

7
(c) 2007 M...

6387

— AUTO-FOTOGRAFIA.— AUTO-ELECTROGRAFIA.—

APUNTES

DE

FÍSICA Y QUÍMICA

POR

DON VICTORINO G. DE LA CRUZ

DOCTOR PREMIADO.



CUADERNO 1.º

LEON 1878.



I.º - Nociones fundamentales.

Cuerpos. Se encuentra el hombre rodeado de multitud de objetos que impresionan sus sentidos y que reciben el nombre de cuerpos. Un trozo de hierro, el agua contenida en un vaso, el aire que respiramos, en fin, cualquier objeto de que podamos tener conocimiento por conducto de alguno de nuestros sentidos, será un cuerpo.

Materia. Se llama así la sustancia de que están formados los cuerpos. El concepto de materia es un concepto abstracto de que se ocupa la Metafísica. Nada conocemos a ciencia cierta de la materia, pues aunque los metafísicos le atribuyen alguna o algunas de las propiedades comunes a todos los cuerpos, sostienen diversas y hasta contradictorias opiniones sobre el particular. Cuando nosotros empleemos la palabra materia lo haremos siempre en el sentido indicado "sustancia que forma los cuerpos" sin prejuzgar nada acerca de sus cualidades.

En unos cuerpos hay distinta cantidad de materia que en otros: en un trozo de hierro que pesa dos kilogramos hay doble cantidad de materia que en otro que pesa uno solo; es triple la cantidad de materia del agua contenida en un vaso de tres litros que la del mismo cuerpo contenida en un vaso de un litro. Se llama masa de un cuerpo a su cantidad de materia. Como se ve es muy fácil comparar las masas de cuerpos de una misma sustancia: para cuerpos de sustancia diferente hay que atender a una propiedad que es común a todos y de la que hablaremos mas adelante.

Fenómenos. Son todos los hechos que presentan los cuerpos. El movimiento de una locomotora y de una vaporación del agua de lluvia, la produc-

ción de luz en el hierro que se saca de la fragua, la combustión de una bujía, todas las alteraciones que nos presentan los cuerpos en sus cualidades, se llaman fenómenos. Esta palabra se aplica también al mundo moral, y sabido es que en el lenguaje vulgar se emplea como sinónimo de objeto raro ó de hecho extraordinario.

Energía. La idea de energía es para nosotros respecto de los fenómenos lo que la de materia respecto de los cuerpos. Para aclararla, volveremos sobre los ejemplos anteriores. La locomotora puede moverse con más ó menos rapidez; el agua de la lluvia se puede evaporar más ó menos deprisa; el hierro que de la fragua sale puede producir más ó menos luz. Esta mayor ó menor intensidad de los fenómenos se llama su energía. Es susceptible de medida ó comparación en fenómenos de la misma ó de diferente naturaleza, pues todos ellos pueden convertirse en hechos de la misma especie, como después veremos.

Origen de los cuerpos y de los fenómenos. Dos son los elementos del universo material: los objetos y los hechos. Los objetos son los cuerpos, los hechos son los fenómenos. El primitivo origen de unos y de otros es la creación por la Divinidad; pero en los continuos cambios que observamos á nuestro alrededor, siempre los cuerpos proceden de otros cuerpos y los fenómenos de otros fenómenos, de tal manera que la cantidad total de materia del universo, y la cantidad total de energía no sufren ni aumento ni disminución. Por eso se ha dicho que nada se crea y nada se pierde en la naturaleza.

Clasificación de los cuerpos y de los fenómenos. Obedeciendo á una tendencia natural de nuestro espíritu y para facilitar el estudio, se han formado varias clasificaciones de unos y de otros, reuniendo los que tienen algunas semejanzas. Pondremos ejemplos.

Bajo la denominación de cuerpos simples agrupamos todos aquellos de los cuales no se ha podido obtener mas que una sola clase de sustancia. Llamamos cuerpos compuestos aquellos de los cuales se han podido obtener dos ó mas clases de sustancia. Todos sabemos lo que significan las siguientes palabras: astros, minerales, plantas, animales.

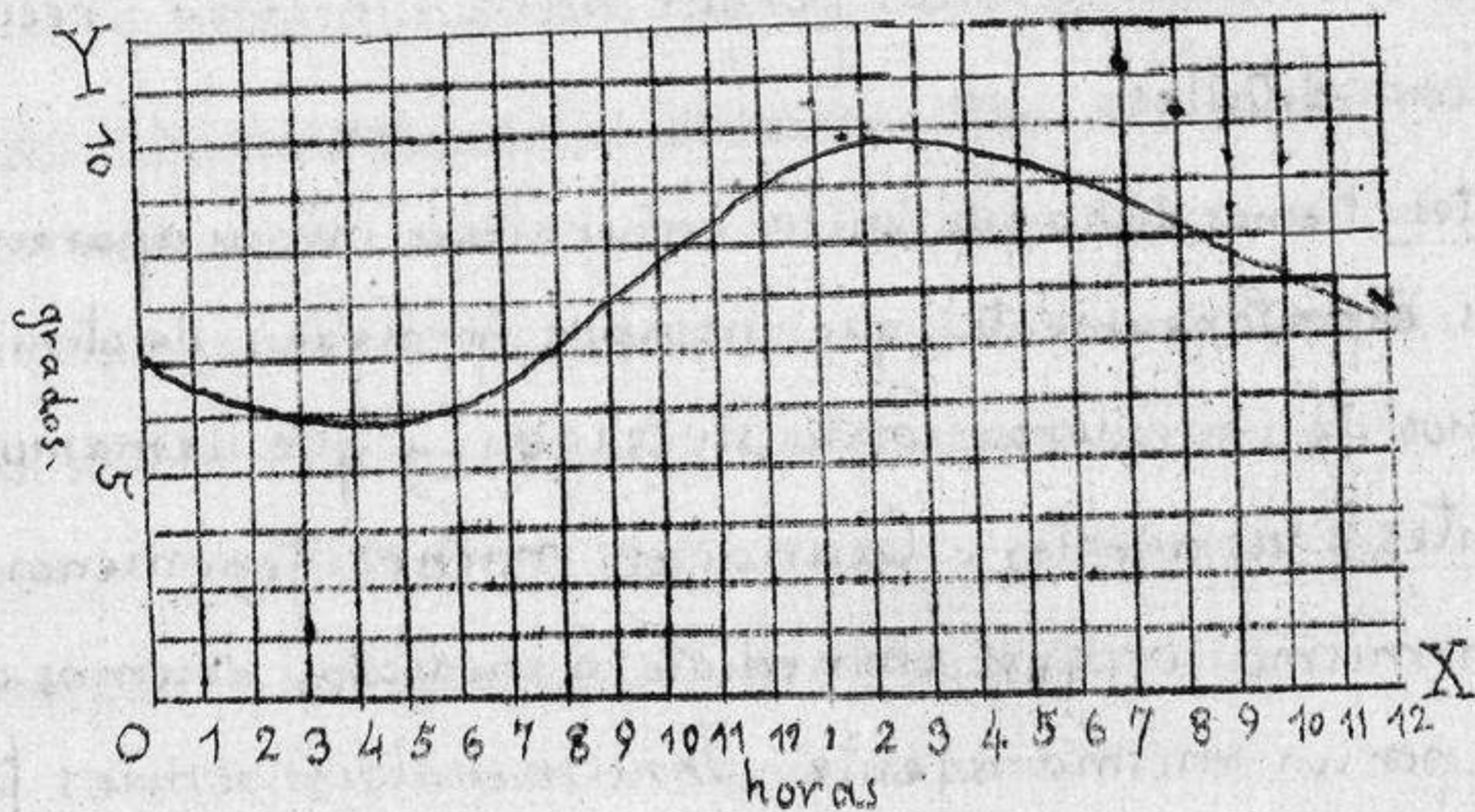
Los hechos que consisten en cambios de lugar se llaman fenómenos de movimiento; los que consisten en movimientos de aproximación de dos ó mas cuerpos, fenómenos de atracción; los que percibimos por medio de la vista, fenómenos de luz; los que consisten en la unión de varias sustancias ó en la separación de las que entran en un compuesto, fenómenos de afinidad; no necesitamos explicar lo que son fenómenos de calor y fenómenos vitales. Hay algunos grupos de hechos, como son los fenómenos eléctricos, de los cuales no podríamos dar ahora ninguna idea porque para ello sería preciso describirlos con detalles.

Agentes. Hemos dicho que en la naturaleza nunca aparecen los fenómenos espontáneamente, que siempre proceden de otros á los que debemos de considerar como su origen, y que llamamos sus antecedentes ó sus agentes. Cuando en muchos fenómenos se reconoce un mismo origen, inmediato ó mediato, decimos que son producidos por un mismo agente. Innumerables son los fenómenos del universo; pero la ciencia ha conseguido agruparlos como consecuencias de un corto número de agentes, de tal modo que hoy día no es posible admitir mas de siete, á saber: el movimiento, la atracción universal, la luz, el calor, la electricidad, la afinidad y la vida. Los físicos no buscan la esencia del movimiento, le consideran como el fenómeno mas sencillo y primario.

dial: los otros agentes, desconocidos en su naturaleza, son estudiados solo por sus efectos.

Representación de los fenómenos. Leyes. La observación ha demostrado que los mismos cuerpos en iguales condiciones producen siempre y en cualquier lugar del espacio los mismos fenómenos. Si varía una circunstancia de un fenómeno, esta variación suele producir el cambio de otra u otras condiciones. Se llama ley a la relación que guardan entre sí las circunstancias variables del fenómeno. Si consideramos de dos en dos estas variables, podremos representar la relación de sus magnitudes por medio de una línea referida a dos rectas que se cortan, como se ve en el siguiente ejemplo:

La temperatura del aire marcada en grados de calor por un aparato llamado termómetro varía en las diferentes horas de un día. Si sobre dos rectas OX y OY , que se cortan (1) tomamos partes iguales que nos re-



presenten la OY grados de calor, a contar desde 0° , y horas en la OX , a contar desde las doce de la noche; trazando por los puntos de división dos sistemas de paralelas a la OX y a la OY , se formará una cuadrícula, y podremos, observando el termómetro de hora en hora, marcar en las rectas pa-

(1) Casi siempre se trazan las rectas perpendiculares, aunque podrían

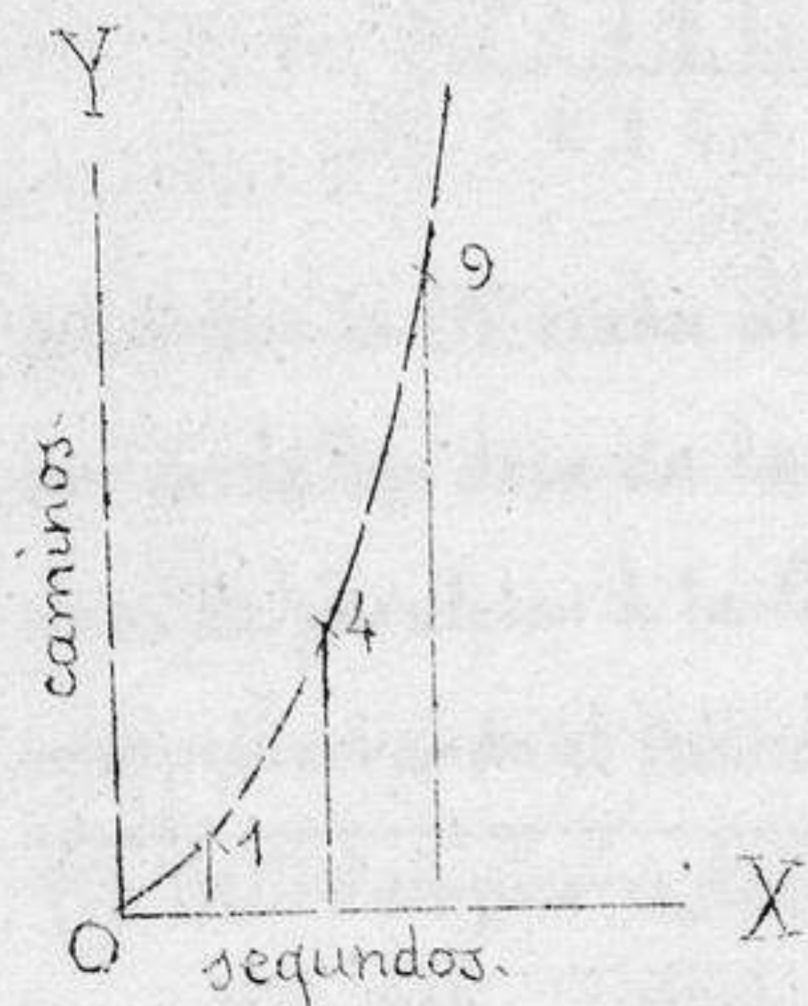
...



rales a la OY las temperaturas observadas: uniendo los puntos por medio de una línea continua, esta nos dará una idea de las alteraciones de la temperatura, con tanta mayor exactitud cuanto mayor sea el número de observaciones que hayamos hecho. Los físicos no han encontrado otro medio de representar el fenómeno citado, porque la curva que resulta en diversos días es diferente y suele estar llena de irregularidades. Dicen que la ley general de esta clase de fenómenos es desconocida o que no puede enunciarse en términos matemáticos.

Otro ejemplo. Si se deja caer verticalmente un cuerpo durante un segundo de tiempo vemos que en Madrid recorre 4m^28996 ; si le dejamos caer durante dos segundos, recorre un camino cuatro veces mayor; si durante tres segundos, el camino es nueve veces mayor; y así sucesivamente, siempre se observa que el camino recorrido en un cierto número de segundos se obtiene multiplicando el espacio recorrido en el primero por el cuadrado del número de segundos; es decir, que si llamamos q al camino recorrido en el primer segundo, el espacio e recorrido en t segundos, será $e = qt^2$ y expresaremos esta relación en la siguiente ley o enunciado:

si dejamos caer un cuerpo durante tiempos diferentes, los caminos que recorre son proporcionales a los cuadrados de los tiempos. Pues bien, haciendo una construcción semejante a la del ejemplo anterior, podemos representar la relación entre las variaciones de las circunstancias tiempo y



camino recorrido, por la curva de la segunda figura. El enunciado, la fórmula y la curva expresan una misma ley, y los geómetras llaman á la igualdad $e=qt^2$ ecuacion de la curva citada.

Basta observar atentamente, en muchos casos la ecuacion de un fenómeno para enunciar desde luego las leyes en ella contenidas. Se consideran las variables de dos en dos con sus exponentes ó radicales, y se vé si multiplicada una de ellas por un número, es preciso multiplicar ó dividir la otra; su potencia ó raíz, por el mismo número para que subsista la ecuacion. En el primer caso diremos que las variables, sus potencias ó sus raíces, se hallan en razon directa; en el segundo, en razon inversa. O de otro modo mas práctico: conoceremos que dos variables se hallan en razon directa siempre que formen los dos términos de un quebrado, ó que trasformando la ecuacion una sea el numerador y la otra el denominador de un mismo quebrado; y en razon inversa cuando formen los dos factores de un producto, ó se pueda conseguir esto trasformando la ecuacion; porque sabido es que el valor de un quebrado no varia multiplicando sus dos términos por un mismo número, y el valor de un producto tampoco varia multiplicando un factor por un número y dividiendo otro factor por el mismo número. En ambos casos subsiste la ecuacion.

Entre las variables de un fenómeno pueden existir relaciones que no sean de proporcionalidad. Los enunciados que en este caso resultan al querer traducir la ecuacion son algo

complicados por lo que se prefiere dejar la fórmula sin traducción al lenguaje ordinario, discutiéndola para examinar los diferentes valores que pueden tener las variables.

Si del enunciado de una ley se quiere pasar a la fórmula de la misma no habrá más que igualar a una constante la razón de las dos variables que figuran en la ley, si la proporcionalidad es directa; ó igualará a una constante el producto de las mismas, si la proporcionalidad es inversa. El valor de las constantes se calcula substituyendo en la fórmula los de las variables obtenidos en un experimento.

Las ecuaciones referentes a un mismo fenómeno se pueden transformar ó reunir en una sola por los métodos que el álgebra enseña y que nosotros tendremos ocasión de aplicar.

Teoría. Suele llamarse así el conjunto ordenado de leyes relativas a varios fenómenos - producidos por un mismo agente. También se llama teoría a la explicación de un fenómeno. Así decimos: "teoría de la luz" y en ella se incluyen todas las leyes relativas a los hechos que este agente produce; "teoría del arco iris" es la explicación de este fenómeno.

Ciencias positivas. Son las que se ocupan del universo material. Distínguense del resto de los conocimientos humanos en que sus verdades se refieren siempre a cantidades susceptibles de medida, y en que podemos asegurarnos de la certeza de sus proposiciones por medio de los sentidos. Como nuestros conoci-

mientos son muy limitados, hay multitud de problemas acerca de los cuerpos que no han sido resueltos por la ciencia; pero aun en estos se ve la posibilidad de que lleguemos a satisfactorias soluciones; por lo que se ha dicho que las ciencias positivas "se ocupan de lo determinado y de lo determinable."

Son ciencias positivas las matemáticas, la mecánica, la física, la química, la biología, la astronomía, la geología, la mineralogía, la botánica y la zoología. Hemos dicho que en el universo hay objetos y hechos — cuerpos y fenómenos —; pues bien: algunas de estas ciencias, como la mineralogía, se ocupan principalmente de objetos — los minerales —; en otras, como la mecánica, predomina el estudio de los fenómenos — los movimientos —; y en otras por fin, como la química, se estudia gran número de fenómenos y gran número de objetos.

Para que se comprenda bien el lugar que corresponde a la física y a la química en la serie de los conocimientos positivos daremos una breve idea de los principales. Esto será más útil que pretender definir exactamente nuestras ciencias, cosa imposible de realizar antes de conocer con algún detalle los cuerpos y los fenómenos de que tratan.

Todos los cuerpos ocupan un cierto espacio, y todos los fenómenos duran un cierto tiempo: las matemáticas, estudiando las leyes del tiempo y del espacio, formarán los conocimientos más generales que podremos adquirir acerca del universo material, y servirán de fundamento al estudio de las demás ciencias. La mecánica estudia el agente más elemental o fenómeno más sencillo que se nos presenta:

...mientos son muy limitados, hay dificultades de problemas, etc.
...de los cuerpos que no han sido resueltos por la ciencia, por
...en estos se ve la posibilidad de que lleguen a ser
...soluciones, por lo que se ha dicho que las ciencias
...se ocupan de lo determinado y de lo indeterminable.
...con ciencias positivas las matemáticas, la mecánica, la
...la química, la biología, la astronomía, la geología,
...la botánica y la zoología. Hay otros que en
...objetos de hechos — cuerpos y fenómenos —, pero
...estas ciencias, como la mineralógica, se ocu-
...de objetos — los minerales —, en obras, como
...el estudio de los fenómenos — los min-
...y los cuerpos —, se estudian
...de los objetos.
Para que se comprenda bien el lugar que corresponde a
la física y a la química en la serie de las ciencias, por
los caracteres que tiene de las ciencias. Este ser-
muy útil que pretender definir estas ciencias, como
las, como posible de realizar, antes de conocer con algún
detalle los cuerpos y los fenómenos de que tratan.
Toda la ciencia depende en cierto modo y todos los fe-
nómenos ocurren en cierto tiempo y en cierto espacio, en
dicho las leyes del tiempo y del espacio, formando los
procedimientos más generales que producen algunos
del universo material y servirán de fundamento al estudio
de las ciencias físicas. La mecánica estudia el estado y el
elemental o fenómeno más sencillo que

el movimiento ó sea el cambio de posición de los cuerpos en el espacio con el tiempo. La física se puede considerar como un conjunto de ciencias puesto que se ocupa en sus diversas partes de varios agentes, que producen otras tantas series de fenómenos, á saber: atracción, luz, calor y electricidad. La organización de los sentidos permite que aun las personas menos científicas tengan una idea de algunos de estos agentes, lo que nos dispensa de su definición; pero no sucede lo mismo con otros, como la electricidad, del que solo conocen un efecto, el rayo, ó mejor dicho, el ruido y el resplandor que le acompañan. Vemos que no es posible tener, antes de haber estudiado la física, una idea exacta de esta ciencia, ni mucho menos, establecer de antemano una definición que limite la extensión de la misma, pues nadie nos asegura que no se puedan descubrir agentes análogos á los citados. El estudio de la química comprende dos partes: en la una se ocupa de un agente llamado afinidad, semejante á los de la física, que produce fenómenos de composición y descomposición de la sustancia de los cuerpos; en la otra se pasa revista á todos los simples y compuestos que se han descubierto, estudiando en cada uno de ellos las cualidades de su sustancia. La biología se ocupa de las leyes que rigen los fenómenos peculiares á los seres vivos. La astronomía estudia los astros; la geología, la estructura de la tierra; y la mineralogía, botánica y zoología, estudian respectivamente los minerales, las plantas y los animales.

Observacion y experiencia. Conocida es la acepcion vul-

El movimiento o sea el cambio de posición de los cuerpos en el espacio con el tiempo. La física se puede considerar como un conjunto de ciencias puente que se ocupan en sus diversas partes de varios aspectos que producen otros tantos aspectos de los fenómenos, a saber: atracción, calor y electricidad. La organización de las ciencias permite que sean las personas que se ocupan de ellas tengan una idea de algunos de estos aspectos, lo que nos proporciona una definición; pero no sucede lo mismo con otros, como la electricidad, del que solo conocemos un efecto, el que es el mejor ejemplo, el agua y el vapor, que se acompañan. Veremos que no es posible tener, antes de haber estudiado la física, una idea exacta de esta ciencia, ni muchos otros. Pero de antemano una definición que limite la extensión de la misma, pues nadie nos asegura que no se puedan descubrir aspectos análogos a los citados. El estudio de la física comienza con la física; en la cual se ocupa de un aspecto llamado afinidad, semejante a los de la física, que produce fenómenos de comportamiento y descomposición de la materia de los cuerpos; en la cual se ocupa de los aspectos de la física y de los aspectos que se han descubierto, estudiando en cada uno de ellos las características de su estructura. La biología se ocupa de las leyes que rigen los fenómenos biológicos, como los seres vivos. La astronomía estudia los astros; la geología la estructura de la tierra; y la mineralogía, botánica y zoología, estudian respectivamente los minerales, las plantas y los animales.

gar de estas palabras, que conviene con su significación en el lenguaje científico. Diremos sin embargo, que se suele llamar observación al estudio de los fenómenos naturales que presenciarnos sin tomar en ellos parte activa; y experiencia al estudio de los fenómenos á cuya producción contribuimos con nuestra actividad. Los hechos que se estudian por experiencia se llaman experimentos. Una aurora polar es fenómeno que estudiamos por observación; para conocer como se verifica el paso de la electricidad á lo largo de los hilos telegráficos se apela á la experiencia. Cada uno de los hechos que se estudian con el objeto de averiguar como este paso se produce, cambiando la longitud, el grueso, la sustancia etc. de los hilos, será un experimento.

Método experimental. En los antiguos libros de filosofía se dá escasa importancia á la observación de los hechos naturales como medio de formación de las ciencias, y aunque hay monumentos que parecen demostrar grandes conocimientos en geometría y en astronomía, dependió el que se desarrollasen estos, de que el método deductivo es el mas apropiado para adelantar en los primeros, y de que es difícil al contemplar los movimientos de los astros no desear saber las leyes á que obedecen. De la física, y de la química sobre todo, bien escasas fueron las noticias que los antiguos filósofos consignaron en sus obras, y siempre mezcladas con errores, dependientes en su mayor parte de la importancia que se dió á la investigación de las causas primeras, y del escaso interés con que se miraba la indagación, por observación directa, de

las causas próximas ó condiciones en que los fenómenos se producen. Inventaban los antiguos sus sistemas filosóficos para explicar la organización del mundo, pero no buscaban como apoyo de sus aseveraciones la comprobación práctica; bastábales el que estos sistemas fueran producto de su imaginación, confundida muchas veces con la razón. Ciertamente que no faltaron sabios eminentes aun entre los griegos que hicieran algunas observaciones, pero fueron tan escasas, que quedaron como hechos aislados insuficientes para la formación de las ciencias físicas.

Vivieron en la edad media unos sabios llamados alquimistas que en su afán de conseguir la resolución de los más extraños problemas, como la transformación de los metales en oro, hicieron multitud de ensayos ó experimentos, con los cuales, si bien es verdad que no consiguieron su propósito, fundaron un nuevo método y una nueva ciencia. El método, seguido todavía en la investigación de principios desconocidos y en la demostración de los conocidos, se llama método experimental: la nueva ciencia es la química.

En el siglo XVI se publicó por el inglés Bacon el "novum organum" célebre tratado de lógica inductiva, complemento del antiguo "organum" de Aristóteles, en el que se da mucha importancia al método deductivo y muy escasa al inductivo que es el más apropiado para la investigación en la física, la química, la fisiología y en otras análogas ciencias. Los preceptos de Bacon practicados por Galileo, Stevino, Pascal, Boyle, Newton, Fresnel, Franklin,

Coulomb, Davy, Faraday, Lavoisier, Scheele, Berzelius, Gerhardt, Berthelot y otros muchos que sería prolijo enumerar, han dado por resultado un prodigioso desarrollo en las ciencias físicas y químicas.

Hipotesis científicas. Cuando a pesar de la aplicación del método experimental no se consigue la explicación verdadera de los hechos, la ciencia admite interinamente "explicaciones probables", cuya principal utilidad es el servir de guía en las nuevas indagaciones. La historia de la ciencia nos enseña como se han hecho los descubrimientos: unos son debidos a la casualidad; otros proceden del trabajo de los sábios. Al aparecer un fenómeno del que se ignora la explicación, se le "supone" originado por otro fenómeno conocido y se hacen comprobaciones prácticas para averiguar si realmente existen relaciones entre ambos. Como se vé, toda indagación parte de un "supuesto" que se llama hipótesis, que sirve de guía en los trabajos experimentales. Ocurre muchas veces que no dan resultado las comprobaciones hechas, porque no podemos disponer de medios adecuados de experimentación; entonces se consignan en la ciencia los supuestos o hipótesis mas probables y satisfactorias. Esto tiene dos ventajas: la de poder, con dichos supuestos, dirigir los experimentos de indagación, y la de dar unidad a la exposición de la ciencia, llenando, siquiera sea provisionalmente, sus lagunas o vacios. Sobre cada fenómeno sin origen conocido se pueden inventar multitud de hipótesis; pero es evidente que de

bemos dar preferencia á aquella ó á aquellas que presentan mayor grado de probabilidad aunque sin perder de vista que estamos expuestos á equivocarnos tomándolas como explicaciones verdaderas. Si las hipótesis ideadas no son susceptibles de comprobación experimental, no éntran en el dominio de las ciencias positivas, pues ofrecen muchos inconvenientes y ninguna ventaja. A estas hipótesis se refería Newton en su célebre frase "física guárdate de la metafísica"

Dos hipótesis principales. Siendo el movimiento el más sencillo de los hechos conocidos, todas las hipótesis que se admiten en nuestras ciencias para explicar los fenómenos, consisten en considerarlos como formas de movimiento, con lo que aparecen unificados todos los agentes. En ocasiones este movimiento hipotético parece residir en una sustancia corpórea que no impresiona directamente nuestros sentidos. Esto conduce á la admisión de un cuerpo hipotético también, dotado de las principales propiedades que observamos en los demás y que ha recibido el nombre de éter.

Inducción. Es la operación lógica por la que se descubren y prueban las proposiciones generales ó leyes; el procedimiento que nos conduce (inducit) á afirmar que lo que es verdad para un cierto número de hechos ó de objetos, lo es para todos los de la misma especie, con tal de que todas las circunstancias sean idénticas, si se exceptúan las de tiempo ó época y posición ó lugar en el espacio. Siempre que se induce se admite como verdad fuera de duda

la constancia de las leyes naturales, alterables solo por Dios que es quien dispone que se cumplan.

Deducción. Es la operación lógica inversa de la inducción por la que afirmamos que lo que es cierto para todos los objetos ó fenómenos de un grupo lo es para cada uno en particular. Vemos que nada realmente nuevo nos enseña la deducción cuando se aplica á leyes descubiertas por inducción. Es, sin embargo, útil en muchos casos para la exposición de la ciencia, y se emplea también al indagar nuevas verdades aplicándola á las hipótesis científicas, que no son más que una mezcla de inducción y de invención; pero entonces, para aceptar como cierto el resultado, hay que comprobarlo por la experiencia. He aquí porqué digimos hace poco que las hipótesis sirven de guía en la experimentación.

Procedimientos de medida. Todas las determinaciones que tenemos que efectuar se reducen á medidas de tiempo y á medidas de espacio.

Medida del tiempo. Se puede considerar al tiempo como una cualidad de los fenómenos. Tomando como unidad el tiempo que dura un fenómeno determinado, repitiendo el fenómeno una, dos, tres etc., veces, los tiempos trascurridos serán dobles, triples, cuádruples etc., Para la medida del tiempo se ha elegido el movimiento, como hecho más sencillo. Los cronómetros ó relojes son máquinas que nos sirven para dividir y subdividir el tiempo que transcurre mientras los astros hacen sus revoluciones.

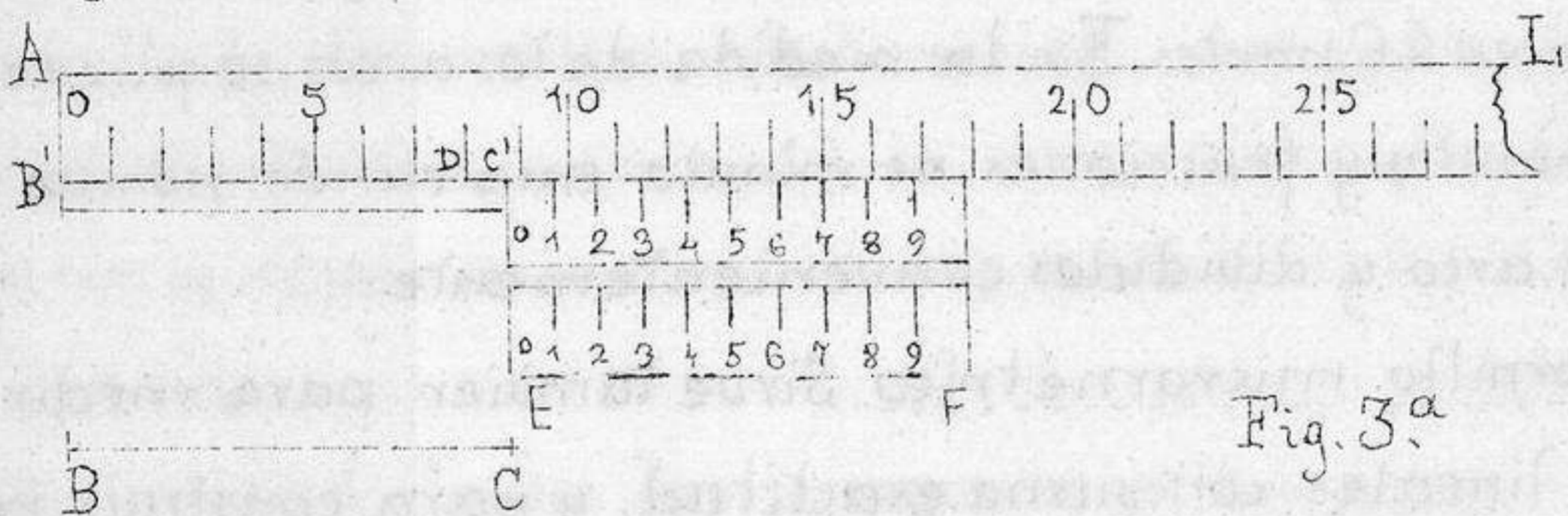
Medida del espacio. Puede considerarse el espacio como una cualidad de los cuerpos. Se toma por unidad la extensión de un cuerpo determinado, y por comparación podemos medir la de todos los demás. La geometría práctica enseña a medir la extensión de volúmenes, de superficies y de líneas. Conviene muchas veces obtener medidas con mayor exactitud de la que permiten las divisiones de una regla, que si están muy próximas no se ven con claridad; entonces se apela a varios artificios, como el empleo de la llamada "escala de mil partes", el del "nonius" y el del "tornillo micrométrico". La escala de mil partes se usa en las construcciones gráficas, para tomar magnitudes con el compás: el nonius y el tornillo micrométrico tienen mucha aplicación en las ciencias experimentales.

Nonius ó Vernier. Recibe estos dos nombres porque fué inventado por dos geómetras: uno portugués llamado Nuñez y otro francés llamado Vernier. Explicaremos el nonius decimal recto que sirve para apreciar décimas de milímetro, y su teoría será aplicable con fáciles alteraciones al nonius de arcos de circunferencia y a los que se hallen divididos con arreglo a otro sistema distinto del decimal.

- Fig. 3.^a - AL es una regla dividida en partes iguales que supondremos milímetros (1). Para saber el valor de la lon-

(1) Con objeto de hacer mas clara la figura, la hemos amplificado y cada división corresponde a tres milímetros.

gitud rectilínea BC haremos que una de sus extremidades coincida con la extremidad O de la regla. Si la otra C' coincide exactamente con alguna de las divisiones, el número de las comprendidas entre B' y C' será la medida que se pide. Pero esto es una casualidad; en la generalidad de los casos la extremidad C' quedará entre dos líneas de división. Su medida será entonces la suma de BD (ocho milímetros) y de DC', que vamos a ver como valuamos en dé-

Fig. 3.^a

cima de milímetro. Para esta valuación sirve la reglita EF que es la que recibe el nombre de nonius o vernier. Tiene de largo nueve milímetros y se halla dividida en diez partes; de modo que cada una de estas partes valdrá $\frac{9 \text{ milímetros}}{10}$ ó nueve décimas de milímetro: la diferencia que hay entre cada división del nonius y cada división de la escala es pues, $\frac{10}{10} - \frac{9}{10} = \frac{1}{10}$ una décima de milímetro. Coloquemos el nonius a lo largo de la escala de manera que coincida su extremidad 0 con el extremo C' de la recta B'C'; observaremos entonces que una división (la 7.^a) se encuentra muy próxima a una de las de la regla ó que con ella coincide. Si admitimos que la coincidencia tiene lugar en la 7.^a división, la 6.^a se encontrará un décimo de milímetro, de su inmediata en la regla; la 5.^a a $\frac{2}{10}$ de milí-

metro; y así sucesivamente, cada división del nonius quedará retrasada una décima de milímetro más que la anterior: la raya cero (que dista siete divisiones de la raya 7.^a) quedará a una distancia de 7 décimas de milímetro de la división D que se encuentra a su izquierda. La distancia DC' valiendo por lo tanto 7 décimas, la longitud de B'C' es 8 mm 7, con un error que no puede pasar de 0 mm 1. Si quisiéramos que el error no pasará de $\frac{1}{20}$ de mm., construiríamos una reglita de 19 mm. dividida en 20 partes. En la medida de los arcos se pueden apreciar minutos y fracciones de minuto empleando nonius en forma de arco y divididos convenientemente.

Tornillo micrométrico. Sirve también para medir extensiones lineales con suma exactitud, y para construir reglas o escalas graduadas, tomando entonces el nombre de máquina de dividir. Si se da una vuelta completa a un tornillo introducido en su tuerca habrá avanzado o retrocedido en ella una cantidad igual a la distancia que hay entre dos filetes inmediatos del tornillo, contada esta distancia en la dirección del eje del mismo. Claro es que si esta distancia vale un milímetro, por cada centésima parte de vuelta que dé el tornillo, avanzará o retrocederá $\frac{1}{100}$ de mm. Tal es el principio fundamental del tornillo micrométrico. Para poder contar las fracciones de vuelta se une a la cabeza del tornillo un círculo dividido en cien o más partes. Se concibe que los instrumentos con tornillo micrométrico sirvan para obtener medidas más exactas aún que (c) las que se obtienen con el nonius.

II. Nociones acerca de las propiedades de los cuerpos.

Extensión. Todos los cuerpos que podemos observar ocupan una cierta cantidad de espacio con tres dimensiones; es decir que la extensión de los cuerpos es un volumen. La superficie, la línea y el punto son resultado de nuestra abstracción, jamás se encuentran con existencia propia en la naturaleza. La extensión de los cuerpos puede ser alterada en su magnitud y en su forma.

Divisibilidad. Todos los cuerpos conocidos pueden ser fraccionados; por eso decimos que son divisibles. La experiencia demuestra que las partes en que dividimos los cuerpos pueden ser tan diminutas que no impresionen á ninguno de nuestros sentidos. Hay objetos "invisibles" por su pequeñez; los hay reducidos á polvo "impalpable"; los vapores olorosos ó perfumes pueden hallarse tan esparcidos en el aire que no los percibamos con el olfato; y las materias sápidas en mínima cantidad no impresionan al sentido del gusto. El olfato y la vista son los órganos mas delicados en la apreciación de pequeñas cantidades de algunas sustancias. La sensibilidad del gusto no es tan grande; y la del tacto menor todavía. He aquí algunos ejemplos.

Experimento. Si tomamos un miligramo de "fuchsina", materia colorante roja, y lo disolvemos en un litro de alcohol,

que contiene unas 35000 gotas, tendremos en cada gota $\frac{0.001}{35000} = \frac{1}{35 \text{ millones}}$ de gramo de la citada materia colorante;

es decir, que un gramo puede muy bien ser dividido en 35 millones de partes. Dejando secar sobre el papel una gota de la disolución preparada (Fig 4^a) apreciamos la existencia de

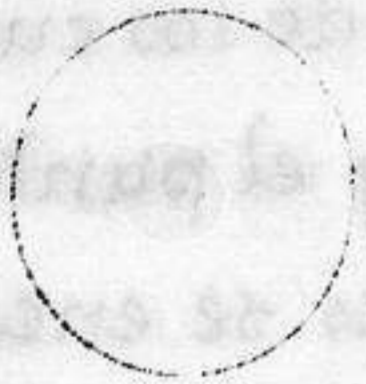


Fig. 4^a Fuchsina $\frac{1}{35000000}$ de gramo

materia colorante. Nuestro sentido de la vista es muchos miles de veces mas sensible que las balanzas mejor construidas.

Es incalculable por su pequenez la cantidad de materia olorosa que, desprendida del almizcle ó de otros perfumes puede impresionar el

sentido del olfato, pues las mas delicadas balanzas no aprecian con exactitud la pérdida de peso que estos cuerpos experimentan esparciendo su olor en una cantidad de aire muy considerable.

El siguiente dato nos prueba que la sensibilidad del gusto es muy limitada. El "extracto de coloquintida" es una de las sustancias mas amargas que se conocen, pero su disolución nos parece insípida si contiene solo una parte de extracto por 5000 ó mas partes de agua.

Observamos que nuestros sentidos del olfato y de la vista pueden ser impresionados por cuerpos cuya magnitud, excesivamente pequeña, no acertamos á imaginar. Con ayuda de ciertos instrumentos aun puede ser mayor nuestra sensibilidad; pero es seguro que existen en la naturaleza ó

preparados artificialmente, por ciertos medios de dividir,

cuerpos tan pequeños que ni impresionan nuestros órganos, ni podemos percibir con el auxilio de los instrumentos mas poderosos que se han inventado.

Hipótesis de los átomos. Dos hipótesis únicas se presentan á nuestra mente respecto de la divisibilidad de los cuerpos: ó admitimos que pueden ser reducidos á porciones mas y mas pequeñas sin encontrar nunca el límite á la división; ó admitimos que se hallan constituidos por partes que no podemos dividir física ni químicamente, cuya magnitud, forma y masa son determinadas, y que se han denominado "átomos" palabra sinónima de individuos. Entre las razones que nos conducen á sospechar la existencia de los átomos las mas poderosas son las fundadas en las leyes que rigen los fenómenos químicos, para cuya explicación no se ha sabido inventar ninguna hipótesis que deje mas satisfecho al espíritu. Los autores que la defienden admiten también que varios átomos pueden unirse por "fuerzas" poderosas llamadas "de afinidad", constituyendo grupos inalterables en los fenómenos físicos y que llamaremos "moléculas" (pequeñas moles). Se supone además que las moléculas de cada cuerpo están enlazadas por "fuerzas" que reciben el nombre genérico de "moleculares", y que se llaman de "cohesion" cuando mantienen unidas las moléculas y de "tension" cuando tienden á separarlas. Diremos pues, aceptando la doctrina atómica como muy probable, que "átomos" son las partes de los cuerpos indivisibles por todos los medios conocidos, y "moléculas" los gru-

pos de átomos reunidos por una fuerza poderosa, siempre atractiva llamada afinidad; que unas moléculas se relacionan con otras en virtud de la cohesión y de la tensión, fuerzas menos poderosas, en general, que las de afinidad; y que si conseguimos romper en un cuerpo todos los lazos de la afinidad, cada molécula estará entonces constituida por un solo átomo.

Distinción convencional entre el hecho físico y el hecho químico. Ocorre á veces la duda de si un fenómeno pertenece al dominio de la física ó de la química. Para clasificarle se atiende á la regla siguiente: si para su explicación se admite que las moléculas no experimentan cambio en el número y posición de sus átomos, el fenómeno es físico y químico en el caso contrario.

Propiedades que se atribuyen á los átomos. Algunos sostienen que los átomos deben de ser extensos e impenetrables; es decir, que tienen un cierto volumen y que dos de ellos no pueden ocupar el mismo lugar. Otros defienden que deben de ser puntos sin extensión, centros donde se hallan aplicadas fuerzas atractivas y repulsivas en diferentes sentidos. Es difícil decidir cual de estas dos opiniones merece mas crédito; pero como podemos prescindir de ambas en el curso de esta obra, admitiremos simplemente la existencia de los átomos sin averiguar su constitución ó naturaleza, problema que se halla fuera de los límites de la física.

un cuerpo ocupa no es constante, varía con algunas de las circunstancias en que el cuerpo puede encontrarse. Si oprimimos en toda su extensión la superficie de un cuerpo, este disminuye de volumen. Si le calentamos ó le enfriamos se observan también cambios de volumen. Por último ocurre muchas veces que poniendo dos cuerpos en contacto, se producen entre ellos acciones físicas ó químicas, acompañadas casi siempre de alteraciones en el volumen. La propiedad, común á todos los cuerpos, de reducirse de volumen cuando se les oprime se llama "compresibilidad." La propiedad, que todos poseen también, de recuperar su volumen una vez que cesa la causa de la alteración, se llama "elasticidad."

Hipótesis de la porosidad. Para explicar los cambios de volumen que sufren los cuerpos cuando varían algunas de las circunstancias en que se encuentran, se suele admitir que las moléculas y los átomos se aproximan ó se separan, según que el volumen disminuye ó aumenta, y que jamás hemos conseguido obtener cuerpos macizos, cuyas partes todas se hallen en perfecto contacto. Es decir, que se supone la existencia de espacios intermoleculares vacíos, que serán mayores ó menores según que el volumen de los cuerpos se hace mayor ó menor. A estos espacios se les ha dado el nombre de "poros físicos" por analogía con las hogueadas que observamos en la madera, la esponja, la piedra pómez, el papel secante etc., apreciables á sim-

ple vista, por el microscopio, o en algun experimento mecánico.

Forma de los cuerpos. Estados. Todos los cuerpos tienen forma. A la simple ispeccion de los que nos rodean distinguimos algunos como las piedras, las maderas, el hierro etc., que poseen forma propia alterable solamente por un cierto esfuerzo: son los sólidos. Otros como el agua, el aceite, el mercurio, etc., que adoptan la forma del vaso donde estan contenidos, y cuya superficie libre, cuando se hallan en reposo, es horizontal: son los líquidos. Hay por último cuerpos como el aire de una habitación, el contenido en una vejiga inflada, el que constituye las burbujas que se desprenden de una bebida espumosa, etc., que careciendo de forma propia, adoptan la de la capacidad donde estan contenidos, diferenciándose de los líquidos en que llenan por completo dicha capacidad: son los gases.

Experimento. En una vejiga cerrada se ha introducido cierta cantidad de aire insuficiente para henchirla, una tercera parte, por ejemplo del que pudiera caber; y se coloca la vejiga bajo una campana de cristal en cuyo interior se vá haciendo el vacío por medio de un aparato llamado máquina neumática. Se observa que á medida que se vá extrayendo el aire que contiene la campana y que rodea la vejiga, el volumen de esta aumenta hasta quedar henchida por completo y tal vez rom-

último, la corta porción de aire que se puso en la vejiga llenará la capacidad de la campana por grande que esta sea. Si no llega á romperse y dejamos entrar en la campana el aire de la atmósfera, la vejiga vuelve á ocupar el mismo volumen que al principio del experimento. Se prueba con estos hechos = 1.º que entre las moléculas de los gases existe una tendencia á la separación; 2.º que son compresibles, pues la vejiga henchida de gas se reduce de volumen cuando viene á oprimirla el aire de la atmósfera; y 3.º que son elásticos, pues recuperan su primitivo volumen cuando cesan las causas que le alteraron. La tendencia de los gases á aumentar de volumen se llama fuerza expansiva, de resorte, elástica, de tensión entre sus moléculas, ó de presión en las paredes de la capacidad que les contiene.

Los estados de los cuerpos son tres = sólido, líquido y gaseoso, que se distinguen perfectamente por las consideraciones que acerca de la forma acabamos de hacer. Muchas sustancias se presentan en los tres estados: el agua sólida se llama hielo; líquida es como la vemos mas ordinariamente; gaseosa ó ^{al estado de} vapor se encuentra encerrada en las calderas de las locomotoras, sale de nuestros pulmones al respirar etc. El hierro, el oro son líquidos á temperaturas muy elevadas. La cera, el plomo, el azufre, se líquidan cuando los aproximamos á la llama de una vela. El aire se líquida si se halla sometido á una fuerte presión á la vez que á un intensísimo enfriamiento.

(1) 2007. Consideraciones relativas á la forma y á los estados

de los cuerpos serán ampliadas en capítulos posteriores.

Observaciones acerca de las propiedades generales. Todos los cuerpos sometidos a nuestra observación son extensos, divisibles y compresibles. No podemos, sin embargo adquirir la convicción de que sean extensos todos los de la naturaleza, pues al ver que en muchos fenómenos disminuyen de volumen, cabe la sospecha de que este volumen llegue a reducirse a cero (1) Respecto de la divisibilidad, los hechos nos inducen a suponer que tiene un límite en el "átomo". Por último, para los físicos que admiten que los átomos son seres extensos e impenetrables, la compresibilidad dejaría de existir desde el momento en que consiguiésemos ponerlos en mutuo contacto a favor de una presión bastante fuerte. Como se vé, ninguna de las propiedades citadas puede ser considerada como evidentemente general, ni por lo tanto, servir de base a la definición de cuerpo.

Más aun que los cuerpos perdieran su extensión, divisibilidad y compresibilidad, siempre ocuparían una posición ó un lugar en el espacio. Esta posición, que muchas veces se ha confundido con la extensión, constituye ya algo esencial que nunca puede faltar. Recordaremos también que al hablar del origen de los cuerpos hemos dicho que la cantidad de materia ó masa de los mismos no sufre aumento ni disminución cualesquiera que sean los fenómenos á que den lugar. Es pues un hecho de observación que la masa es una cualidad que no podemos alterar en los cuerpos: si un cuer-

(1) Cartesio. Physique générale, p. 39.

po se divide, la suma de las masas de los que resultan es igual a la masa del primitivo; y a la inversa: si varios cuerpos se reúnen, el nuevo cuerpo tiene una masa que vale lo que la suma de las de aquellos.

Convendrá que aclaremos la noción de masa, porque es muy importante. En cuerpos cuya sustancia es idéntica bajo todos conceptos las masas son proporcionales a los volúmenes. Si los cuerpos se hallan formados por sustancias de diversas propiedades, se dice que tienen igual masa cuando pueden sustituirse mutuamente en todos los fenómenos de movimiento. La rapidez en la marcha de un tren, la presión que sobre los rails ejerce etc., pueden quedar sin alteración aunque se sustituya su cargamento, piedra, carbon etc. por otro distinto, agua, viajeros etc: diremos entonces que la masa del primer cargamento es igual a la del segundo. La masa de un cuerpo será doble, triple, etc. que la de otro, si aquel puede considerarse dividido en dos tres etc. cuerpos cuyas masas sean iguales a la de este otro. Del estudio de los fenómenos de movimiento resulta pues la noción determinada de masa, y la experiencia demuestra que esta cualidad aparece como indestructible en todos los fenómenos de la naturaleza (1)

Otras muchas propiedades se consideran como generales: todos los cuerpos tienen calor, magnetismo etc. De todas ellas y de las llamadas particulares se ocupa la Física en sus diversos tratados.

(1) Estas ideas han sido publicadas en el primer artículo de



Estos apuntes, autografiados por el catedrático de física y química, se reparten gratis á los alumnos del Instituto de Leon.

