, formas cristalinas, calor específico, poder rotatorio, capacidad eléctrica ó magnética, etc.). Siendo el cuerpo la suma de todas las moléculas, sus propiedades se deducen de las de la molécula; pero como la masa de la molécula no es otra cosa que la suma de las masas de los átomos, la masa molecular del cuerpo será la propiedad que persistirá á través de todos los cambios de estado que no dependan sino de la juxtaposición de los elementos atómicos. Esta masa no podrá ser destruída sino cuando el edificio molecular sea él mismo destruído y sus materiales los átomos entren en nuevas combinaciones con átomos nuevos procedentes de otras moléculas. Estas modificaciones, ya sean debidas á un nuevo arreglo atómico en las moléculas, ya á nuevas combinaciones, no pueden producirse sino por la acción de energías exteriores y con la libertad de energías moleculares y atómicas.

Así se explica que cuerpos *isómeros* (es decir, que tienen la misma composición química, pero no la misma estructura ató-

mica) puedan tener el mismo peso molecular con propiedades muy diferentes.

El estudio de la química nos mostrará las transformaciones de las diversas energías atómicas y moleculares en sus combinaciones más variadas.

Energías atómicas y moleculares.

Aplicando así la noción de energía á los átomos y á las moléculas dotadas de *masa*, es decir, capaces de transformar su energía de situación en energía de movimiento, se puede explicar las acciones que se suponen ejercidas entre los átomos de los cuerpos simples y entre las moléculas de los cuerpos compuestos. Las energías que se ejercen entre las moléculas permiten explicar todos los fenómenos de *cohesión*, de *elasticidad*, etc., como las energías atómicas permiten explicar los fenómenos antes atribuidos á la *afinidad*.

De este modo se comprende que las propiedades químicas de los cuerpos no son sino formas de la energía, como sus propiedades físicas. La física y la química no deben ya ser consideradas sino como ramas particulares de la mecánica general ó *energética*.

CAPÍTULO VI

LA SUBSTANCIA

Conservación de la energía y de la materia.

La única base experimental sobre la cual podemos fundar nuestros razonamientos es la existencia de la *energía*, y la palabra *materia* no significa más que *cuerpos despojados de todas sus propiedades que no sean la de poseer la MASA.*

Esto sentado, podemos decir que todo lo que la experiencia, verificada por el cálculo é ilustrada por el razonamiento, nos permite hacer constar y prever, todo cuanto todas las hipótesis comprobadas y comprobables formuladas hasta el día nos obligan á admitir, es *que á través de todas sus modificaciones, la materia y la energía se transforman, pero no pueden ser en ningún momento creadas ni destruídas.*

Este es el principio de la *conservación de la materia y de la energía.*

¿Cuándo sucede algo?

NADA SUCEDE EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL UNIVERSO, SI EN AQUEL PUNTO NO SE PRODUCE UNA MODIFICACIÓN DE LA MATERIA Y DE

LA ENERGÍA NO COMPENSADA POR UNA MODIFICACIÓN EQUIVALENTE Y CORRELATIVA EN OTRO PUNTO.

LO QUE SUCEDE TIENDE Á RESTABLECER EL EQUILIBRIO.

La suma de la materia y la de la energía no varía jamás.

Inseparabilidad de la materia **y de la energía.**

Si hemos separado hasta aquí, y si en lo sucesivo llegamos á separar la materia y la energía, es sólo en razón de las necesidades del lenguaje y para la facilidad del razonamiento.

La palabra *materia*, para nosotros significa solamente la reunión de los átomos sin distinción de propiedades y sencillamente caracterizada por la masa.

Materia ponderable **y materia imponderable.**

De las definiciones que hemos dado de la *masa* y del *peso*, resulta que unos cuerpos, sustraídos á la pesantez, no tienen ya *peso*, aunque conservando una *masa*. El experimento de Plateau, como veremos en física, da la prueba de ello.

Puede, pues, concebirse un estado en que algo *carezca de peso* pero tenga una *masa*. Es un estado que podemos concebir pero que difícilmente podemos representarnos, porque, para nosotros, todos los cuerpos que conocemos, sometidos á la acción de la pesantez, tienen á la vez un *peso* y una *masa* proporcionales.

Si la masa de partículas en movimiento es en extremo débil, como en los experimentos de Crookes sobre la *materia radiante*, el movimiento de estas partículas puede entretanto, y la experiencia lo prueba, ser rápido en extremo.

La energía del movimiento es, lo hemos visto, el semiproducto de la masa por el cuadrado de la velocidad. Se puede, pues, concebir que cada partícula de este género posee una gran cantidad de energía, aunque sólo tenga una masa muy pequeña. Lo prueban los experimentos de Crookes sobre los efectos mecánicos de los gases extremadamente rarificados, los de Lorentz sobre los electrones, de Lenard sobre los rayos catódicos, de Röntgen sobre los rayos X, de Lebón sobre la disociación de la materia.

Se concibe así que la ponderabilidad de

los cuerpos pueda no ser percibida por nosotros, sin que por eso sea atenuada su energía.

Concíbese que, por un abuso de las palabras, pero muy lógicamente, se puede hablar de materia imponderable.

A esa *materia imponderable* se le denomina *éter*, y sobre esa noción se funda la hipótesis de que antes hemos hablado y que permite explicar los numerosos fenómenos de la luz, de la electricidad, del calor, de la elasticidad, etc.

Hemos visto como se podía experimentalmente pasar de la concepción de la materia ponderable á la del éter.

¿Se puede pasar recíprocamente de la hipótesis del éter á la de la materia ponderable?

Supongamos dos partículas *sin peso*, pero teniendo una masa tan pequeña como podemos concebirla (éter), y poseyendo una velocidad considerable en extremo, como las muestran las vibraciones químicas de la parte ultra violeta del espectro, que pueden alcanzar miles de trillones por segundo, su energía, donde esas velocidades figuran en el cuadrado, será *enorme*, por pequeña que sea su masa.

Basta la suposición de hallarse en presencia de esas partículas de éter, á cualquiera distancia que sea, para que se manifieste entre ellas su energía de distancia, la que se cambiará inmediatamente en energía de movimiento y las dos partículas se encontrarán.

Las cantidades enormes de energía que habrán conservado darán nacimiento á una transformación, de que resultará una forma de energía nueva, común á las dos partículas reunidas ya en una sola.

Esta forma nueva de energía dará al cuerpo sus propiedades nuevas, mecánicas y químicas, de las que resultará un *átomo* de materia que tenga peso.

Concíbese ahora cómo puede pasarse de la hipótesis del éter á la de los átomos ponderables (materia).

Pero el éter, el átomo y la materia misma no son más que hipótesis. La energía sola es un dato experimental y no conocemos más que *cuerpos*.

La substancia.

La palabra *materia* debe, pues, ser reemplazada por una palabra más general, *substancia*, y bajo ese término único puede

comprenderse LO QUE ES, es decir, á la vez los dos grupos de propiedades que definimos por las palabras *materia* y *energía*.

Se supone, pues, la substancia primordial constituida por partículas de éter, y éste animado de un movimiento, no de desplazamiento, sino de vibración. Estas vibraciones pueden alcanzar velocidades tales que los números que las representan no nos den clara idea de ellas. En afecto, ¿qué precisión puede tener para nosotros el número 734 trillones de vibraciones por segundo? ¡734.000.000.000.000! Ese número, sin embargo, es el correspondiente á la velocidad de las vibraciones más rápidas del éter que nuestro ojo percibe como luz violeta. Se sabe que los fenómenos químicos corresponden, en su mayor parte, á vibraciones del éter cuya velocidad es mayor aún.

Se sabe también que las velocidades inferiores á 477 trillones (477.000.000.000.000) de vibraciones por segundo, las más lentas que percibe nuestro ojo corresponden á los fenómenos térmicos.

El calor, la luz, los fenómenos de electricidad y de magnetismo y las reacciones químicas se atribuyen á los movimientos

vibratorios del éter. Hasta se supone que la luz, la electricidad y el magnetismo no son sino formas diferentes de una misma energía, basándose esta hipótesis sobre el hecho experimental que consiste en que la luz y la electricidad se propagan con la misma velocidad (300.000 kilómetros por segundo). Ciertos fenómenos en que el magnetismo obra sobre la luz permiten suponer que hay, por lo mismo, correlación íntima entre la energía luminosa y la energía magnética. Todo esto se desarrollará en la energética.

Podemos referir también la progresión de la substancia (*éter, materia, cuerpo*) á la progresión de los fenómenos químicos, eléctricos, luminosos, térmicos, mecánicos, etcétera, que perciben nuestros sentidos, y esos fenómenos á simples transformaciones de la energía.

Podemos, por consecuencia, dar una base sólida, á la vez experimental y racional, á nuestra concepción unitaria del universo. Esta concepción, para lo sucesivo, queda completamente dominada por la LEY DE LA SUBSTANCIA y puede formularse así:

La substancia del Universo es una é in destructible; nada se pierde; nada se crea; todo se transforma.

Todo fenómeno es el resultado de modificaciones materiales y energética en el estado de la substancia.

Así hemos llegado á este punto: El Universo es el conjunto de la substancia; esta substancia está dotada de energía que se manifiesta por el movimiento. El movimiento se presenta bajo dos formas (rotaciones, vibraciones) que se comunican á todo el conjunto. Pero las velocidades de estos movimientos son variables y sus efectos se manifiestan bajo formas diferentes. A ciertas velocidades de que están animadas dos partículas vecinas de éter corresponden cantidades dadas de energía. Los movimientos de estas dos partículas que producen su unión, la energía de que están animadas y que, en cada una de ellas es mayor ó menor, se transformará. De las dos partículas de éter se constituirá un átomo de materia, cuya masa será mayor ó menor según la cantidad de energía puesta en juego. Los átomos de materia ponderable resultan de esta unión de partículas de éter y su masa corresponde á la cantidad de energía de movimiento desarrollada por esas partículas.

Esta energía de movimiento puede trans-

formarse en energía de diferentes formas:

- 1.º Mecánica;
- 2.º Térmica;
- 3.º Lumínica, eléctrica y magnética;
- 4.º Química;
- 5.º Interna.

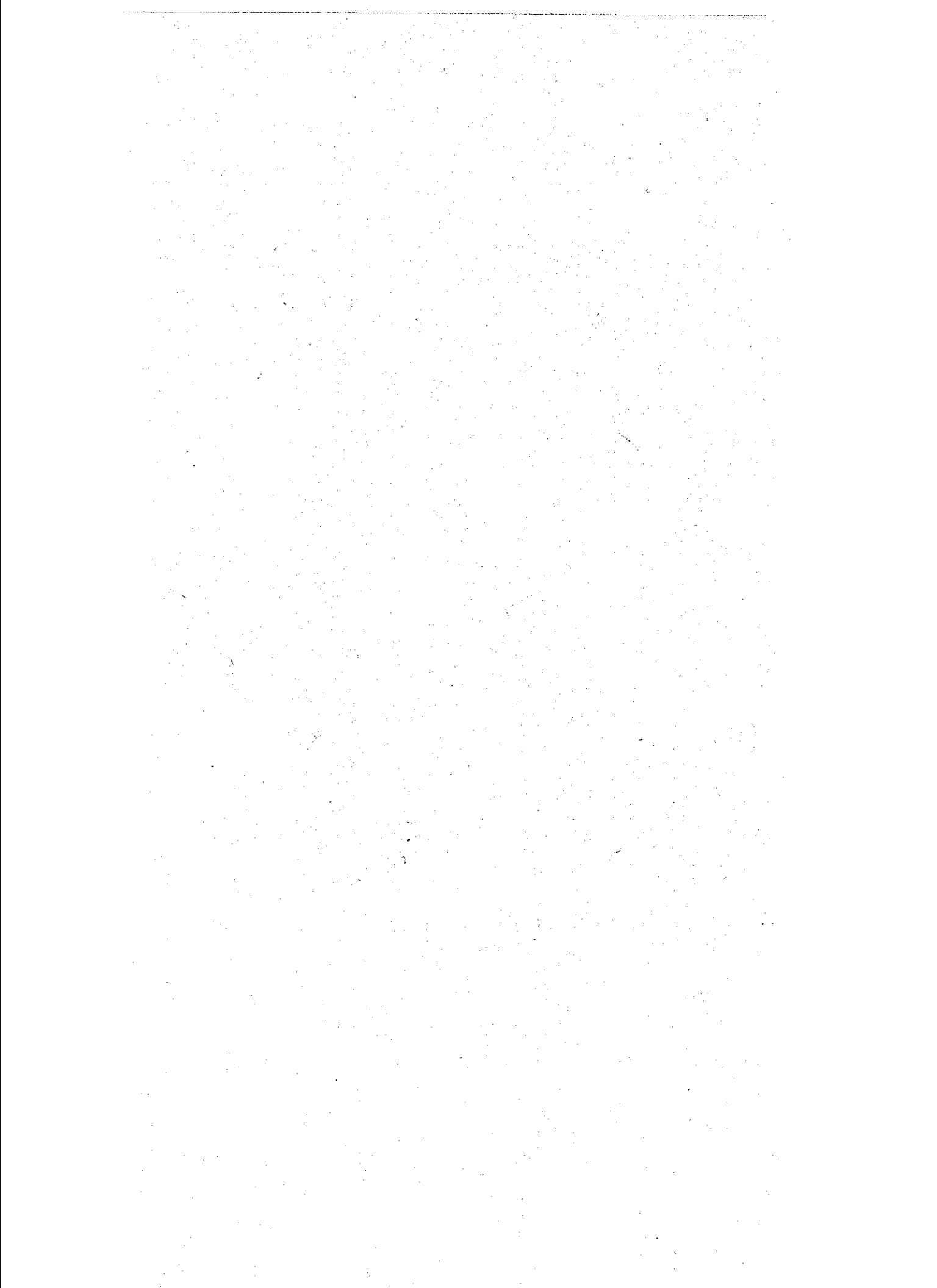
Cada una de estas formas de energía puede transformarse en todas las otras. Los fenómenos energéticos son, en efecto, caracterizados por su *reversibilidad*.

*
* *

Ahora que concebimos lo que es la substancia, se trata de saber cómo evoluciona.

En el rápido resumen que nos vemos obligados á hacer, nos hemos limitado á indicar lo que demostraremos cuando estudiemos en detalle las leyes que rigen las transformaciones de la substancia. Mostraremos únicamente como esas leyes bastan para explicar el estado actual del Universo.





LA SUBSTANCIA UNIVERSAL

LIBRO II **El Universo**

Los Mundos;

La Tierra;

La Vida.

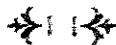
LIBRO II

CAPÍTULO PRIMERO

INTRODUCCIÓN

Hemos visto en el libro primero cómo podíamos conocer los cuerpos, cómo sus propiedades, que no son más que las formas bajo las cuales la energía se hace perceptible á nuestros sentidos, se nos manifiestan, y, por último, cómo podemos concebir la *substancia*, es decir, el conjunto *materia-energía*.

Réstanos establecer cómo la substancia ha podido evolucionar hasta el estado en que constituye actualmente el Universo.



CAPÍTULO II

LOS MUNDOS

La substancia.

La substancia *es*. Y *es*, no *inerte*, sino *activa* y dotada de todas sus propiedades conocidas y desconocidas. Es el conjunto de las propiedades de la substancia que nos permite percibir el Universo, y no podemos conocerla sino por el conjunto de esas propiedades.

No obstante, estamos obligados á considerarlas separadamente, porque la conformación de nuestra mentalidad no nos permite concebir simultáneamente las cosas bajo una infinidad de aspectos diferentes.

La substancia se extiende sin límites en todos sentidos y en todas direcciones. Esta extensión ilimitada de la substancia, nos hace concebir *el Espacio* como resultado de nuestra experiencia.

La substancia se mueve perpetuamente, sea por rotaciones, sea por vibraciones. Las velocidades de esos movimientos varían al infinito.

Bajo el nombre de *substancia* hemos reunido la *materia*, ponderable, y el *éter*, imponderable, y hemos mostrado cómo era posible concebir esta materia imponderable, que no es otra cosa que una reunión de partículas que tienen una *masa*, pero sustraídas á la acción de la pesantez, es decir, que no son atraídas por la Tierra ó por astros análogos á los que forman parte del sistema solar.

Hemos visto que un cuerpo de masa en extremo débil pero animado de una velocidad extremadamente grande, podría poseer una grandiosa cantidad de energía. Así la extremada tenuidad de una cantidad muy grande de substancia no impide concebir esta substancia como poseedora de una cantidad de energía extremadamente grande.

Hemos mostrado que la energía se manifiesta bajo formas diferentes, algunas de las cuales nos son conocidas, mientras que otras nos son aún desconocidas.

Todos los fenómenos energéticos son reversibles y las diferentes formas de la energía pueden compensarse, *sin que la suma de la energía del Universo disminuya ó aumente.*

Del mismo modo, á través de las múlti-

ples transformaciones de la materia, hemos observado que *la suma de las masas quedaba siempre la misma.*

Observamos *transformaciones*, pero jamás hemos podido hacer constar que la *energía* aparezca bajo cierta forma sin que haya desaparecido una cantidad equivalente de energía de formas diferentes. Así mismo, cuando cierta *masa* de un cuerpo nuevo nos aparece bajo cierta forma, es que una masa equivalente de uno ó de varios cuerpos, bajo otras formas, ha desaparecido, ó recíprocamente.

No nos es posible, pues, creer razonablemente que el Universo haya tenido un origen ni que haya de tener un fin.

El Universo, en un instante cualquiera, es el estado actual del conjunto de la substancia en aquel instante.

El Universo.

Basta echar una mirada en nuestro redor para hacer constar que la Tierra que habitamos no es sino una pequeñísima parte del sistema de planetas que giran alrededor del Sol. Este mismo sistema solar es una fracción insignificante en el conjunto de los astros que vemos á simple vista y

mejor aún con los aparatos más perfeccionados.

Sabido es que esos astros están en perpetua evolución, á pesar de su aparente fijeza, y el estudio de los fenómenos que se manifiestan á nuestra vista nos permite concebir cómo, en esta evolución, nuestro sistema solar ha podido formarse de una parte de la substancia del Universo por transformaciones sucesivas de la materia y de la energía que constituyen la substancia.

Los astros.

Al examinar los astros se impone esta primera observación: casi todos los astros nos parecen fijos y sólo un corto número vemos animados de movimientos periódicos regulares.

Se sabe hoy que los astros que parecen fijos son *estrellas*, en todo semejantes al Sol, que no es más que la estrella más próxima á la Tierra y la más fácil de estudiar. Las estrellas nos parecen fijas solamente á causa de su distancia.

Los astros animados de movimientos periódicos regulares alrededor del Sol se llaman *planetas*. Todos los planetas que cono-

cecos giran alrededor del Sol ó alrededor de otros planetas (la Tierra gira en torno del Sol, y la Luna en torno de la Tierra).

Ciertos astros de un aspecto particular aparecen en momentos dados en el mundo solar, describiendo alrededor del Sol curvas muy prolongadas, acercándose á él, alejándose en seguida y desapareciendo, los unos definitivamente, los otros para reaparecer al cabo de un tiempo generalmente largo. Estos son los *cometas*.

Desde la época más remota eran conocidos los movimientos de los astros, cuyos movimientos se explicaban suponiendo hallarse los astros fijos sobre esferas móviles alrededor de la Tierra, centro del mundo, no siendo conocida la movilidad de los planetas alrededor del Sol y sobre sí mismos, hasta Copérnico, hace tres siglos. Este creía que las curvas que describen eran círculos que tenían por centro el Sol.

Juan Kepler (1571-1630) mostró que esas órbitas eran *elipses uno de cuyos focos es ocupado por el Sol*, mostrando además que *las superficies descritas por el radio que une el planeta al Sol son proporcionales á los tiempos empleados en describirlas*, y por último, que *los cuadrados de los tiempos de las re-*

voluciones de los planetas alrededor del Sol son entre sí como los cubos de los grandes ejes de las órbitas. Estas leyes, una vez conocidas la duración de la revolución de dos planetas y la distancia de uno al Sol, permite calcular la distancia del otro.

Gracias á Kepler, Galileo y Newton pudieron hacer sus descubrimientos.

Galileo había establecido las leyes de la caída de los cuerpos, mostrando á la vez que *la velocidad es proporcional al tiempo, y que los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos.*

Uniendo esta ley á la de Kepler, Newton explicó que si la Luna no caía sobre la Tierra, debíase á que no era *atraída* solamente por la Tierra, sino también por el Sol. *Todos los cuerpos celestes, según él, ejercen unos sobre otros una acción comparable á la que la Tierra ejerce sobre los cuerpos colocados en su superficie, dependiendo á la vez de la masa de los dos cuerpos y de su distancia. Tal es lo que llamó la ley de la gravitación universal, formulada por el mismo de este modo: «Todo sucede como si los cuerpos se atrajesen en razón directa de sus masas y en razón inversa del cuadrado de sus distancias.»*

Se conocían entonces dos leyes generales descubiertas por Leonardo de Vinci y por Galileo. Eran la *ley de la inercia* (*Todo cuerpo persiste en su estado de reposo ó de movimiento uniforme rectilíneo tanto tiempo como una causa exterior no venga á modificar ese estado*) y la *ley de la proporcionalidad* entre la *fuerza* que obra sobre un cuerpo y la *aceleración* que produce (*Toda variación en el movimiento es proporcional á la fuerza que obra, y dirigida en el sentido de la recta según la cual obra esta fuerza*). Newton le añadió el *principio de la igualdad entre la acción y la reacción* (*Toda acción ejercida sobre un cuerpo en cierto sentido, se acompaña de una reacción del cuerpo igual y dirigida en sentido contrario.*)

Desde entonces Newton pudo explicar como simples fenómenos mecánicos los movimientos de los astros: éstos dependían de la *masa* del Sol y de los planetas y de sus *distancias* recíprocas; la *gravitación universal* podía explicar también la atracción de las partículas más pequeñas de los cuerpos. El universo se reducía á la *fuerza*, *causa* del movimiento, y á la *materia*. Conociendo la masa del Sol, la de un planeta

y su distancia, se podría calcular la órbita del planeta y recíprocamente.

Además, cuando se había calculado la órbita de un planeta, si la observación mostraba alguna irregularidad en su marcha, se podía atribuir sin temor de error á las perturbaciones introducidas por la presencia de un astro desconocido. Estudiando las perturbaciones, se podía calcular la masa del cuerpo desconocido y establecer á qué distancia se encontraba de su vecino.

Las leyes planteadas por Newton permitían así darse cuenta de todos los movimientos de nuestro sistema planetario, y explicar por la gravitación, no sólo el curso de los planetas alrededor del Sol, sino el fenómeno de las mareas producido por la atracción de la Luna.

Sin embargo, si las leyes de la gravitación parecían fuera de duda, puesto que todos los cálculos basados sobre ellas se encontraban verificados, no todos los sabios admitían sin reservas que la atracción fuese la causa, y algunos (Leibnitz, Euler) pensaban que el medio (el éter) podía, impeliendo los cuerpos celestes los unos sobre los otros, producir los mismos efectos que esta fuerza desconocida que Euler, en 1760,

pedía fuese desterrada de la ciencia «como todas las cualidades ocultas.»

Hacia el fin del siglo XVIII, Laplace (1749-1827) trató de explicar el origen de nuestro sistema planetario, de modo que completara la obra de Newton basándose sobre la hipótesis de la atracción. Newton, en efecto, se limitó á explicar el movimiento de los cuerpos celestes dejando á un lado la cuestión de su origen.

Las nebulosas.

Toda la hipótesis de Laplace está basado sobre el estudio de las *nebulosas*, que, con los cometas, completan la serie de las diversas formas de cuerpos celestes.

Las nebulosas, entre las cuales la Vía Láctea es la más antiguamente conocida, se nos presentan como manchas blanquecinas dispersas en todas las partes del cielo. La mayor parte de ellas no son visibles á simple vista. Se habían descubierto 96, cuando W. Herschell (1738-1822) emprendió su estudio, descubriendo él solo 2.500; hoy se cuentan más de 6.000.

Estudiando la «vía láctea,» se evidencia que puede resolverse en un número prodigioso de estrellas: más de 18 millones. Sien-

do tal su extensión que la luz, á pesar de caminar 75.000 leguas por segundo, tarda más de 7.000 años en llegar de ciertas estrellas de la Vía Láctea á la Tierra, ó sea una distancia de más de 16 millones de millones de leguas.

El Sol no es otra cosa que una de las estrellas de esta nebulosa. En consecuencia, todo nuestro sistema planetario forma parte de ella.

Es razonable admitir que otras estrellas de la Vía Láctea sirven de soles á otros sistemas planetarios, más ó menos semejantes al nuestro. Es evidente que lo mismo sucede en otras nebulosas resolubles, en que las estrellas pueden ser centros de sistemas planetarios.

Si en la Vía Láctea, tipo de las nebulosas *resolubles*, se encuentran estrellas formadas y reunidas en conjuntos aproximados, hay otras nebulosas en gran número que presentan un aspecto muy diferente, constituyendo inmensas estelas blanquecinas, formadas, según toda apariencia, de una materia extremadamente tenue afectando formas muy variadas.

La mayor parte de las nebulosas presentan formas especiales, que podemos obser-

var de una manera particularmente clara en las que se llaman «los Perros de Caza» y «la Virgen.»

En esas dos nebulosas, la materia tenue se extiende en inmensas espirales que ocupan un espacio considerable en el cielo.

Examinándola con cuidado W. Herschell observó que las espirales parecen girar alrededor de un centro común, de un núcleo central, siempre mucho más brillante que el resto, y condensarse en torno de ese núcleo.

Un examen más profundo le hizo ver que la parte central del núcleo era, en efecto, mucho más condensada que el resto, y podía considerarse como una estrella, ó sea como un conjunto de estrellas.

Algunas veces, como en los «Perros de Caza», una sola nebulosa presenta varios centros de concentración.

Exposición del sistema de Laplace.

Fundándose sobre estas observaciones, Laplace trató de explicarse lo que sucedería si una nebulosa que ocupase un espacio mayor que el de nuestro sistema planetario, y cuyo núcleo tuviera por centro el centro del Sol se condensase alrededor de ese núcleo, como parecen hacerlo las nebulosas de

«Orión», de los «Perros de Caza», de la «Virgen» y tantas otras.

Condensándose en torno del núcleo, la materia de la nebulosa aumentará de masa, y como consecuencia la atracción de la parte central se hará cada vez mayor. Fragmentos irregulares de la nebulosa se irán atrayendo hacia el centro, el núcleo se engrosará y tomará un movimiento de rotación cada vez más rápido. Aumentando la masa del núcleo lo mismo que su velocidad, la condensación dará lugar á fenómenos químicos y á una considerable elevación de temperatura, de tal suerte que el núcleo se volverá incandescente, al mismo tiempo que su velocidad de rotación continuará aumentando. La nebulosa se habrá convertido en *estrella*.

Pero á medida que la masa y la velocidad aumentan, la *fuerza centrífuga* se hace mayor, y como la masa incandescente, en virtud de las leyes de la gravitación, ha tomado la forma de una esfera que gira alrededor de uno de sus diámetros, la fuerza centrífuga es más considerable en la zona ecuatorial, donde la velocidad es mayor.

Poco á poco la esfera se aplana en los polos y crece en el ecuador.

Cuando la fuerza centrífuga, por el aumento de la velocidad, se ha hecho mayor que la atracción central debida á la pesantez, una parte de la zona ecuatorial se desprende, formando alrededor de la estrella un anillo que continúa girando en el mismo sentido y en el plano del ecuador de la estrella.

Bajo la influencia de las mismas causas, concentración cada vez mayor alrededor del núcleo y aumento gradual de la fuerza centrífuga en el ecuador, se forman otros anillos, girando todos en el mismo plano y en el mismo sentido en torno de su centro común.

Suponiendo que se haya producido nueve veces ese fenómeno de desprendimiento de un anillo á distancias cada vez más próximas al centro á medida que la estrella se iba condensando, se comprende la formación de las órbitas de los ocho grandes y pequeños planetas conocidos actualmente y la de los planetas telescópicos: el primer anillo habiendo formado la órbita del planeta más alejado del Sol (Neptuno), el segundo el de Urano, y los siguientes sucesivamente los de Saturno, Júpiter, planetas telescópicos, Marte, la Tierra, Venus y Mercurio.

¿En qué se han convertido esos anillos?

Para conservar indefinidamente su forma anular, hubiera debido presentar en toda su extensión una regularidad perfecta. Más para que esta regularidad existiese y se conservase, hubiera sido necesario un conjunto excepcional de condiciones. Bajo la influencia de las mismas causas que han producido en la nebulosa primitiva concentraciones de materia en torno de algunos centros, se han producido también diferencias de masa en el conjunto y como resultado diferencias de velocidad en el movimiento de ciertas partes de cada anillo.

Cada anillo se rompió en el punto en que la resistencia era más débil, formando en seguida, sea una sola masa que reuniéndose dió nacimiento á un planeta, sea nuevos fragmentos que han continuado circulando aisladamente, como los pequeños planetas telescópicos que circulan entre Marte y Júpiter, de los cuales se conocen actualmente más de 500.

Veamos ahora, siguiendo siempre á Laplace, lo que ha llegado á ser cada planeta.

Sus partículas tenían velocidades muy diferentes, y eran á la vez más ó menos atraídas hacia el Sol y hacia el centro del planeta, al mismo tiempo que estaban ani-

madras de un movimiento en el sentido del movimiento del anillo. Como resultado, en virtud de las leyes generales de la mecánica, el planeta tomó un movimiento de rotación alrededor de su centro, aunque gravitando alrededor del Sol.

A partir de este hecho, lo sucedido en la nebulosa se repitió en el planeta, que se condensa cada vez más y aumenta su velocidad; su fuerza centrífuga se hace cada vez mayor en el ecuador; abandona á su vez anillos que giran en su rededor; éstos se rompen dando nacimiento á uno ó varios satélites que gravitan alrededor del planeta como éste alrededor del Sol. Algunos anillos parecen persistir, como los de Saturno, que parecen ser conjuntos continuos separados por surcos.—(Se cree actualmente que esos anillos deben de ser constituídos por pequeñas lunas muy próximas unas de otras. Maxwell ha probado matemáticamente que si un anillo de Saturno fuese un sólido continuo ó una masa fluída, sería instable y se fragmentaría necesariamente. Además, si fuese posible para el anillo girar como un cuerpo sólido, las partes interiores girarían más lentamente, en tanto que un satélite se mueve con mayor rapidez cuanto más cerca se halla del planeta. Por último, la observación espectroscópica (método de Huygins) demuestra, no sólo que las porciones interiores del anillo se mue-

ven más rápidamente, sino que las velocidades actuales de las aristas exterior é interior están en concordancia completa con las velocidades teóricas de los satélites situados á las mismas distancias del planeta.—A.-W. RÜCKER. *La Théorie atomique*).

Para explicar el estado incandescente y luminoso del Sol, Laplace se basaba en la cantidad de calor enorme que produce una masa nebulosa habiendo ocupado primitivamente un espacio extendiéndose mucho más allá de los límites de la órbita del planeta más lejano del sistema solar, condensándose hasta no tener ya más que el volumen actual del Sol.

Los planetas salidos del Sol, de masa mucho más pequeña, se han enfriado más rápidamente, habiéndose disipado su calor por la irradiación á través del espacio. Del estado gaseoso han pasado al estado líquido y luego al pastoso. Continuando el enfriamiento, se ha formado en su superficie una costra sólida más ó menos espesa, que, protegiendo su núcleo interior contra el enfriamiento, le ha mantenido en estado incandescente.

Los satélites, cuya masa es más pequeña, se han enfriado más pronto aún. A consecuencia de este enfriamiento, su velocidad

de rotación alrededor de su centro ha disminuído gradualmente. Así se explica que la luna, por ejemplo, presente siempre la misma faz á la Tierra.

Tal es la notable hipótesis de Laplace, la que ha permitido reducir á la unidad el origen del sistema solar.

Teorías posteriores

que completan la exposición

del sistema del mundo de Laplace.

Desde la muerte de Laplace, y sobre todo desde la época en que publicó *La Mecánica celeste*, las ciencias han progresado; se han fundado nuevas teorías; la astronomía, especialmente se ha renovado casi por completo, gracias al apoyo que le prestan la espectroscopia y la fotografía estelares; por otra parte, la termodinámica, la electricidad y la ciencia de la energía se han constituído enteramente como ciencias generales y como teorías directrices, sin que Laplace ó sus contemporáneos ni siquiera hubieran podido sospechar el inmenso vuelo que tomarían un día.

A pesar de esa renovación casi completo del material técnico y teórico, la teoría del

origen nebuloso de nuestro sistema planetario es aceptable aún.

Más aún, los progresos de la ciencia le han confirmado en sus grandes líneas.

La hipótesis de Laplace, como la que el filósofo alemán Kant formuló en 1755 en su obra *Historia natural general y teoría del cielo*, tienden á demostrar el origen mecánico del Universo según los principios de Newton y basándose en la teoría cosmológica de los gases, ó, en otros términos, sobre una teoría mecanista de la evolución del Universo. Estas dos hipótesis descansan sobre el postulado de la *atracción universal* y sobre el hecho del calor engendrado por la condensación de una masa gaseosa. Los progresos de la ciencia las han confirmado en sus grandes líneas y las teorías energéticas inutilizan por completo el postulado de la atracción. Estas teorías suprimen la última objeción á la hipótesis hecha por Laplace para evidenciar la unidad que preside en los hechos astronómicos y demostrar que, para explicarlos, es inútil remontarse á otras causas que las que vemos todos los días producir los efectos.

He aquí, en efecto, lo que dice en resumen Wilhelm Ostwald (*Vorlesungen über*

Naturphilosophie, 1902, página 191 y siguientes):

Dada la existencia de la Tierra, nos es imposible hacer constar la existencia, sea de un objeto pesado que no tenga masa, sea de un objeto dotado de masa no sometido á la pesantez. Tales objetos no pueden existir en el espacio sometido á nuestra experiencia.

La mayor parte de los hechos concuerdan con la hipótesis de Kant, que atribuye á la excentricidad de la caída de los corpúsculos de que el sistema solar se ha formado el movimiento de rotación tomado por el cuerpo convertido en el centro de las masas. Si se parte de esta hipótesis, se sacará en conclusión que la composición de ese cuerpo central ha sido *determinada por la velocidad de caída propia de esas partículas*. No podía llegar al cuerpo central sino masas con una pesantez relativa la más grande posible, ó aquellos que por una misma pesantez tenían la más pequeña masa. De este modo se ha hecho entre los cuerpos una especie de *selección*, que ha tenido por efecto hacer llegar hacia el centro los cuerpos que caigan más rápidamente. Para estos cuerpos, la relación entre la pesantez y la masa tendrá siempre el mismo valor, el mayor posible.

Así, de las relaciones recíprocas entre la energía de pesantez y la energía de movimiento, se deducen las leyes según las cuales circulan los cuerpos celestes en el espacio.

Ante todo, *es preciso considerar el conjunto de todos los cuerpos dotados de pesantez*,—es decir, todos

los cuerpos que podemos percibir—*como un sólo sistema de elementos todos enlazados entre sí*, sistema cuya existencia real no está limitada al espacio ocupado por la «materia» de cada cuerpo celeste aislado. En este espacio únicamente la forma y la masa de los cuerpos, expresiones de las energías correspondientes, son limitadas, pero su energía de distancia se extiende á todo el espacio entero.

La necesidad de semejante concepción es evidente desde que se concibe bien que es imposible admitir que un punto *aislado* esté dotado de energía de distancia. En efecto, la energía de distancia consiste precisamente en la existencia de cantidades de trabajo que se manifiestan por la aproximación ó el alejamiento de *dos* ó más cuerpos, sea que se transformen en otras formas de energía, sea que provengan de transformaciones de esas otras energías.

De este modo el alejamiento es un factor de la energía de distancia, como la masa y la velocidad son los factores de la energía de movimiento.

Considerada la energía de distancia como resultante del hecho mismo de la existencia de dos cuerpos en dos puntos separados del espacio, no hay ya *enigma de la pesantez*. ¿Qué es, en efecto, este enigma? Sencillamente la dificultad de explicar cómo puede obrar un cuerpo á distancia, es decir, allí donde no esté. Luego no puede plantearse esta cuestión más que suponiendo la existencia de una fuerza atractiva que reside sólo en el espacio determinado por la energía de forma del cuerpo considerado y extendiendo desde allí sus brazos en derredor de sí para abrazar todo lo que sea ma-

teria ponderable á su alcance. Por nuestra parte no suponemos semejante fuerza. Sabemos simplemente que la relación recíproca de los cuerpos sometidos á la gravedad existe tan largo tiempo y en las mismas condiciones que estos mismos cuerpos. En virtud de la ley de la conservación de la energía, es imposible que en parte alguna nazca de nada un cuerpo pesado que no estaba allí antes y sobre el cual comiencen ahora los otros cuerpos á ejercer su acción. Pero las relaciones de pesantez se dan de antemano con los mismos cuerpos. La energía de pesantez está, como forma de la energía de distancia, enlazada á su actividad en el espacio, y pertenece al conjunto de todos los sistemas gravitantes, simultáneamente con su existencia. El *enigma* de la pesantez desaparece así ante el *hecho* de la energía de distancia, y es tan poco enigmático ver una forma de energía depender de la distancia como ver otras depender del volumen, de la superficie ó de la forma. Al contrario, más extraño sería que no hubiese energía que dependiese de la distancia.

Depende, pues, únicamente de la relación que existe entre la energía de movimiento y la energía de distancia de un cuerpo celeste dado, que se mueva ó no alrededor de un cuerpo central. Si suponemos que el cuerpo celeste viene desde muy lejos á caer sobre el cuerpo central, á cada instante la energía de distancia que pierde se transforma en energía de movimiento, y la velocidad en el instante que se considera depende *solamente* del alejamiento en que el cuerpo se encuentra, en este instante, del cuerpo central.

Si el movimiento no se dirige exactamente hacia el centro, el cuerpo oscila en torno del cuerpo central y entonces, como un péndulo, tendrá precisamente la velocidad necesaria para alejarse de nuevo en lo indefinido.

Si la velocidad que posee un cuerpo celeste cualquiera es mayor que la velocidad determinada en aquel momento con relación á otro cuerpo, este último influirá en su carrera, pero si no puede convertirse en su satélite, se alejará de él en seguida. Si, por el contrario, su velocidad es menor, entonces su energía de movimiento no bastará para permitirle alejarse á una distancia cualquiera del cuerpo central, y deberá dejar sus movimientos efectuarse de una manera duradera alrededor del cuerpo central.

Por lo mismo, si un cuerpo celeste rechaza una parte de sí mismo, depende de la velocidad de movimiento de esta parte si girará alrededor del cuerpo original como satélite ó si se alejará cada vez más.

Así es como la concepción energética destruye el enigma de la pesantez y confirma las hipótesis de Kant y de Laplace.

Además los progresos de la química nos permiten admitir como una hipótesis altamente verosímil la unidad de substancia y lo corrobora el análisis.

Desde que fué posible, en efecto, aplicar la espectroscopia al estudio de los astros, esta hipótesis recibió de la experiencia la más brillante demostración.

Se sabe desde Fraunhöfer, que el espectro proyectado sobre un lienzo por un prisma á través del cual se ha hecho pasar un rayo de luz solar se atraviesa por gran número de líneas obscuras repartidas en toda la longitud del espectro.

Luego los cuerpos sólidos y líquidos, llevados á la incandescencia, cuando se hace pasar á través de un prisma la luz que emiten, dan un espectro continuo que no permite caracterizar el cuerpo de donde emana. Es diferente cuando se hace pasar á través del prisma la luz de un gas ó de un vapor incandescente. El espectro ya no es continuo: no se compone más que de una ó varias rayas coloreadas muy finas, separadas por intervalos oscuros más ó menos extendidos, agrupados y situados en toda la extensión del espectro, de una manera completamente característica para cada cuerpo llevado por el calor al estado gaseoso. Esas porciones coloreadas características se llaman el *espectro* del cuerpo.

El espectro de un cuerpo compuesto se forma de los espectros de los cuerpos de que se compone.

Pero cuando el gas que se examina se coloca delante de un cuerpo sólido incan-

descendente, cuya temperatura es más elevada que la del gas, los fenómenos cambian. El observador ve entonces, no ya el espectro continuo del cuerpo sólido, sino un espectro cortado por finas rayas *negras*, muy claramente visibles en los mismos puntos que ocuparían las rayas *coloreadas* del espectro que daría sobre un fondo obscuro el gas considerado si se observara aisladamente y en estado incandescente.

Foucault fué el primero que observó este fenómeno de la inversión de las rayas, estudiando el espectro dado por una sal de sosa en el vapor de sodio.

Después, en 1858 y 1859, Kirchoff y Bunsen, observando el espectro solar, pensaron en explicar la presencia de las rayas oscuras por el mismo principio.

Dedujeron, en consecuencia, que la atmósfera que rodea el sol contenía en estado gaseoso y á una temperatura menos elevada que la del núcleo sólido, todos los cuerpos cuyas rayas oscuras podían señalarse sobre el espectro solar en los sitios en que el espectro de esos cuerpos aisladamente da rayas coloreadas.

Se ha podido comprobar así, observando los espectros del Sol y de muchas estrellas.

que esos astros contienen todos los cuerpos conocidos sobre la tierra y en su atmósfera.

Desde entonces, no sólo la hipótesis de Laplace quedaba confirmada, sino que se demostraba también la unidad de la substancia del Universo y la unidad de las leyes que han presidido á su evolución.

Si el espectro de las estrellas es, salvo escasa diferencia, análogo al del Sol, no sucede lo mismo con el espectro de las nebulosas. Todos los que han sido observados, y especialmente el de la nebulosa del *Dragón*, muestran tres rayas brillantes aisladas, una de las cuales puede atribuirse al hidrógeno, otra al ázoe y la tercera á un cuerpo desconocido. Además el centro de la nebulosa da un espectro continuo. De donde se deduce que el astro está constituido por un núcleo de partículas sólidas ó líquidas incandescentes y por una nebulosidad gaseosa que le rodea.

Estas observaciones del espectro de las nebulosas no resolubles confirman, pues, á la vez la hipótesis de Laplace sobre la constitución de las nebulosas y su condensación y la hipótesis de la unidad de la substancia, de la que el hidrógeno no sería más que un estado de condensación más

avanzado. Veremos, en efecto, estudiando la química, que el peso atómico de los diferentes cuerpos simples es un múltiple muy aproximado del peso atómico del hidrógeno.

Además, el análisis espectral de algunas tierras raras, como la tierra de ytria, la samarskita y otros metales de los grupos del hierro y del platino, muestra en el espectro de estos cuerpos elementos heterogéneos. William Crookes dedujo de ello que la tierra de ytria, por ejemplo, es una especie de nebulosa de elementos, presentándonos un cuerpo simple en vía de evolución. Los diferentes cuerpos que de ella se separan, se forman los unos de los otros por una condensación cada vez mayor de otros cuerpos simples. El mismo hidrógeno, según el sabio inglés, no es más que un estado más condensado del elemento primordial (*prottylo*), lo mismo que los otros cuerpos pueden ser considerados como hidrógeno en estados de condensación cada vez más avanzados.

La raya desconocida que se encuentra en el espectro de las nebulosas irresolubles al lado de las del hidrógeno y del ázoe, puede ser, según William Crookes, la raya del *prottylo*.

Además, el hecho de la existencia, alrededor del Sol y de las nebulosas, de una atmósfera gaseosa más fría que el núcleo sólido ó líquido incandescente, es una confirmación á la vez de la condensación sucesiva de la masa gaseosa primitiva, del calor producido por esta condensación y de la disipación de la energía á través del espacio.

Teoría energética del Universo.

Si ahora referimos á la hipótesis de Laplace los diversos principios que hemos formulado con motivo de la transformación, de la reversibilidad y de la conservación de la energía, y si insistimos sobre todo en el principio de Helm «*Para que suceda algo, es preciso que haya diferencias de intensidades en las energías que se hallen presentes,*» podremos hacernos fácilmente una concepción energética del Universo.

Aparécesenos como un sistema en que la energía de distancia, debida á la presencia simultánea en diversos puntos de partículas que tienen una masa, se transforma en energías de movimiento, mecánico, térmico, luminoso, eléctrico, magnético, químico, interno, etc.

La energía de movimiento, manifestán-

dose con velocidades muy grandes, aun sobre masas muy pequeñas, nos permite concebir los efectos relativamente enormes que Newton atribuía á la atracción universal, pero nosotros no necesitamos la intervención de esta causa oculta.

Si, por otra parte, se trata de los fenómenos moleculares, es decir, de las acciones que se ejercen en el interior de los cuerpos y que antes se atribuía á la afinidad (otra fuerza oculta), podemos explicarlos por una transformación de energía química, en energías térmica, eléctrica, mecánica, etc.

En efecto, Mendeleïeff y Lothar Meyer han demostrado que todas las propiedades químicas de los cuerpos dependían, según leyes conocidas, de su peso atómico, es decir, de la cantidad de energía almacenada por ellos cuando su formación, lo que permite explicar la hipótesis de Crookes.

¿No hemos visto verificarse esta hipótesis, cuando por las lagunas existentes entre los diferentes cuerpos simples, clasificados por Mendeleïeff según su peso atómico, han sido colmados por el descubrimiento de cuerpos simples hasta entonces desconocidos, del mismo modo que Leverrier pudo deducir la existencia del planeta Neptuno

del cálculo de las perturbaciones observadas en la marcha de Urano?

El Universo puede, pues, considerarse como el conjunto de todas las energías conocidas y desconocidas manifestándose en todos los cuerpos conocidos y desconocidos.

*
* *
*

Los astros conocidos se componen de unas 6.000 nebulosas, de un número incalculable de estrellas, de 18 cometas periódicos, de 8 grandes y pequeños planetas y de sus satélites, y de unos 500 pequeños planetas, situados todos entre Marte y Júpiter.

El Sol es una estrella que forma parte de la nebulosa «vía láctea.» Alrededor de él gravitan los planetas. Uno de estos planetas, *la Tierra*, nos interesa particularmente, porque la habitamos.

Hemos visto la evolución á consecuencia de la cual se desprendió la Tierra del Sol y cómo forma parte del sistema de cuerpos que llamamos el Universo. Ahora trataremos de ver cual ha sido su evolución individual y cual la de los cuerpos situados en su superficie ó dependientes de ella.

CAPÍTULO III

LA TIERRA

Formación de La Tierra.

Para darnos cuenta ahora de la evolución de la Tierra, ya no necesitamos hipótesis. La inspección de las capas geológicas y el estudio atento de los fenómenos que se verifican actualmente en su superficie, nos suministran todos los elementos necesarios para constituir su historia.

Según ya hemos visto, en un momento dado se desprendió del Sol una porción de la capa exterior que, en virtud de las leyes de la gravitación, se concentró sobre sí misma. En virtud de su energía propia, de la del Sol y de la de los otros planetas del sistema, tomó los movimientos de que está animada y especialmente un doble movimiento de rotación alrededor de su eje y alrededor del Sol, al mismo tiempo que continuaba participando del movimiento que arrastra el sistema solar hacia cierto punto del espacio, una estrella de la constelación de Hércules.

Aplanamiento de los polos

de la Tierra.

A consecuencia de las energías desarrolladas por esos movimientos, la Tierra, en el principio esférica, se deformó.

La fuerza centrífuga produjo un aplanamiento en los polos y una hinchazón en el ecuador. Los experimentos de Plateau nos permiten darnos cuenta de esto.

Al mismo tiempo, este aplanamiento nos demuestra, que la Tierra fué en una época anterior una masa fluída y luego pastosa, como lo supone la hipótesis de Laplace.

Mareas solares.

La presencia del Sol determinaba mareas colosales en las cuales materias incandescentes, líquidas y pastosas se proyectaban á alturas considerables. (En el Sol se observan hoy fenómenos análogos, conocidos bajo el nombre de protuberancias).

Eran verdaderas mareas cuyo efecto ha sido disminuir la velocidad de la rotación de la Tierra sobre sí misma, al mismo tiempo que producir una disipación de su energía interna.

Bajo la influencia de estas mareas solares

se ha venido produciendo una deformación continua de la superficie terrestre.

La Luna.

Probablemente cuando la Tierra estaba aún en estado gaseoso se formaría la Luna, que, en razón de su menor masa, se enfriaría mucho más rápidamente que la Tierra. A partir de aquel momento, la presencia de ese nuevo cuerpo modificó las transformaciones de energía del sistema solar.

Corteza terrestre.

Poco á poco, el enfriamiento de las capas exteriores de la tierra ha producido á la vez la formación de una corteza sólida y la contracción del planeta cuyo volumen ha disminuído progresivamente.

Si consideramos ahora esta Tierra, cuyo núcleo, aun líquido, está sometido á la acción de las mareas solares y lunares y á todas las acciones químicas, físicas y mecánicas, se concibe fácilmente que se hayan producido numerosas rupturas permitiendo así á las materias interiores fraguarse una salida y modificar también la superficie.

Por otra parte, operándose la contracción mientras que las presiones internas y la presión exterior sufrían modificaciones frecuentes, se han producido toda clase de deformaciones de la corteza, dando lugar á variaciones en la energía total del planeta, que se han manifestado especialmente por un descenso cada vez más pronunciado de la temperatura.

Formación de los cuerpos inorgánicos.

Poco á poco, del mismo modo que las partículas de materia primordial se unieron cuando la condensación de la nebulosa primitiva, formando las agrupaciones atómicas dotadas de energía química que llamamos cuerpos simples, así mismo esos cuerpos simples, antes disociados, se combinaron, formando sistemas de energía diferentes (energías química, térmica, eléctrica, magnética, mecánica, etc.) dependiendo á la vez de la constitución atómica de cada uno de ellos y del conjunto de las energías en presencia en todo el sistema del universo. De ese modo se han establecido los diferentes estados de equilibrio entre los diferentes sistemas que se hallaban presentes, siendo esos equilibrios los que han consti-

tuído las diversas agrupaciones moleculares que forman los cuerpos simples y compuestos en cuya presencia nos hallamos hoy.

En aquella época, la presencia de los gases de la atmósfera que rodeaba la tierra y que contenía en estado de vapores los elementos más volátiles, sería enorme comparada con las más fuertes presiones que podemos observar en el día. Además, la intensidad de las energías térmica, eléctrica, magnética, etc., debía de ser mayor, hallándose la Tierra á la sazón mucho más cerca del Sol que lo que está hoy, y habiendo disminuído desde entonces el volumen de este astro como el de la Tierra y los demás planetas. Hubo, pues, en aquel momento reacciones que no podemos reproducir hoy en condiciones análogas. Por otra parte es necesario tener en cuenta el tiempo, cuya influencia tiene gran participación en las reacciones físicas y químicas.

Se concibe, en consecuencia, que los cuerpos pastosos de la superficie han debido cristalizarse en condiciones particularísimas, formando así las enormes masas cristalinas que constituyen la parte más considerable de la corteza terrestre.

Rocas ígneas.

Se les llama rocas ígneas.

Toda la energía gastada en las transformaciones de la materia en aquella época se empleó en dar á las rocas ígneas su composición química y su forma cristalina.

Esas cristalizaciones son los testigos que nos restan de la forma de vida que afectaba la materia en aquella época.

Especies químicas.

Hemos hablado diferentes veces de la energía química; bueno será entrar ahora en algunos detalles sobre este particular.

Cuando hablamos antes de la formación de los cuerpos simples, dijimos que sus pesos atómicos podían ser considerados como dependientes de las energías que de esos mismos cuerpos resultan. Pero el peso atómico, como el peso en general, siendo proporcional á la masa del cuerpo, es una de las formas bajo las cuales se manifiesta la energía de distancia que se ejerce entre el átomo y la Tierra. Muchas otras formas de energía existen aún que no se manifestarán hasta que otro átomo se halle en presencia del primero.

Si dos átomos diferentes se hallan en pre-

sencia, las energías respectivas que representan se manifestarán bajo formas diversas, pero la suma de las energías contenidas en cada átomo no se transformará enteramente en calor, electricidad, etc.; quedará de ella una parte que se empleará exclusivamente en mantener unidos los átomos para formar la molécula, constituyéndose en cada molécula una reserva de energía particular que podemos llamar su energía interna. Esta energía es la que se manifestará en las reacciones químicas que se realicen en la molécula y en los cambios de estado que la misma experimentará.

Resulta de esto que cada especie química diferente contiene en reserva cantidades diferentes de energía química que dependen á la vez de la naturaleza y del número de las moléculas de que se compone, del mismo modo que cada molécula diferente contiene una cantidad de energía diferente, según la naturaleza, el número y la posición de los átomos de que está compuesta.

Así es como se han establecido las especies químicas.

Formas cristalinas.

Si examinamos estas diferentes especies.

vemos que afectan formas geométricas diferentes, llamadas formas cristalinas, que están en relación íntima con la especie química. Podemos considerar esta forma cristalina como una manifestación á la vez de la energía de forma y de la energía química de las moléculas que componen el cristal. De ahí resulta que podemos concebir el hecho para una especie química de tomar y de conservar una forma determinada en condiciones dadas, como una manifestación de la vida tan fijamente como el hecho para otras especies de tomar otras formas en otras condiciones.

La forma cristalina de las rocas puede, pues, ser considerada como una manifestación de la vida de la tierra en la época de su formación y como el resultado de todas las energías que se manifestaron en aquella época entre la Tierra y el resto del Universo.

Acción modificadora de la
atmósfera sobre la superficie
de la Tierra.

Después de la formación de las rocas ígneas, la corteza terrestre se ha sometido á acciones múltiples. De una parte, los ga-

ses de la atmósfera han producido nuevas reacciones; de otra, los líquidos, especialmente el agua, que se había condensado y cubría la tierra, han determinado, en las condiciones de temperatura elevada y de presión considerable que existían aún, la disgregación y la disolución de muchas substancias.

Poco á poco las substancias y los gases en disolución en el agua reaccionaron los unos sobre los otros, produciendo así las numerosas capas de sedimento.

Cuando lo permitió la temperatura del agua, los elementos que tenía en disolución se combinaron bajo las formas infinitamente variadas que puede dar la combinación de un corto número de elementos, siempre los mismos, cuando sus proporciones y sus posiciones relativas varían de infinidad de maneras.

Hoy mismo aún, bajo la acción continua del aire y del agua que circulan en la superficie de la Tierra, vemos producirse modificaciones profundas en la configuración de los terrenos. Las rocas, sometidas continuamente á los choques de las olas ó á las corrientes del agua se destruyen y se reducen á arena. El frote de los guijarros unos

con otros, la acción del agua, la marcha de los glaciares gastan las rocas más duras, formando así á nuestra vista terrenos de sedimento. Por otra parte, vemos poco á poco las arenas acarreadas por los ríos modificar sus desembocaduras. Por último, el ácido carbónico del aire se fija por los óxidos, formando así carbonatos. Hay sulfatos que se reducen poco á poco á sulfuros, y luego en azufre y en carbonatos, bajo la acción combinada de las materias orgánicas y del ácido carbónico. Muchas otras reacciones se producen naturalmente á nuestra vista. De ese modo podemos darnos cuenta de los fenómenos geológicos antiguos comparándolos á los de la época actual.

Para explicar la formación de los terrenos de sedimento y las metamorfosis de las rocas, nos basta observar atentamente los fenómenos químicos y mecánicos que resultan de la acción del aire y del agua sobre la superficie de la Tierra en condiciones diversas de duración, de temperatura y de presión.

Acciones modificadoras

de las energías internas.

Paralelamente á la acción del aire y del

agua en la superficie de la Tierra, tenían y tienen lugar aún en el día otros fenómenos bajo la corteza terrestre, determinados por todas las energías de los cuerpos que constituyen el núcleo del globo.

Todo demuestra que la temperatura de las capas más profundas de la corteza es muy elevada, y que esta temperatura aumenta con la profundidad, pudiendo suponerse que bajo la corteza sólida existe un núcleo incandescente cuyo radio es muy considerable con relación al espesor de aquélla.

En esas condiciones los cuerpos que constituyen ese núcleo deben hallarse á la vez sometidos á temperaturas y á presiones considerables que den lugar á reacciones energéticas muy violentas. De tiempo en tiempo ocurren erupciones volcánicas como las del Vesubio, del Krakatoa ó de la Martinica, ó temblores de tierra como los de Lisboa, de Mendoza, etc., y además los geysers, las fuentes termales, etc., que demuestran que esas acciones internas distan mucho de haber cesado.

Por otra parte, los grandes brotes de basalto, los volcanes extinguidos, las enormes fallas que se observan en las diferen-

tes capas geológicas demuestran qué efectos han producido las acciones modificadoras internas en el pasado.

Observando la constitución de las grandes cordilleras, se evidencia que se formaron en épocas geológicas muy diferentes unas de otras. Hay capas de rocas ígneas introducidas en medio de terrenos de sedimento, que señalan un levantamiento de las capas inferiores fraguándose un paso á través de las capas superiores. De ese modo las acciones internas han originado ciertas cadenas de montañas. Otros levantamientos han modificado el relieve del suelo hasta el punto de formar continentes, mientras que recíprocamente, contracciones seguidas de repliegues han sumergido en las aguas porciones considerables de tierra firme. Fenómenos de esa clase se han producido en los tiempos prehistóricos y en períodos relativamente recientes.

Se comprende, pues, como se ha formado poco á poco la forma actual de la Tierra y como, bajo la acción de las mismas causas, continúa modificándose esa misma forma lenta ó bruscamente.

Las acciones lentas y continuas influyen mucho más sobre las modificaciones del

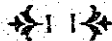
suelo que las catástrofes famosas que aterrorizan á los hombres. Acciones lentas son las que poco á poco determinan el sentido de la evolución del globo. Los fenómenos bruscos, por el contrario no llevan generalmente tras de sí más que modificaciones poco importantes, pero que han sabido originar leyendas ó mitos y pueden servir aún de pretexto á manifestaciones interesadas de los que explotan la credulidad humana.

Los experimentos de geología comparada de Daubré, de Stanislas Meunier, etc.; enseñan cómo se pueden reproducir sintéticamente en los laboratorios por procedimientos químicos la mayor parte de las rocas y minerales, y cómo se pueden imitar por acciones mecánicas los fenómenos geológicos que han determinado los pliegues, los desprendimientos y las erupciones de terreno.

Las reacciones que se verifican en la superficie del globo son las que hemos podido estudiar y sobre todo las que más nos interesan. Ahora hemos de ver cómo se ha manifestado la evolución del globo en el punto de contacto de la Tierra y de su atmósfera gaseosa. Todo lo que hemos visto

hasta aquí nos autoriza para creer que únicamente las diversas manifestaciones de la energía, las acciones físicas, químicas y mecánicas han presidido á esta evolución y la han determinado.

La fase actual de esta evolución se manifiesta por la *vida*, la cual no es sino el resultado de las diferentes combinaciones y descomposiciones producidas entre los diferentes cuerpos bajo la influencia de las diferencias de intensidad entre las diferentes formas de energía.



CAPÍTULO IV

LA VIDA

Los elementos de la materia orgánica.

En medio de la multitud de combinaciones posibles, muchas de las cuales probablemente se habrán producido sin haber persistido, se han encontrado algunas que reunían condiciones, no sólo de durar, sino de reproducirse.

A un fenómeno de este orden se ha debido la formación de las células más sencillas, orígenes de la vida animal y vegetal sobre nuestro globo.

Así es como bajo la forma de masa gelatinosa de constitución sencillísima, de la cual se encuentran actualmente cantidades considerables en las profundidades extremas del mar, se han formado y desarrollado, de los elementos mismos del medio en que se hallaban las primeras especies organizadas.

Los fenómenos de organización de las primeras especies vivientes, se han producido por medio de los mismos elementos que los fenómenos de cristalización de las especies minerales, pero en el momento en

que otras condiciones permitían manifestarse á esa nueva forma de vida.

Así fué como después de la agrupación de la materia primordial en átomos de los cuerpos simples, después de la agrupación de los átomos de los cuerpos simples en moléculas minerales, ó cristales, una agrupación diferente de átomos de los mismos elementos dió lugar á la formación de la molécula viviente, la *célula vegetal y animal*.

Es infinitamente probable que cuando las cristalizaciones minerales fijasen en condiciones muy estables los metales con el oxígeno, el hidrógeno, el carbonó, etc., y libre así la atmósfera del gran número de elementos primitivamente gaseosos, la acción del carbono en primer lugar y del ázoe después, adquiriese una importancia cada vez mayor. Vemos, en efecto, por los fenómenos actuales, la célula vegetal, compuesta principalmente de carbono, de hidrógeno y de oxígeno. Si, como todo induce á creerlo, la acción química del Sol era tanto más enérgica cuanto más cerca se hallaba de la Tierra, se comprende como, bajo la acción de la clorofila, han podido las partes verdes de las plantas librar la atmósfera de una cantidad considerable de ácido carbónico.

Bajo una presión tan fuerte como la que existiría en la atmósfera en las épocas primitivas, el ácido carbónico debía de existir en grandísima cantidad en solución en el agua. Luego la acción de los rayos químicos del Sol se produjo á gran profundidad en el agua, sobre todo, en las elevadas temperaturas que debía de tener el Océano. Por la misma razón (presión atmosférica elevada), la cantidad de ázoe disuelta en el agua sería mayor que la de la actualidad. Al lado de las células que contienen principalmente hidrógeno, oxígeno y carbono y que produjeron las primeras células vegetales, se han encontrado otras que han asociado el ázoe á esos tres elementos principales. La entrada en juego del ázoe es lo que principalmente diferencia la célula animal de la vegetal. Pero lo positivo es que la célula viviente es un compuesto químico como la molécula mineral, que no está formada de elementos diferentes y que su formación y su evolución son fenómenos energéticos del mismo orden que la formación y la evolución de la molécula mineral.

Por lo demás, innumerables experimentos de síntesis química, á pesar de la brutalidad que nos imponen los procedimien-

tos de laboratorio, han permitido reproducir, no sólo los compuestos del carbono y del hidrógeno, sino los cuerpos más complicados en que esos elementos se alían al oxígeno y al ázoe. De ese modo se han podido preparar artificialmente los principios inmediatos de los vegetales (esencias, aceites, azúcares y alcaloide) lo mismo que las grasas de origen animal. Si se tiene en cuenta la importancia que tiene el tiempo en las reacciones químicas y la influencia que debieron ejercer las presiones y las temperaturas elevadísimas que dominarían en aquellas épocas remotas, se comprenderá fácilmente cómo unas reacciones que no hemos podido reproducir aún, pudieran dar lugar á la formación de todos los elementos químicos contenidos en los seres organizados.

Por otra parte, los trabajos de Pasteur y en particular su *Memoria sobre la fermentación llamada láctica* (agosto 1857) fueron el punto de partida de una ciencia nueva, la *bacteriología*.

El estudio de los fermentos solubles (*diastasas*) demuestra que las células secretan unas substancias orgánicas y facilitan ciertas reacciones químicas sin entrar

en la composición de los productos definitivos. Este estudio permite explicar los fenómenos de asimilación y de desasimilación que se verifican en los organismos animales y vegetales y como funcionan los elementos de la materia orgánica, sin necesidad de recurrir á ninguna hipótesis sobrenatural.

Vegetales y animales.

Un medio nuevo y las nuevas condiciones del globo determinó para la célula nuevas formas posibles de existencia. Según que se desarrollara en tierra ó en el Océano, se diferenciaría, y las formas así determinadas, adaptándose cada vez más al medio, dieron nacimiento á individuos cada vez más complejos, que conservan á través de la multiplicidad de las formas, los caracteres típicos del antecesor común, la célula.

Nos hallamos ya en presencia de los animales y de los vegetales, sin que sea posible reconocer por ningún carácter preciso el punto de separación de lo que se llaman reinos de la naturaleza.

Es cuestión ahora de seguir la célula á través de las formas tan variadas que afecta en sus agrupaciones y combinaciones.

La evolución de la substancia.

Para formarnos una idea de la evolución de los organismos vivientes, conviene recordar sucintamente las grandes leyes que la evolución de la substancia nos ha permitido establecer hasta el día:

I.—LA SUBSTANCIA SE MANIFIESTA Á NOSOTROS BAJO DOS FORMAS DISTINTAS SIEMPRE ASOCIADAS: LA MATERIA Y LA ENERGÍA.

II.—LA MATERIA Y LA ENERGÍA, EN SUS DIVERSAS TRANSFORMACIONES, NO PUEDEN SER CREADAS NI SER DESTRUÍDAS.

III.—PARA QUE SUCEDA ALGO, ES PRECISO QUE HAYA DIFERENCIAS NO COMPENSADAS ENTRE LAS INTENSIDADES DE LAS ENERGÍAS QUE SE HALLEN PRESENTES.

IV.—TODO LO QUE SUCEDE TIENDE Á RESTABLECER EL EQUILIBRIO DE LAS ENERGÍAS QUE SE HALLAN PRESENTES, CON EL MENOS ESFUERZO POSIBLE.

Protoplasma.

Dados estos principios directores de la energética, podemos comprender como,

bajo la influencia de las diferencias de materia y de energía que se hallan presentes en un medio tan extenso como el Océano cuando cubría toda la superficie del globo, pudieron formarse enormes aglomeraciones de substancia protoplásmica que se multiplicaron incesantemente durante larguísimo períodos.

En efecto, la energía de la substancia protoplásmica se manifestó por la absorción de las materias inorgánicas del medio y su elaboración.

Esta energía, transformándose, produjo la adaptación al medio, es decir, un estado de equilibrio entre la materia organizada y la materia inorgánica.

Esos son fenómenos de *vida*.

Como hemos dicho, todos los experimentos de nuestros laboratorios nos han permitido identificar, tras numerosos análisis, los elementos de la materia organizada y los de los cuerpos inorgánicos. Infinitas síntesis nos han permitido reconstituir, partiendo de esos elementos inorgánicos, cuerpos idénticos á los producidos por los organismos vivientes (alcoholes, azúcares, cuerpos grasos, éteres, esencias, alcaloides, úrea).

La célula y su núcleo.

Modificándose las condiciones del medio, se rompió el equilibrio entre el protoplasma y el medio, siendo necesario el establecimiento de un nuevo estado de equilibrio.

Siendo esencialmente inestable, la masa protoplásmica había de tender á concentrarse de manera que encontrase en un núcleo sólido un punto de apoyo, una reserva de energía para luchar contra las energías exteriores. Así es como puede concebirse el paso de la substancia protoplásmica á la célula: su única diferencia consiste, en efecto, en la presencia de un núcleo.

Provista ya de un depósito de energía de que poder servirse, la célula tiende á desarrollarse. Toma al medio ambiente todo lo que puede contribuir á ese objeto, es decir, saca de él todas las substancias que pueden suministrarle las energías necesarias á su conservación y elimina las que no pueden suministrárselas ó que tienden á destruir la energía adquirida.

La presencia de esas reservas de energía siempre utilizables por la célula para su conservación y para su reproducción es lo que la diferencia esencialmente de la molé-

cula inorgánica. La *vida* consiste en el acto de poner por obra esas reservas de energía. La vida no es, pues, más que una de las *formas de la energía*.

Reproducción de la célula.

La célula crece, pero no indefinidamente. Cada especie de ser organizado tiene una estatura limitada por las circunstancias físicas exteriores y por su energía propia. Cuando una célula ha alcanzado cierto volumen, no crece más, se divide.

Lo que caracteriza la energía celular es precisamente el hecho de dividirse y de conservar en cada uno de los fragmentos el conjunto de los caracteres de la célula primitiva y especialmente su tipo distintivo. Así es como la célula difiere de la molécula inorgánica por propiedades de auto-conservación y de auto-reproducción.

Llegado á su límite de crecimiento, el individuo celular se fracciona y cada fragmento se desarrolla, evolucionando á su vez como el individuo de que procede.

Tal es el procedimiento reproductor tipo íntimamente ligado á la asimilación y á la desasimilación por la célula de los elementos que provienen del medio ambiente.

El estudio de la embriología y de la histología demostrará cuáles son esos diferentes procedimientos derivados del procedimiento tipo.

Unas veces la célula se divide en dos ó varios fragmentos (*fisi-paridad*), los cuales se desarrollan en individuos nuevos. Otras veces el individuo generador da salida en una región de su cuerpo á una expansión ó brote que se desarrolla en un nuevo individuo (*yemación*, brote ó yema). Otras, la masa protoplásmica se enquistá, se divide, en un tiempo relativamente corto, en fragmentos primeramente unidos y que, en el momento en que se rompe la envoltura del quiste quedan libres y constituyen otros tantos individuos nuevos (*esporulación*, esporos). Otras el generador da nacimiento en el interior de su cuerpo á montones de células (gémulas) que son rechazadas hacia el exterior y constituyen nuevos individuos (*gemulación*). Otras sucede que dos células se atraen, se penetran, se unen y se separan en seguida (*rejuvenecimiento*) para dar nacimiento á series de generaciones nuevas, hasta el momento de un nuevo rejuvenecimiento. Otras, en fin, dos células se unen de una manera más completa (*conjugación*), etc.

Antes de examinar los diferentes tipos de seres vivientes, es indispensable estudiar las diferentes formas celulares de que se derivan.

Moneras.

Las moneras, que carecen de forma precisa, equivalen á cúmulos de materia protoplásmica y representan la vida orgánica en su forma más rudimentaria.

Amibas.

De este organismo elemental se diferencia una célula con núcleo. Podemos seguir su evolución estudiando los seres unicelulares actuales (protozoarios). Estos seres están constituidos por una célula única (vegetal, animal ó no diferenciada aún).

Teoría de la gástrula.

Después se agrupan las células formando un conjunto cuyo tipo recuerda la mora, constituyendo un nuevo grado de seres vivientes (*mórula*).

Siguen los grupos de células que se organizan separándose del centro y dirigiéndose hacia la periferia; de esta manera forman una esfera hueca (*blástula*).

Sucede que en un momento dado, la parte superior de la blástula se acerca á la parte inferior por un hundimiento en forma de dedo de guante, y la blástula queda transformada en *gástrula*.

Hojas germinativas.

En tal estado se manifiesta un proceso nuevo y en la gástrula las células que forman la parte interna y la parte externa del dedo de guante se diferencian cada vez más. Se disponen en capas ú hojas que se denominan las *hojas germinativas*.

La hoja germinativa interna, desarrollándose durante la sucesión de los siglos, ha dado nacimiento á los órganos de nutrición y ha formado así los diversos aparatos de las funciones de la vida vegetativa.

De la hoja externa se derivan los aparatos de las funciones animales (músculos, nervios, piel, órganos de los sentidos), en una palabra, los órganos que sirven para la vida de relación, que nos pone en relación con el mundo exterior.

A partir de aquí queda determinado todo lo necesario á la vida del ser superior.

Hállanse, sea en los fósiles, sea en los seres vivientes actuales, puntos de contac-

to suficientes para reconstituir, si no todos los anillos de la cadena infinita de los seres, al menos la dirección de las ramas principales de este árbol genealógico tan frondoso, cuyas raíces, las diferentes formas de la célula, han ido á buscar en el protoplasma, es decir, en el terreno fecundo de los elementos inorgánicos, la materia y la energía suficientes para explicarnos su prodigioso desarrollo.

Embriología.

No se crea que sea esto una hipótesis imposible de comprobar. La embriología, ciencia cuyas leyes nos son conocidas y que nos permite observar fenómenos y comprobar experimentos, prueba lo contrario.

Siguiendo el desarrollo de los órganos de un ser viviente cualquiera, desde la célula ovular hasta el nacimiento, se ve pasar rápidamente el embrión por todas las formas que han debido atravesar sus antepasados prehistóricos.

Así es como, respecto del hombre, vemos en la fecundación dos células que sufren una reducción previa (emisión de los glóbulos polares del óvulo, división de los espermatoцитos en espermatozoides, después

se funden en una sola célula que *sucesivamente y sucintamente* pasa por los grados de mórula, blástula y gástrula. En seguida somos semejantes á nuestros antepasados acranios, de los cuales el *amphioxus*, especie de pez sin cabeza, es un ejemplar vivo aún. Hacia la cuarta semana de la vida embrionaria, tenemos, como los pescados, arcos braquiales, los cuales desaparecen hacia la sexta semana. Continuando nuestro desarrollo revivimos en algunos meses el largo drama del desenvolvimiento de la especie á través de las edades.

Los datos de la embriología nos permiten colmar así las lagunas que pueden existir en la paleontología y precisarlos.

Anatomía comparada.

Interviene entonces la anatomía comparada, y cuando se estudia la construcción interna de los organismos, se ve que, á pesar de las diferencias exteriores, hay unidad de estructura. La herencia viene á explicar claramente las semejanzas cuando la adaptación había explicado las diferencias.

Comparando, por ejemplo, las extremidades anteriores de los mamíferos, el examen demuestra que la disposición y el nú-

mero de los huesos son los mismos, y sin embargo en el hombre la adaptación ha hecho de la extremidad anterior una mano, en el perro una pata, en la foca una especie de natatoria, en el delfín una natatoria, en el murciélago un ala, en el topo una suerte de pata-piquete, etc.

Todos los vegetales y todos

los animales están formados

de células.

A los que se admiren de que un animal tan grande como un elefante descienda de una simple célula de algunas milésimas de milímetro de diámetro, se le puede observar primeramente la duración inconmensurable de los períodos geológicos, que se evalúan aproximadamente á 50 millones de años, y después que la evolución de una célula ovular y su transformación en un ser muy complicado es un fenómeno insignificante que se verifica incesantemente en rededor nuestro.

Sobre este asunto citaremos estas frases tan precisas de Hæckel (*Tratado de Psicología celular*, traducción francesa de Jules Soury):

Innumerables como las estrellas del cielo son

los miles y miles de células que componen el cuerpo gigantesco de una ballena ó de un elefante, de una encina ó de una palmera, y, no obstante, el cuerpo monstruoso de esos gigantes, al principio de su existencia, lo mismo que el cuerpo ínfimo de los más pequeños organismos, no es más que una célula minúscula, invisible á simple vista, la célula ovular.

Pero cuando la célula comienza á desarrollarse, pronto nace de sí misma, por división repetida, una masa considerable de células semejantes que se disponen en capas ú hojas germinativas.

.....La formación de los tejidos, que vemos efectuarse bajo el microscopio con una rapidez admirable, no es sino una breve repetición, determinada por la herencia, de un largo proceso histórico que ha durado millones de años en cuyo curso la división del trabajo aparece poco á poco en la lucha por la existencia, por la adaptación de las células á las diferentes funciones de la vida.

Clasificaciones.

Hay un error que se comete con frecuencia y contra el cual conviene hallarse prevenido, procedente de la dificultad de explicarse la existencia simultánea en nuestra época de tantos vegetales y animales diferentes. Se ha llegado á creer, por ejemplo, que todos los animales son los antecesores del hombre; es también pueril imaginarse que todos los hombres que han existido

son los antecesores de cada uno de nosotros. Derivan únicamente todos, lo mismo que todos los animales y todos los vegetales, de antecesores comunes, las primeras células, nacidas del protoplasma ancestral, derivado él mismo de algunos elementos inorgánicos.

Se trata de un árbol genealógico ramificado en todos sentidos. Para encontrar la rama á que se refiere determinado animal, ha de fijarse su lugar por sus caracteres y los de las formas ancestrales á que puede comparársele, á lo que se llega por medio de la paleontología, la embriología y la anatomía comparada. Suele costar mucho conseguirlo, porque han desaparecido muchos seres de los períodos anteriores, y la evolución individual (embriología) no es más que un resumen de la evolución de la especie, resultando que la clasificación metódica es una operación delicadísima. Para colmar ciertas lagunas ha sido necesario hacer suposiciones aceptables; aunque, apresurémonos á manifestarlo, la existencia de tales lagunas no debilita la teoría general, sino que la confirma por el contrario, debido á que, de tiempo en tiempo, un descubrimiento como, por ejemplo, el del antro-

popiteca (hombre mono, intermediario entre el mono y el hombre) pone á nuestra vista el *eslabón que faltaba* á la cadena.

A fin de dar idea clara de la teoría transformista, réstanos indicar rápidamente la serie de los antecesores animales del hombre, según Hæckel. A través de esta larga enumeración recuérdese que la evolución de los seres ha concordado con la de la Tierra. Las primeras apariciones de la vida se producirían verosímilmente cuando el globo se hallaría enteramente cubierto de agua. Durante mucho tiempo no habría más que seres acuáticos. A la aparición de los continentes, algunos animales acuáticos se convertirían en terrestres pasando por el grado de *anfibios*.

Nuestros antecesores habrán sido sucesivamente célula, mórula, blástula, gástrula, gusanos, peces sin cráneo, peces, anfibios, lagartos grandes, especie de kanguros, monos y hombres.

Las grandes leyes de la evolución

de los seres vegetales y animales.

Como introducción á esta enumeración, conviene recordar que la doctrina del *Transformismo*, entrevista apenas por Kant y

otros, fué expresada claramente por primera vez por Lamarck en 1809.

A Juan Lamarck (1744-1829) se debe la determinación de los principios de la adaptación y de la herencia. Se definen actualmente estos principios como sigue (definiciones de Roule):

ADAPTACIÓN.—*La adaptación es la propiedad que posee todo ser viviente de disponer, en la medida de lo posible, su organismo en relación con la acción que las circunstancias circundantes ejercen sobre él y de adquirir por ello cualidades nuevas.*

HERENCIA.—*La herencia es la propiedad que posee todo ser viviente de transmitir á sus descendientes, en las circunstancias normales, las cualidades de forma y de funciones que él mismo presenta y de conservar las que tiene.*

SELECCIÓN.—A esos dos grandes principios, Carlos Darwin (1809-1882) añadió el de la selección «*supervivencia de los individuos mejor apropiados á las circunstancias.*»

Durante el curso del siglo XIX hasta nuestros días, muchos naturalistas han aceptado estas teorías y las han confirmado por innumerables observaciones.

Los progresos de las ciencias físicas, y en particular de la óptica, han hecho retroceder los límites de lo infinitamente pequeño y han permitido examinar lo que sucede en milésimas de milímetros. Los progresos de la química orgánica también han abierto á la observación y á la experimentación un nuevo campo, y, las teorías energéticas permiten actualmente á los filósofos naturalistas tener una concepción racional y unitaria del Universo y de referir á estas teorías la adaptación, la herencia y la selección.

Los seres vivientes pueden ser considerados como transformadores de energía. Esta energía proviene de dos manantiales distintos: á saber: de una parte la herencia (*energía evolutiva ó ancestral*), y de otra el medio ambiente. La energía se transmite en seguida á los descendientes y se restituye al medio cósmico bajo diferentes formas entre las cuales las más insignificantes nos son conocidas (Energías luminosa, química, eléctrica, mecánica, etc.)—(Véase Raphaël Dubois, *Leçons de physiologie générale et comparée*).

Entre los filósofos naturalistas, citaremos particularmente á Ernesto Hæckel, que ha

tenido el gran mérito de coordinar y de utilizar los trabajos de sus predecesores, los de sus contemporáneos y los suyos propios, desprendiendo de ellos un conjunto de doctrinas exento de metafísica.

Tomándolo de él, como antes hemos indicado, vamos á bosquejar rápidamente la serie de nuestros antepasados animales.

Entre las formas ancestrales que indicamos, unas se han perpetuado hasta nuestra época, otras han desaparecido y no podemos conocerlas sino por los recursos que nos ofrecen la paleontología, la embriología y la anatomía comparada.

Antepasados invertebrados

del hombre.

—1. *Moneras*. — Organismos sin órganos.

—2. *Amibas*. — Células simples; partículas protoplásmicas con un núcleo. La amiba equivale al huevo de todos los animales.

—3. *Sinamibas*. — Aglomeración de células (mórula).

—4. *Blasteados*. — Esferas huecas llenas de líquido y cuya pared está formada por una sola capa de células (blástula).

—5. *Gastreados*.—Modificación de la blástula por un hundimiento en forma de dedo de guante (gástrula).

—6. *Tubelariados*.—Gusanos inferiores. Diferenciación de las partes internas del cuerpo. (Sistema nervioso rudimentario, órganos rudimentarios de los sentidos, de la secreción y de la generación).

—7. *Scolécidos*.—Aparición de la sangre y de una cavidad esplánica. La cavidad esplánica es aquella en que se desarrollan las vísceras (en griego *splagknon*).

—8. *Cordados*.—Formación de una médula espinal y de una cuerda dorsal.

Antepasados vertebrados del hombre.

—9. *Acranios*.—(El amphioxus actual da idea de la transición entre los invertebrados y los vertebrados por su embriología.) Es el último superviviente de los acranios. Carece de cabeza, cráneo y cerebro. Los acranios se distinguen por la formación de segmentos del tronco, por la diferenciación más perfecta de los órganos (por ejemplo, desarrollo más perfecto de la médula espinal y de la cuerda dorsal y principio de la distinción de los sexos). Todos los invertebrados precedentes eran hermafroditas, ex-

cepto los de los tres ó cuatro primeros grados, que eran asexuados.

—10. *Monorhinianos*. — Monorhinianos significa «con una sola nariz.» Craniados imperfectos. Las extremidades anteriores de la médula y de la cuerda dorsal se modifican y se convierten en cerebro y cráneo rudimentarios. (Actualmente están representados por los ciclóstomos, los myxinoídes y las lampreas).

—11. *Selacios* (escualos actuales, tiburones, etc.).—División de la nariz en dos mitades simétricas, esqueleto maxilar, vejiga natatoria, dos pares de miembros (aletas).

—12. *Dipnoos*.—Intermediarios entre los pescados y los anfibios. Metamorfosis de la vejiga natatoria en pulmón aéreo. Transformación de las fosas nasales en vías aéreas.

—13. *Sozobranquios* (han dado nacimiento á la clase de los anfibios).—Transformación de las aletas en extremidades de cinco dedos y simultáneamente branquias y pulmones. Formación más completa de diversos órganos, entre otros de la columna vertebral.

—14. *Sozoures*.—Pierden en la edad adulta las branquias que tenían durante su

juventud, pero conservan la cola como las salamandras y los tritones actuales.

—15. *Protanniotas*.—Desarrollo del amnios (membrana que sirve de envoltura al feto), del caracol y de la ventana redonda (oreja) y del aparato lacrimal. De los protanniotas descienden los reptiles, las aves y los mamíferos, incluso el hombre.

—16. *Protomamíferos*.—(Forma ancestral común á todos los mamíferos.) Transformación de las escamas en pelos; formación de las glándulas mamarias para amamantar los hijos.

—17. *Marsupiales*.—(kanguros actuales).—Transición entre los monotremos y los placentarios, es decir, entre los animales de una sola abertura, para la orina, el semen y los excrementos y los animales de placenta. La placenta es un órgano adherido al útero y que comunica con el feto por medio del cordón umbilical. En los marsupiales la gestación es en parte uterina y en parte externa. Tienen huesos marsupiales y una bolsa formada por un repliegue de la piel del vientre en la cual los hijuelos acaban de desarrollarse.

—18. *Prosimios*.—Forma ancestral de

los verdaderos monos y del hombre. Formación de una placenta. Pérdida de los huesos marsupiales y de la bolsa. Desarrollo del cuerpo calloso cerebral (banda blanca que reúne diversas porciones del cerebro).

—19. *Monocercos*.—Monos catarhinos, es decir, de narices abiertas debajo de la nariz. Transformación de la dentadura. Cambio de las garras en uñas.

—20. *Antropoides*.—El orangután y el gibbon asiáticos actuales, el gorila y el chimpancé africanos actuales descienden de esos antropoides. Pérdida de la cola y pérdida parcial de los pelos. Predominio del cráneo cerebral sobre el cráneo facial.

—21. *Antropopitecos* (hombres-monos).—Habitación á la estación vertical. Diferenciación más completa de los dos pares de extremidades (manos y pies).

—22. *Hombres*.—Desarrollo de la laringe y del cerebro. Lenguaje articulado.

Desde miles de siglos los hombres se desarrollan y se perfeccionan.

He ahí las teorías que resultan de las innumerables observaciones coordinadas por

los naturalistas y que ignoran aún hoy la mayoría de los hombres.

Al lado de esta clasificación tipo de las formas ancestrales del hombre, puede concebirse una clasificación semejante para cada especie animal ó vegetal y una clasificación general de los animales y de los vegetales.

El hombre y el medio en que vive.

Sabemos ya que el hombre no es más que el resultado de transformaciones de la materia y de la energía.

Su estado actual es una forma de equilibrio entre las acciones que ejerce sobre él el medio y las reacciones que él mismo ejerce sobre ese medio.

Su personalidad no puede, pues, separarse del medio actual ni de los medios anteriores, cuyas propiedades le han sido transmitidas por los seres de quienes es continuador en el tiempo.

Está, por consiguiente, sometido á todas las leyes que rigen el Universo y nada hay en él incondicionado.

El día en que se pueda formular una tabla de todas las formas de energía, podre-

mos prever con muchísima verosimilitud la acción de todas las formas de energía sobre el hombre y la reacción del hombre sobre ellas, es decir, sobre el medio.

De donde resulta que cuanto más conocimiento de la materia y de la energía y de sus leyes haga el progreso más motivos de acciones y de reacciones descubrirá el hombre.

Actualmente todo debe dirigirse á poner al hombre en las condiciones más favorables para que pueda sin ningún obstáculo obedecer á las leyes generales de la substancia (materia-energía), conservarse y desarrollarse todo lo posible, percibir, lo mejor que pueda, las menores diferencias de intensidad en el sistema energético de que forma parte y producir el máximum de trabajo útil para sí con el menor esfuerzo posible.

Todo el conjunto de la ciencia actual ha de encaminarse á una sociología científica, es decir, á determinar cuáles deben ser las relaciones de los hombres entre sí y con el resto del Universo, para llegar á aquel resultado.

Energía nerviosa.

Hasta aquí hemos estudiado la evolución

de la substancia á través de los mundos, la Tierra y el ser viviente, y hemos visto que toda esta evolución está determinada por variaciones y transformaciones de energía. Réstanos considerar el funcionamiento del ser viviente desde el punto de vista energético.

El ser viviente se apropia las provisiones de energía de que necesita para su conservación y su desarrollo. Se relaciona con el medio ambiente por los órganos de los sentidos, los que pueden considerarse como la prolongación circundante de un aparato compuesto de células nerviosas.

Este aparato se pone en movimiento bajo la influencia de una excitación que se propaga de un punto á otro por intermedio de algunas de esas células. La excitación propagada se manifiesta de diferentes maneras por una modificación en el estado de un centro nervioso y tiene, por consiguiente, una reacción. Hay, pues, entre la excitación y la reacción que produce, transformación de la energía excitadora en otra forma de energía, y podemos, por tanto, sin hacer hipótesis alguna, asegurar que la célula nerviosa obra bajo la influencia de una forma especial de energía, que pode-

mos denominar *la energía nerviosa*, tan claramente caracterizada como las energías del átomo y de la molécula y que se transmite por el aparato nervioso.

Todas las acciones y reacciones que tienen su asiento en el organismo, pueden ya explicarse por variaciones y transformaciones de la energía nerviosa, es decir, por cambios en el conjunto de los equilibrios existentes entre las diferentes formas de energía del organismo y las diferentes formas de energía del medio que le rodea.

La energía nerviosa, como todas las otras formas de energía, es transitoria, ó sea una forma pasajera que proviene de la transformación de otras formas de energía y se transforman á su vez en otras formas de energía. Así los fenómenos de combustión que se verifican en ciertas células, se transforman en el organismo en energía térmica, conservando por ello la temperatura del cuerpo. En otros casos, bajo la influencia de una excitación, la energía nerviosa se transforma en energía mecánica (movimientos reflejos, movimientos voluntarios). Por último, en otros casos, bajo una excitación exterior ó interior, la energía nerviosa se transforma en otra forma de energía, la

energía intelectual, que se manifiesta por una *sensación*, una *imagen*, una *idea*.

Para concebir la posibilidad de esta transformación, hay que tener en cuenta la naturaleza particular de las células nerviosas, cuya energía parece ser, sobre todo, de naturaleza química. Algunas formas de esta energía se hallan singularmente facilitadas por las excitaciones anteriores, lo mismo que ciertas reacciones químicas son facilitadas por las *acciones catalíticas*. Los agentes catalíticos, ó sea aquellos á quienes una acción muy débil puede determinar una reacción considerable, son, en el caso de la célula nerviosa, la *memoria*, la *herencia*. Gracias á esas dos propiedades, la energía nerviosa, puesta en juego una primera vez por una excitación dada, llega á desarrollarse cada vez más fácilmente bajo la influencia de la misma excitación ó de una excitación de la misma naturaleza, produciéndose un estado particular que la célula parece reconocer y cuya repetición produce una especie de *adaptación* cada vez más íntima. Este fenómeno de la *memoria* ha sido definido por E. Herring. «*Las propiedades de la substancia viviente, merced á las cuales ciertos procesos dejan en el ser viviente*

unas reacciones que favorecen la repetición de esos procesos.»

Estas propiedades de la célula que, en sus formas más generales determinan la adaptación y la herencia, se convierten en su más alto punto de evolución, la memoria.

Energía intelectual.

Uno de los problemas más difíciles consiste en establecer las relaciones que existen entre el ser viviente considerado como un conjunto de células y el pensamiento que manifiesta. La concepción de la energía puede ayudarnos á explicar los fenómenos intelectuales.

En primer lugar, efectivamente, nos damos cuenta de que todo trabajo intelectual exige un *esfuerzo* y que este esfuerzo no puede ser ilimitado. Al cabo de cierto tiempo se produce un agotamiento, y para renovar el esfuerzo el ser necesita nueva provisión de energía. Luego *todo trabajo intelectual está unido á un gasto de energía*. Por consiguiente, podemos afirmar que existe una forma particular de energía mensurable, que se manifiesta por el trabajo intelectual y que podemos llamar *la energía intelectual*.

Esta energía es una forma particular de la energía nerviosa á la cual está íntimamente ligada, pero con la que no ha de ser confundida. Lo mismo que la energía nerviosa, proviene de transformaciones de otras formas de energía en un aparato especial, el *cerebro*.

Así como la energía cinética se transforma en energía mecánica y ésta en las otras formas que hemos estudiado ya, la energía nerviosa se transforma en energía intelectual. La *sensación*, resultante de una excitación exterior, llega, por intermedio de células nerviosas, á otras células nerviosas situadas en el cerebro y donde la sensación se transforma en *percepción consciente*. Este paso de la sensación á la percepción consciente está unido á transformaciones de energías diversas que se manifiestan á la vez por una variación de presión (energía mecánica), por reacciones intercelulares (energía química) y por una variación de temperatura (energía térmica). Hasta es probable que haya variaciones del estado eléctrico. Concíbese cuán difícil es en el estado actual de la ciencia, dar indicaciones precisas sobre este asunto, puesto que para tenerlas se necesitaría experimentar sobre

el cerebro de un ser viviente y pensante. Señalaremos, no obstante, los experimentos tan concluyentes que han permitido establecer la teoría de la localización de las funciones cerebrales.

La percepción se transforma en *imagen* y las imágenes, gracias á la memoria, se asocian y se transforman en *ideas*. Eso es lo que representa la energía intelectual.

Como toda forma de energía, la energía intelectual es reversible, y la idea, por una transformación inversa, podrá suscitar el *acto* (movimiento, palabra, etc.). De donde resulta que así como la sensación suscita la imagen y la imagen la idea, la idea evoca la imagen y la sensación.

Se ve, pues, que la ENERGÍA INTELECTUAL no difiere sino por sus manifestaciones especiales de las otras formas de energías de las cuales posee todos los caracteres generales:

RESULTA DE TRANSFORMACIONES DE ENERGÍA, SE CONSERVA, SE TRANSMITE Y SE TRANSFORMA EN OTRAS ENERGÍAS.

No es, pues, necesario recurrir á hipótesis más ó menos sobrenaturales para explicarse los fenómenos intelectuales. La com-

probación de la naturaleza energética de los fenómenos intelectuales nos basta para tener la certidumbre de que, aun los problemas no resueltos encontrarán una solución tan científica como todos los problemas físicos, químicos y mecánicos y que las teorías de la energía suministrarían esa solución.

Podemos esperar que el estudio de la energía intelectual hará los mismos progresos que la de la energía eléctrica el día en que pueda operarse sobre los aparatos intelectuales lo mismo que se opera sobre los aparatos eléctricos.

Energía social.

Hemos visto que la sola presencia de dos cuerpos hace que entre ellos exista la energía de distancia. Del mismo modo entre dos individuos dotados cada uno de energía intelectual se manifiesta una forma especial de energía. Es la *energía social*. Lo que se ha convenido en llamar la sociedad resulta únicamente de la presencia simultánea de individuos.

Se ha establecido entre estos individuos un cierto estado de equilibrio resultante del juego de todas las energías que se hallan

presentes. Cada individuo en ese estado particular depende á la vez de su naturaleza, de la del medio circundante y de la de los otros individuos. Como ser viviente será caracterizado siempre por el hecho de tender á apropiarse todo lo que necesita para su conservación y desarrollo. A condición de que pueda asimilarse así toda la substancia que le es indispensable podrá desarrollar su energía, puesto que esta energía resulta de transformaciones de las energías circundantes. Por consiguiente, en su estado actual de evolución, el hombre necesita para su desarrollo cuerpos y energías de naturalezas muy diversas. Es preciso, pues, que esos cuerpos y esas energías estén á su alcance cada vez que tenga necesidad de ellos. Resulta, por consiguiente, necesaria la constitución de las reservas de esos cuerpos y de esas energías, reservas que deben estar á cada instante á la disposición de todos los individuos y en cantidad suficiente para que cada individuo pueda tomar de ella como lo exija su conservación.

Hemos visto hasta aquí en todas partes y siempre que todas las transformaciones de energía se regían de modo que el mayor

trabajo se efectuase siempre con el menor gasto de energía. El día en que los fenómenos de la energía social sean suficientemente conocidos, todos los hombres deberán poder desarrollarse lo más posible con el *mínimum* de esfuerzo. La energía social alcanzará entonces su *máximum* de desarrollo.

Por lo demás, las energías intelectuales de los individuos tienen como resultantes ideas sociales. Estas ideas tienden á desarrollar la energía social en sentidos diferentes. Se constituyen así estados de equilibrio alrededor de ciertas ideas directoras cuya evolución ha dirigido hasta aquí el sentido de la evolución social. Pero este equilibrio se modifica con las variaciones de las ideas individuales en cuanto algunas de éstas han llegado á ser suficientemente fuertes para modificar el efecto de las ideas antagónicas. Se concibe que en un momento dado pueda establecerse un estado de equilibrio alrededor de una idea común que permita, como hemos dicho, realizar el *máximum* de energía social con el *mínimum* de esfuerzo. Ese estado corresponderá al de una sociedad en que cada individuo tendrá el *máximum* de felicidad. A ese

objeto deben tender todas las energías humanas.

Término de la evolución de la Tierra.

Volviendo á ocuparnos de la Tierra, podemos formarnos una idea del término de su evolución.

Continuando el enfriamiento, el calor se disipará cada vez más en el espacio y la energía total del planeta disminuirá progresivamente hasta el día en que, extinguida su actividad propia, no recibirá más que la radiación de la energía procedente de la estrella á cuyo rededor gravita.

En aquel momento no podrá ya reaccionar contra la acción de aquel astro, y siendo su masa más débil que la de él ó de otro astro próximo, será fatalmente obligada á juntarse al que ejerza sobre ella la acción más poderosa.

Es posible que antes haya ejercido su acción sobre su satélite atrayéndole hacia sí, modificando así su estado por fenómenos semejantes á los que se produjeron cuando su formación. Pero su duración será únicamente prolongada, siendo al fin absorbida y disgregada, restituyendo su materia y su energía al Universo.

Cuando llegue aquel momento, el hombre, bajo su forma actual, habrá desaparecido seguramente mucho antes; habrán surgido nuevas formas de vida y habrán evolucionado, adaptándose á las condiciones nuevas, y si el mismo planeta desaparece, el hecho, en la evolución de la substancia universal, no será más que una transformación de energía.

Se producirán diferencias de intensidad de energía entre dos puntos del universo; un mundo, es decir, un sistema de energía habrá desaparecido para renacer bajo una forma diferente.



Catálogo de las obras

publicadas hasta ahora

Cartilla *(Primer libro de lectura)*

Dedicado á la enseñanza racionalista de niños y adultos; contiene, además de la enseñanza del mecanismo de la lectura, fundado en un sistema original, una aplicación práctica del conocimiento recién adquirido en que se expone de un modo conciso y sencillísimo la existencia del universo.

Libro utilísimo á los niños, á las mujeres y á los hombres, por cuanto destruye la base fundamental del error y prepara el conocimiento de la verdad.

Aventuras de Nono por JUAN GRAVE

Traducción de A. Lorenzo

(Segundo libro de lectura)

Sólo quien, como su autor, siente entusiasmo por la verdad manifestada en su espléndida belleza en medio de los convencionalismos y errores de la sociedad actual, es capaz de escribir un libro como éste destinado á robustecer el sentido común inicial en la inteligencia de los niños y hacerles impenetrables á la preocupación estacionaria.

Patriotismo y Colonización

(Tercer libro de lectura)

Instruidos ya los alumnos con la lectura de *Aventuras de Nono* acerca de la diferencia que hay entre Argirocracia y Autonomía, hallarán en este tercer libro de lectura detalles más que suficientes para rechazar los horrores que se cometen en defensa de intereses mezquinos, cobijados bajo convencionalismos altisonantes.

Origen del Cristianismo

(Cuarto libro de lectura)

CAPÍTULO I. Origen de las religiones.—II. El Sol.
III. El Fuego.—IV. El Evangelio.—V. El Culto.
VI. Los Santos.—VII. La Ciencia.

Crítica positiva é irrefutable, que ilumina la inteligencia del alumno, si no en la infancia, después, hombre ya, cuando intervenga en el mecanismo social; utilísimo además por no dirigirse exclusivamente á las escuelas primarias, sino á las libres escuelas de adultos.

Cuaderno Manuscrito

Destinado á secundar, en la parte que le corresponde, la difusión de la verdad, y facilitar la lectura de los múltiples caracteres de letra usados en la vida práctica.

Epítome de Gramática Española

por FABIÁN PALASI

Obra exenta de sofismas religiosos y sociales, tan abundantes, á guisa de ejemplos, en los libros análogos de enseñanza tradicional.

Resumen de la Historia de España

por NICOLÁS ESTÉVANEZ

Con notas editoriales y un Apéndice de *Volney* sobre la *Historia* á propósito para generalizar la crítica histórica.

Compendio de Historia Universal

por CLEMENCIA JACQUINET

TOMO I.—Tiempos prehistóricos hasta el Imperio Romano.

TOMO II.—Edad Media y Tiempos Modernos.

TOMO III.—De la Revolución Francesa hasta nuestros días.

Su lectura, para los niños de ambos sexos, es necesaria como obra inspirada en la moderna pedagogía, y para los adultos es un resumen histórico, breve y verídico en que se halla la explicación de instituciones y acontecimientos que difícilmente se encontrará en las grandes historias.

La Substancia Universal

por A. BLOCH y PARAF-JAVAL

Última palabra de la ciencia; resumen de filosofía natural; obra utilísima para fijar las ideas de los maestros y suministrar base racional y científica á sus conocimientos, y para iniciar á los alumnos en la vía positiva de la verdad.

Nociones de Idioma Francés

por LEOPOLDINA BONNARD

Método producto de la práctica, sancionado por el éxito obtenido por su aplicación en la Escuela Moderna.

y, naturalmente, adaptado á la generalidad de las condiciones de los alumnos; muy al contrario de lo que suele suceder con todos sus similares, en que el alumno es sacrificado á las exigencias muchas veces rutinarias del autor y del profesor.

Hállanse en preparación y estudio cuantos libros son necesarios para completar una biblioteca pedagógica racional, libre y exenta de errores.

Para cada volumen se fija el precio de **2 pesetas**
La **Cartilla**, por excepción, su precio **1** »

A los señores corresponsales se les hará el 25 % de descuento.

A los envíos al Exterior, se carga además el franqueo.

A las escuelas se les bonificará con un descuento especial.

Toda la correspondencia y valores diríjense al Administrador

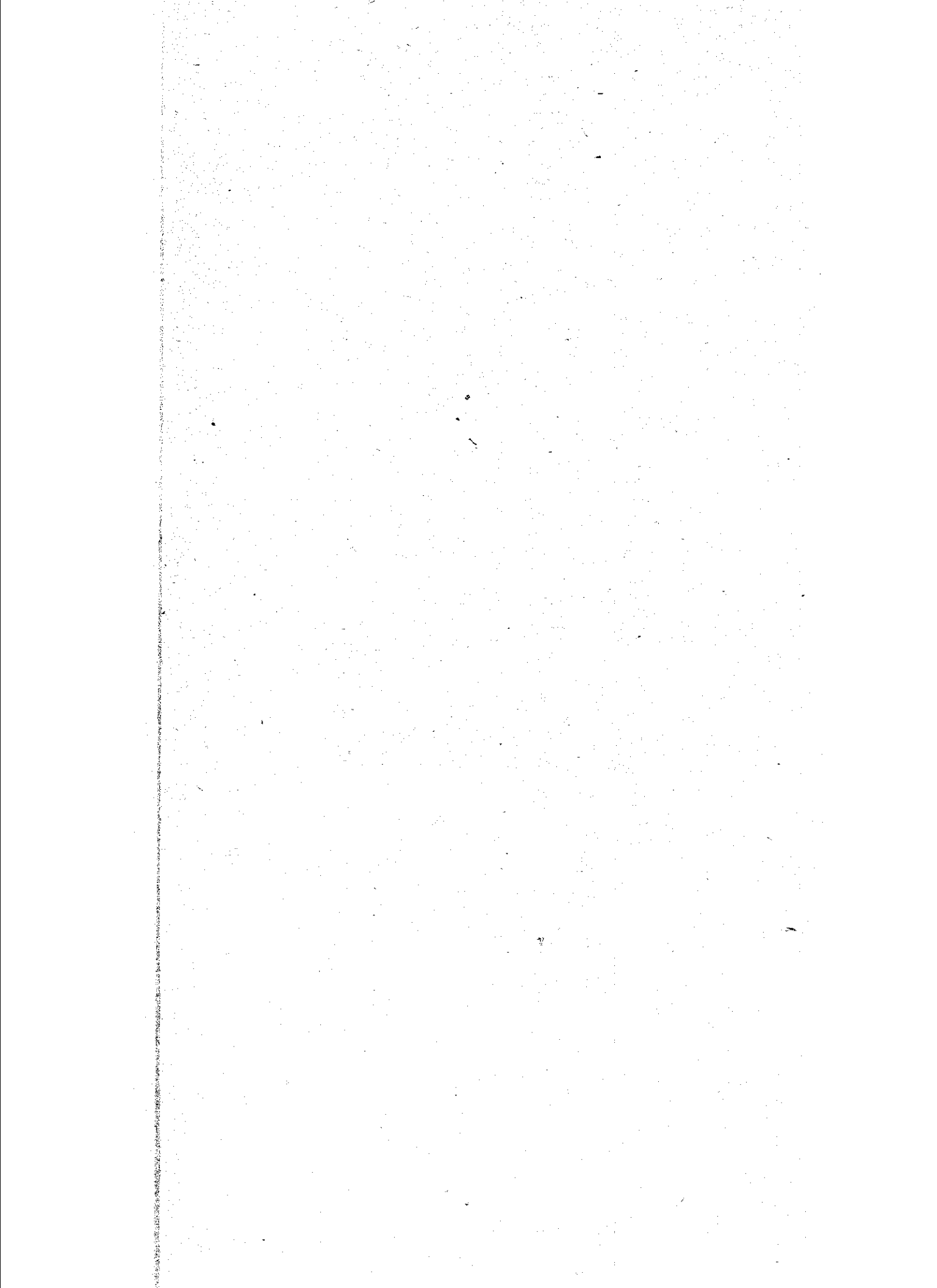
ESCUELA MODERNA

Calle Bailén, 56 - BARCELONA

BOLETÍN DE LA ESCUELA MODERNA

Publicación mensual, á excepción de julio y agosto, dedicada á la difusión de las novedades pedagógicas y al estudio de los importantes temas que abren amplia vía al progreso de la humanidad; utilísimas á los profesores y á cuantas personas deseen estar al corriente de la moderna orientación del pensamiento.

Precio, **2 ptas.** anuales; Exterior, **2'50**



ESCUELA MODERNA
CALLE DE BALIA BARCELONA

