PROPIEDADES GENERALES DE LOS CUERPOS.

LECCION PRIMERA.

Consideraciones generales acerca de la Física; sus relaciones con las demas ciencias; importancia de sus aplicaciones, y exposicion de los medios empleados en diferentes tiempos para adelantar en su estudio.

1. La física, considerada en toda su extension, es extraordinariamente vasta, comprendiendo todos los ramos que conocemos con el nombre de *ciencias naturales;* mas lo que nosotros entendemos propiamente por *Física* es el estudio de los fenómenos que nos presentan los cuerpos de la naturaleza en cuanto afectan á su modo de estar, y el de los agentes ó fuerzas productoras de estos mismos fenómenos. Entre los diferentes ramos del saber que mas ó menos inmediatamente se rozan con esta ciencia, sobresalen las *matemáticas* en toda su extension, empleándose con ventaja, ya para generalizar resultados obtenidos por procedimientos puramente físicos, ya para descubrir en algunos casos relaciones entre fenómenos distantes al parecer; sirviendo siempre como un instrumento poderoso, y haciéndonos conocer las grandes ventajas que el análisis proporciona en todos los casos en que podemos aplicarle. La Quimica es otra de las ciencias que no solo tiene un enlace íntimo con la Física, sino que en realidad es solo su continuacion; puesto que la diferencia, en cuanto á su objeto, consiste en que así como la Física estudia las modificaciones que afectan al modo de estar en los cuerpos, la Química se ocupa de las que se refieren á su modo de ser. De aquí proviene que se diga con harta frecuencia, que en ocasiones es dificil distinguir á cuál de estas dos ciencias pertenece tal ó cual fenómeno; y á la verdad no es estraño que por medios que pertenecen á una de estas ciencias se obtengan resultados que correspondan á la otra: mas sin embargo, podremos siempre conocer á cuál pertenecen, observando que en Física nunca se da lugar á cuerpos nuevos: todos son modificados, como ya llevamos dicho, únicamente en su modo de estar, pero no en su modo de ser, perteneciendo esto á la Química, en la cual por consiguiente se da siempre lugar á la formacion de cuerpos nuevos, sea por la descomposicion del que se someta al experimento, sea por el resultado de la reunion de dos ó mas, si éste fuese el objeto que nos propusiésemos.

Aunque sea dificil dar á una ciencia toda la importancia que reclama antes de haber terminado su estudio, bien se echa de ver desde luego la inmensidad de las aplicaciones de la que va á ocuparnos; ya se considere en cuanto tiene relacion con la mecánica por lo que respecta al aprovechamiento y buen uso de las fuerzas que la naturaleza pone á nuestra disposicion, ya por lo perteneciente al partido que sacamos del calor, de la luz y de los demas agentes llamados fluidos incoercibles é imponderables.

2. Por lo que llevamos ya dicho se infiere, y de la naturaleza de esta ciencia se deduce, que los medios que únicamente podemos emplear para adelantar en su estudio son únicamente la observacion y la experiencia; ó lo que es lo mismo, la observacion pasiva y la observacion activa; esto es, ó estudiando cuidadosamente los fenómenos que se nos presenten, pero sin tratar de reproducirlos ó variarlos, ó bien variando las circunstancias en que se producen, y repitiéndolos cuantas veces creamos necesario hasta descubrir la relacion que exista entre la causa y el efecto, que es hasta donde nos es posible llegar en estas investigaciones; lo cual conseguido, decimos haber descubierto la ley del fenómeno. Desde luego se echa de ver que cuando los fenómenos son tales que no está en nuestra mano su reproduccion, como sucede con el granizo y algunos otros, los adelantos que puedan hacerse nunca serán muy rápidos, de donde resulta que sus causas no nos son suficientemente conocidas; pero cuando podemos repetirlos y variarlos á nuestro arbitrio, como se verifica en el descenso de los graves, logramos conocer perfectamente las leyes que rigen á estos fenómenos.

3. Sin embargo de esto, no en todos tiempos se ha dirigido el hombre por este único camino, que solo puede conducirle á la averiguacion de la verdad; los antiguos filósofos preferian forjarse un mundo á su modo, y en el silencio de su estudio pretender que la naturaleza se amoldase á sus ideas, desdeñándose de interrogarla, y cayendo con frecuencia y por consecuencia de este sistema en no pocos absurdos y aberraciones (1). El abuso de este sistema produjo necesariamente una reaccion que, dando por resultado la creacion de la física llamada experimental, proscribió todo lo que no fuese pura y simplemente experimento, como su mismo título indicaba, tendiendo á hacer de la ciencia una coleccion de hechos notables y curiosos, si se quiere, pero que, faltándoles la trabazon, el enlace y la dependencia, distaban mucho de constituir lo que debemos entender por una verdadera ciencia. Esta época es notable sin embargo: el impulso estaba dado, y no era ya dificil reconstruir la ciencia como se ha verificado sobre las dos sólidas bases de la observacion y la experiencia, de las que es imposible separarse sin aniquilar la ciencia misma. Este es pues el camino que ha conducido á la ciencia á la altura que ostenta en nuestros dias (2), y este es por consiguiente el que hemos de seguir en el curso de estas lecciones; tomando de la observacion un hecho que, estudiado sucesivamente por el raciocinio y el cálculo en su caso, y sometiéndole á la prueba de los experimentos, nos permita, no solo conocerle debidamente y deducir aplicaciones de mas ó menos interes para los diferentes usos de la vida, sino establecer la relacion científica que tenga con los ya estudiados y conocidos, á fin de que nos sirva á la vez de guia y de estímulo para descubrimientos sucesivos.

LECCION II.

Clasificacion de las propiedades de los cuerpos, haciendo notar la necesidad de estudiar separadamente las que únicamente pertenecen á la materia; las que exclusivamente corresponden á los cuerpos, y las que son comunes á unos y otra. Explicacion de los tres estados en que los cuerpos se presentan.

4. Damos el nombre de *cuerpo físico* á todo ser que puede hacer impresion en el sentido del tacto; pues si bien es cierto que no en todos los casos tenemos absoluta necesidad de tocarlos materialmente para asegurarnos de su existencia, no consiste esto de modo alguno en que los otros sentidos puedan reemplazar ni sustituir al tacto, sino que el juicio que formamos en virtud de la costumbre, como veremos al tratar de la Luz, nos da la certidumbre de que la impresion se verificaria, si efectivamente aplicásemos el sentido correspondiente: así es como nos aseguramos de que son cuerpos físicos los edificios, los árboles &c. que descubrimos á distancia.

5. Las circunstancias que los cuerpos presentan, y que ocuparán gran parte de estas lecciones, nos autorizan para considerar estos cuerpos como compuestos de partecillas sumamente tenues que denominamos *átomos* ó *moléculas*, y cuya suma en cada cuerpo es lo que se denomina masa del mismo; de modo que *la masa es la suma de las partes materiales que constituyen un cuerpo.*

6. Los cuerpos producen en nuestros sentidos impresiones ó sensaciones que, referidas á los cuerpos mismos, es lo que denominamos *propiedades;* así la sensacion de la blancura que la nieve nos produce, referida al cuerpo mismo, constituye una propiedad que espresamos diciendo, la nieve es blanca. Entre estas propiedades de los cuerpos, que podemos decir que solas forman toda la ciencia en que nos ocupamos, hay unas que, siendo comunes á todos, reciben el nombre de *generales*, y otras que, no concurriendo en ellas igual circunstancia, se han denominado *particulares.* Sin dificultad se advierte que el estudio de las primeras ha de preceder al de las segundas; así como que de éstas, y no de aquellas, hemos de servirnos para la clasificacion de los cuerpos, mediante la imposibilidad de establecer un órden dado entre objetos cualesquiera, tomando por base una circunstancia ó propiedad que igualmente convenga á todos (3).

7. En las propiedades generales de los cuerpos hay que hacer una subdivision en favor de dos de ellas, á las cuales damos el nombre de *inseparables.* A decir verdad, todas las propiedades son inseparables de los cuerpos; pero la mayor parte son tales que podemos hacer abstraccion de ellas, y considerar al cuerpo como desprovisto de tales propiedades; pero no sucede lo mismo con las dos ya indicadas, que son la *Extension* y la *Impenetrabilidad.*

8. Las demas propiedades generales son la *Porosidad*, la *Divisibilidad*, la *Compresibilidad*, la *Elasticidad*, la *Inercia*, la *Movilidad* y la *Gravedad.* De éstas hay unas, como la extension, la inercia, la movilidad y la gravedad, que pertenecen del

mismo modo á la materia que á los cuerpos; otras, como la porosidad, divisibilidad, compresibilidad y elasticidad, que corresponden á los cuerpos y no á la materia; y finalmente, la impenetrabilidad, que es propiedad esclusiva de la materia. Volveremos á recordar estas subdivisiones cuando en las lecciones siguientes tratemos de cada una de estas propiedades, siendo fácil entonces demostrar las razones que existen para adoptar esta clasificacion (4).

9. Los cuerpos se presentan bajo tres estados diferentes, que denominamos *sólido, líquido y aeriforme:* cuyos tres estados consisten únicamente en la diversa trabazon que existe entre las moléculas de los diferentes cuerpos. No siendo posible estudiar debidamente esta parte hasta mas adelante, procuraremos sin embargo fijar las ideas de modo que tengamos luego que ampliarlas, pero no que corregirlas en ningun caso.

10. Los cuerpos *sólidos*, tales como la piedra, la madera &c., son aquellos que no cambian de forma, que no permiten la separacion de sus partes sin un esfuerzo frecuentemente considerable de nuestra parte. Los cuerpos *líquidos*, como el agua, permiten obtener con un pequeño esfuerzo lo que en los sólidos no podriamos conseguir sin uno considerable: y finalmente, los *aeriformes* ó *gases*, tales como el aire, no solamente no necesitamos esfuerzo para romperlos ó dividirlos, sino que, como probaremos mas adelante, se hallan sus moléculas en un estado contínuo de repulsion. Podemos decir tambien que los cuerpos sólidos conservan por sí la forma que les ha dado la naturaleza ó las artes; así es que un cilindro de hierro no cambiará por sí su figura cilíndrica, conservándola sin esfuerzo ni accion alguna por nuestra parte: los líquidos no pueden afectar una figura determinada mas que encerrándolos en vasos cuya forma adquieren, y la cual desaparece cuando el vaso lo verifica; los aeriformes se hallan en el mismo caso que los líquidos, aunque la repulsion que hemos citado modifica notablemente los resultados que con unos ú otros se obtienen; así es que un vaso cilíndrico lleno de agua se reducirá á un cilindro mitad del primitivo, si extraemos una mitad del líquido; pero si estuviese lleno de aire y perfectamente cerrado, siempre seria el mismo el cilindro total, es decir, permaneceria siempre lleno, aun cuando solo quedase una fraccion cualquiera de la cantidad primitiva (5).

11. En los cuerpos rigorosamente considerados nada hay que los haga preferir uno á otro de estos estados; así se verifica que los cuerpos sólidos en su mayor parte pueden pasar á líquidos, y aun á aeriformes, y estos recíprocamente pasar á líquidos y llegar á solidificarse; de lo cual tenemos un ejemplo notable en el agua que, presentándose ordinariamente en estado líquido, fácilmente pasa á sólido ó hielo, y tambien se presenta en estado aeriforme ó de vapor. Cierto es que algunos cuerpos sufren una descomposicion antes de llegar al estado líquido; pero no podemos asegurar si la imposibilidad está en los cuerpos mismos, ó en los medios que tenemos á nuestra disposicion hasta el dia. Por lo que acerca del agua acabamos de esponer, se viene fácilmente en conocimiento de que el agente que produce estas trasformaciones ó cambios de estado es el calor; pero no siendo posible darnos cuenta por ahora de lo que á este fluido pertenece, doblaremos, por decirlo así, la hoja, para ocuparnos en ésta y otras propiedades en el lugar correspondiente.

LECCION III.

Extension.—Consideraciones acerca del modo de medirla, y explicacion del nonius ó vernier.—Impenetrabilidad.—Medios experimentales para hacer constar esta propiedad en los tres estados de los cuerpos: ya sea respecto de los de estado semejante, ya con los de estado diferente.

12. En la leccion anterior deciamos que la propiedad llamada *extension* era de las que corresponden tanto á las moléculas ó materia de que los cuerpos se hallan formados, como á los cuerpos mismos; y fácilmente echamos de ver la exactitud de este aserto, reflexionando que la extension no es otra cosa que el espacio que ocupa un cuerpo, cuya porcion de espacio limitado es lo que denominamos su volúmen. La extension, como la Geometría nos enseña, consta de tres dimensiones, que son longitud, latitud y profundidad, altura ó grueso, las cuales han de encontrarse reunidas indispensablemente para constituir un cuerpo, aun cuando solo sea un átomo material; y no solamente debe verificarse de este modo, sino que ni aun por medio de abstracciones podemos darnos cuenta de la existencia de un cuerpo que no sea extenso, y que no lo sea en las tres dimensiones; por cuya razon calificábamos esta propiedad entre las inseparables de los cuerpos. Sin embargo, esta propiedad por sí sola no basta para caracterizar la presencia de un cuerpo, puesto que, como veremos en la óptica, pueden formarse imágenes aéreas que constituyen un volúmen, pero sin que éntre en su formacion un solo átomo de materia; hallándose las sombras en igual caso por constituir volúmenes geométricos, sin que la materia éntre inmediatamente en su formacion.

13. La medida de la extension pertenece exclusivamente á la Geometría; pero no obstante, deberemos explicar el modo de conseguir con precision la medida de las longitudes por las contínuas aplicaciones que tendremos necesidad de verificar. Nada tendriamos que dudar, si la longitud propuesta comprendiese un número exacto de veces la unidad lineal, el pié, por ejemplo; pero la dificultad empieza cuando no se contiene un número exacto de piés, pulgadas y líneas en la magnitud cuya medida buscamos; dificultad que no se resuelve dividiendo la línea en porciones mas pequeñas, tanto por la dificultad de esta division, cuanto por la que resultaria de la lectura y coincidencia de la misma. Afortunadamente el aparato llamado *nonius ó vernier*, del nombre de su inventor, nada deja que desear respecto á la precision en la cuestion presente: consiste en unir una regla de madera, ó de cualquier sustancia á propósito, á aquella en que las divisiones longitudinales están marcadas, y que nos ha de servir para la operacion propuesta; la regla auxiliar ó nonius debe abrazar un número exacto de divisiones, las cuales se dividirán sobre ella en una mas, y el aparato estará concluido,

14. Supongamos que se haya dividido en líneas la regla AB [*fig.* 1ª] que sirve de unidad, y que deseemos medir la longitud con una aproximacion de 1/10 de lí-

nea. Tomaremos otra regla VV de 9 líneas de longitud, la que dividiremos en diez partes iguales, y la cual constituirá el nonius: cada una de sus partes será solamente de 9/10 de línea, y por lo mismo diferirá 1/10 de línea de las partes de la otra regla. Si se coloca la regla VV sobre la AB, de modo que se correspondan las extremidades A y V, no habrá coincidencia entre las otras divisiones: la primera señal del nonius quedará atrasada de 1/10 de línea, la segunda de 2/10, la tercera de 3/10 etc. Si ahora se hace coincidir la primera division de la regla y del nonius, éste se hallará adelantado de 1/10 de línea, partiendo de la extremidad de la regla, y estaria adelantado de 2/10, 3/10, 4/10 etc. si se verificase la coincidencia sobre la 2ª, y 3ª division de la misma. Entendido el fundamento del nonius, nada hay mas fácil que servirse de él.

Supongamos que se quiere medir una longitud CD con una aproximacion de 1/10 de línea: para esto se la aplicará á la regla Ab, haciendo coincidir exactamente las extremidades, y nos dará un cierto número de líneas, mas una fraccion que tratamos de apreciar. Para conseguirlo se aplica el nonius VV á la extremidad D de la longitud, y se observa cual es la division que se corresponde con una de las de la regla. Sea v. gr. la 6ª, lo cual nos dice que la fraccion vale 6/10 de línea. Entendido esto, se concibe muy bien que puede disponerse el nonius de modo que dé aproximaciones mayores, para lo que no habrá mas que tomar 19 ó 29 líneas, y dividir esta distancia en 20 ó 30 partes iguales, lo que nos producirá el medio de apreciar fracciones de 1/20 ó de 1/30 de línea. Sin embargo, la aproximacion de 1/10 de línea parece suficiente, porque pasado este límite resulta confusion en la lectura, no distinguiéndose bien cuál de las divisiones ha de tomarse para la coincidencia. Este aparato se emplea tambien para la medida de los minutos y segundos contenidos en un arco propuesto.

15. Ademas de la extension hemos colocado como inseparable la propiedad conocida por *impenetrabilidad*, la cual es la exclusion que todo cuerpo verifica de cualquier otro en la porcion del espacio que él ocupa, ó la imposibilidad de que un mismo espacio sea ocupado por mas de un cuerpo á la vez. Esta propiedad pertenece á la materia exclusivamente, puesto que los cuerpos pueden penetrarse, si bien esto no se verifica respecto de las moléculas que los constituyen, las cuales se ven obligadas á estrecharse ó cambiar de posicion para dar paso al cuerpo penetrante Así sucede que un clavo introducido en la pared, una estaca en el terreno etc., penetran por entre las moléculas, á las que fuerzan á estrechar sus distancias, pero sin atravesar ó penetrar un átomo siquiera: por esto ha recibido esta penetracion el nombre de aparente, con el cual se la designa en la ciencia.

16. Por lo que precede se concibe muy bien que la penetracion de los sólidos entre sí solo puede ser aparente en el sentido que hemos asignado á esta palabra, y que si en lo interior de los mismos penetran líquidos ó gases, se verifica tambien por la interposicion de las partículas, pero excluyéndose éstas mútuamente.

17. Se prueba la impenetrabilidad de los sólidos con los líquidos, y recíprocamente, introduciendo un sólido en una vasija que contenga un líquido, y se notará que éste se derrama si el vaso estaba lleno, y en el caso de no estarlo el líquido se eleva del mismo modo que si se hubiese aumentado de un volúmen igual al del

sólido introducido. La impenetrabilidad de los líquidos unos con otros se prueba echando en una vasija que contenga un líquido, una porcion de otro que tenga con el primero una accion química débil, y si ser puede nula; en cuyo caso se observa que el volúmen que resulta es igual á la suma de los volúmenes parciales, sin que obste para esto el que los líquidos se mezclen ó se interpongan sus respectivas moléculas: y deciamos que la accion química fuese nula, porque existen en otro caso ejemplos de penetracion aparente, como se verifica introduciendo en un vaso de agua ácido sulfúrico y agitándolos, en cuyo caso se observa una disminucion de volúmen, lo que no proviene de una penetracion verdadera, sino de una union mas íntima entre los átomos, como lo prueba el calor desprendido y que se hace sensible en lo exterior de la vasija de un modo notable.

18. Fácil es tambien el probar la impenetrabilidad de los líquidos con los gases y al contrario, para lo cual no hay mas que tomar un vaso cualquiera é introducirle boca abajo en un depósito de líquido, y se notará que éste no penetra en lo interior del vaso invertido, elevándose por la parte exterior casi del mismo modo que si fuese un sólido macizo. Con la mira de fijar la atencion en este experimento, acostumbra á ponerse una cerilla encendida y flotante, la que, introducida debajo del vaso en cuestion, produce el notable espectáculo de una luz debajo del agua. Cierto es que un poco de líquido entra en el vaso, y que esta cantidad aumenta con la profundidad; pero esto no se opone á la impenetrabilidad, y mas adelante tendremos lugar de ocuparnos de esta circunstancia. En esto está fundada la construccion de la campana de buzos que se emplea para descender y trabajar bajo del agua, y la cuba hidroneumática, aparato destinado á trasvasar y recoger los gases, y que será descripto en otro lugar.

19. La impenetrabilidad de los gases unos con otros es igualmente fácil de hacer constar; para lo cual se dispone un frasco en que por la reaccion de un ácido sobre la cal se desprenda gas ácido carbónico, el cual se recibe en un vaso comun, y como este gas, segun se explicará en tiempo y lugar oportuno, no puede alimentar la combustion, se introduce en la vasija una cerilla encendida, y se ve que inmediatamente se apaga, lo cual prueba que el gas ácido carbónico ha desalojado al aire, y por lo tanto que estos cuerpos se excluyen ó son impenetrables.

20. La impenetrabilidad se basta á sí misma para determinar la existencia de un cuerpo; pero fácilmente echarémos de ver que en la idea de impenetrabilidad va implícitamente unida la de extension, de modo que pudiéramos decir que estas dos propiedades son las que caracterizan la materia, y que son, rigorosamente hablando, las únicas que la pertenecen.

LECCION IV.

Porosidad.—Razones para admitirla en todos los cuerpos, y experimentos que lo confirman.—Divisibilidad.—Diferencia que presenta esta propiedad considerada matemática ó físicamente.—Razones y hechos que prueban que la divisibilidad física no es ni puede ser indefinida.

21. Por lo que llevamos explicado en las lecciones precedentes hemos podido convencernos de que los cuerpos son un conjunto ó agregado de moléculas, y que éstas se hallan unidas de modo que no permiten fácilmente la interposicion de otra cualquiera: falta examinar si estas moléculas se hallan en contacto inmediato, ó si por el contrario, están separadas de uno ú otro modo. La observacion y la experiencia nos enseñan que las moléculas no están en ningun cuerpo unidas por un contacto íntimo, sino separadas por intérvalos mas ó menos considerables, que reciben el nombre de *poros*, y de aquí el admitir la *porosidad* como una propiedad general de los cuerpos.

22. Todos los cuerpos sólidos son porosos, lo que en muchos se prueba inmediatamente por presentarse los intersticios á la simple vista, como sucede con el corcho, la piedra pómez y otros varios; algunos otros presentan los poros visibles con el auxilio de instrumentos ópticos, y otros varios no permiten ser distinguidos por ninguno de estos medios. De aquí proviene la division que algunos hacen de la porosidad en *aparente* y *molecular*. Podemos tambien observar la porosidad de un gran número de cuerpos por la circunstancia que presentan de absorver líquidos que ya por lo expuesto no pudieran introducirse en lo interior de los cuerpos sólidos que careciesen de porosidad: en algunas ocasiones es necesario un estrapafosys para determinar la introduccion de las partículas líquidas entre los cuerpos porosos, al paso que en otras se consigue sin esfuerzo alguno.

Los metales mas compactos, las piedras, y todos los sólidos por fin, podemos asegurar que son porosos por la circunstancia que presentan de poder disminuir de volúmen; lo cual no puede verificarse de otro modo que estrechándose las distancias ó poros que el cuerpo presente, no pudiendo admitirse que las moléculas se hagan mas pequeñas, puesto que, como ya sabemos y tendremos ocasiones repetidas de comprobar en lo sucesivo, no poseen mas propiedades que la extension y la impenetrabilidad.

23. Los líquidos nos presentan pruebas de porosidad bien sensibles, no solamente respecto de los sólidos, sino unos líquidos con otros: sabemos con efecto que cuando en una vasija se reune agua y vino comun, v. gr., el volúmen que resulta es la suma de los volúmenes de ambos cuerpos: y observamos al mismo tiempo, que todo el líquido ha sido teñido, efecto de la interposicion de las moléculas del uno entre las moléculas del otro; ó lo que es lo mismo, de acomodarse las partículas de cada uno en los poros que el otro le presenta.

24. Poco tendremos que decir respecto de los gases, recordando el estado de repulsion en que sus moléculas se encuentran; porque esta propiedad no solo nos prueba su porosidad, y nos dice que es mayor que la de los demas cuerpos, sino que siempre está tendiendo á aumentar indefinidamente.

25. Esta propiedad es realmente inseparable de los cuerpos, puesto que ninguno existe á quien no comprenda; pero no la hemos colocado como tal, porque podemos mentalmente separarla de ellos, pues nada mas fácil que figurarse un cuerpo cuyas moléculas, hallándose en contacto íntimo, no presenten poro alguno, sin embargo de que la naturaleza no nos presenta ejemplo alguno de cuerpo semejante.

26. Al observar que las moléculas de los cuerpos no están en contacto inmediato, ocurre naturalmente averiguar, si será posible separar unas partes de otras en los cuerpos, ó lo que es lo mismo, si podrán ser divididos; y las observaciones diarias, podemos decir, de lo que continuamente pasa á nuestra vista nos autorizan para decir que son divisibles, ó que la *divisibilidad* es una propiedad general de los cuerpos.

27. La divisibilidad puede considerarse *geométrica ó físicamente:* la primera, como que únicamente se entiende en abstracto, puede llegar al infinito, puesto que, por pequeña que una cantidad sea, aun podemos imaginar la subdivision de la misma en una porcion de partes cualesquiera. Si consideramos la divisibilidad material ó física, vemos que puede llevarse hasta un punto sorprendente, por cuanto las mas tenues partículas de los cuerpos, examinadas con el microscopio, nos presentan cuerpos mas ó menos regulares, y que se concibe muy bien la posibilidad de nueva subdivision en ellos; hasta que las moléculas en su mayor grado de separacion, llevadas hasta ser invisibles por la disolucion ó por otros medios, nos indican el término de toda division, la imposibilidad de toda separacion ulterior. Así podemos decir que la divisibilidad matemática es indefinida ó no reconoce límites; pero la divisibilidad física debe ser limitada, sin que podamos admitirla como indefinida ni empleando fuerzas físicas, ni haciendo uso de las químicas; es decir, que llegará á los átomos de la materia, pero que no podrá pasar de allí en ningun caso.

28. Ningun fenómeno conocemos que nos dé derecho á mirar la materia como divisible al infinito: y desde luego se concibe que si las moléculas elementales de los cuerpos fuesen divisibles, no serian ellas las moléculas verdaderas, sino las que resultasen de esta division; y si éstas fuesen tambien divisibles, tampoco les convendria la denominacion de moléculas, siéndolo sí las que por la division hubiésemos obtenido: de forma que, continuando del mismo modo, y procediendo de série en série, hemos de llegar necesariamente á unas partículas completamente indivisibles, las cuales, y no otras, serán los verdaderos átomos de la materia: ademas, si la materia fuese divisible al infinito, se combinaria de infinito número de maneras, y por tanto veriamos sin cesar cuerpos nuevos totalmente distintos de los que los precedieron y de las formaciones sucesivas; y como la observacion y la experiencia nos dicen que esto no se verifica, podemos concluir que la divisibilidad de la materia no puede ser indefinida.

29. Sin embargo, la naturaleza y las artes nos presentan ejemplos de una divisi-

bilidad prodigiosa, y que prueba la tenuidad casi infinita de los átomos de la materia. Un grano de carmin puede teñir una gran cantidad de agua, subdividiéndose por lo tanto en un número inconcebible de partes; el oro puede hasta obtener hojas de 1/360000 de pulgada: y el agua en las burbujas que forma agitándola con jabon llega á producir una hoja ó película de 1/20000 de línea.

30. Si los sólidos y líquidos permiten una divisibilidad tan asombrosa, por lo que respecta á los gases recordaremos solo el estado de repulsion en que se encuentran, y esto bastará para convencernos de que la divisibilidad en ellos llega sin esfuerzo hasta las moléculas elementales.

LECCION V.

Compresibilidad.—Medios de asegurarse de que esta propiedad reside en todos los cuerpos, y determinacion de la ley que se manifiesta en los gases.—Elasticidad.—Experimentos que prueban que esta propiedad es general en los cuerpos, y clasificacion de los mismos con respecto á esta propiedad.

31. Hemos visto que los cuerpos pueden ser divididos, ó lo que es lo mismo, que empleando esfuerzos mas ó menos considerables, es posible separar sus diferentes partes; y que esta divisibilidad puede, bajo la afluencia de agentes determinados, extenderse hasta las moléculas de los cuerpos: nos proponemos ahora averiguar, si es posible reducirlos de volúmen ó comprimirlos, y si efectivamente esta accion puede desenvolverse en todos ellos, para concluir que la *compresibilidad* es una propiedad general de los cuerpos.

32. Nada mas fácil al parecer que probar la compresibilidad de los sólidos, puesto que, empleando un esfuerzo mas ó menos enérgico y repetido, se logra verificar una impresion en ellos que pudiera tomarse como prueba de su compresibilidad; así es que basta el esfuerzo de la uña para producir una impresion en el plomo y várias clases de madera: pero es difícil asegurarse de que la compresion ha tenido lugar, porque podrá muy bien suceder que solo se verifique un resbalamiento de las moléculas, que las coloque en nuevas posiciones, pero que no altere la relacion de las distancias ó poros: así es que, para convencernos directamente de la compresibilidad de los cuerpos sólidos, seria necesario asegurarse de que la disminucion de una de las dimensiones del cuerpo no producia nunca el aumento de las demas; esto no es tan fácil como pudiera creerse; de modo que la principal razon que tenemos para mirar la compresibilidad como una propiedad general, consiste en que todos aumentan de densidad en virtud de las acciones ejercidas para comprimirlos: verdad es que aun no ha llegado la ocasion de apreciar la fuerza de esta prueba, pero podemos mirarla como un hecho, ínterin llegamos á la altura necesaria para ocuparnos en estas cuestiones.

33. Los líquidos han sido mirados por mucho tiempo como incompresibles, hasta que Canton probó y midió su compresibilidad; sin embargo, lo son tan poco, que para las aplicaciones se los puede considerar como desprovistos de esta propiedad. Para hacer constar la compresibilidad de los líquidos hay un aparato debido á Oersted, denominado *piezometro*, y que consiste en lo siguiente: dentro de un vaso de paredes gruesas y lleno de agua (*fig.* 2ª) va colocada una botellita de cuello largo y estrecho, en la cual se echa el líquido que se trata de examinar, y que va separado del agua exterior por una gota de mercurio que sirve de índice para indicar la disminucion de volúmen; esta botella se sitúa sobre una lámina metálica, en la cual lleva una escala que indica porciones iguales del volúmen del líquido contenido, y á su lado se coloca en la misma plancha un tubo abierto por su parte inferior con su escala correspondiente que mide volúmenes iguales, y finalmente, en la boca del frasco lleva un cilindro macizo que ajusta exactamente, y al cual denominamos émbolo ó piston, destinado á verificar la compresion por medio de un tornillo de presion.

Haciendo que el piston comprima el agua del vaso, ésta, que como veremos á su tiempo, trasmite la presion en todas direcciones, oprime el líquido de la botella, y el índice de mercurio nos señala sobre la escala la disminucion de volúmen ó la compresion verificada; y el tubo inmediato nos dice, por razones que examinaremos en seguida, el esfuerzo que se ha empleado para conseguir la compresion.

Esta es tan pequeña, que el agua por medio del esfuerzo que produce el peso de una columna de mercurio de 28 pulgadas francesas de altura, que es lo que decimos una atmósfera, se comprime solo 0,000046 de su volúmen primitivo.

34. Los gases son muy compresibles, y nada hay mas fácil que asegurarse de ello oprimiendo una vejiga llena de aire, ó introduciendo un piston en un cilindro que contenga el mismo fluido; pero no solamente se verifica que sufren una reduccion de volúmen tanto mas considerable cuanto mas enérgica es la presion, sino que existe una relacion conocida entre volúmenes y presiones, la que se denomina *ley de Mariotte*, por ser debida á ese sabio. Para determinarla se toma un tubo encorvado (*fig.* 3ª y cerrado en el extremo de la rama mas corta, se echa mercurio de modo que se coloque en la línea AB, dejando encerrado en la rama corta, que deberá estar dividida en partes de igual capacidad, un volúmen de aire igual exterior en cuanto á las circunstancias en que se encuentra; en este estado se echa mercurio hasta M, que suponemos á una altura de 28 pulgadas sobre el nivel del brazo corto; y el volúmen de aire se reduce á la mitad, llegando el mercurio hasta C; si aun añadimos otra columna igual de mercurio hasta T, el volúmen se reducirá á la tercera parte del primitivo, y se reduciria á la cuarta parte aumentando otra columna igual de azogue, y así prosiguiendo.

35. Examinando lo que aquí sucede, vemos que las presiones ejercidas son 1, 2, 3, 4 &c., y los volúmenes ocupados vienen expresados por 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ &c., lo que se expresa diciendo, que *los volúmenes ocupados por una misma masa de gas, se hallan en razon inversa de las presiones ejercidas.* Esta es la ley de Mariotte, que es una de las que mas frecuentemente tendremos necesidad de citar.

36. Llegados á este punto, ocurre naturalmente la cuestion siguiente: ¿los cuerpos que han sido comprimidos permanecen con el volúmen adquirido cuando cesa el esfuerzo comprimente, ó recobran el volúmen primitivo? No hace aun muchos años que se hubiera contestado que habia cuerpos en quienes se verificaba lo primero, y otros á quienes sucedia lo segundo; pero en el dia puede decirse que todos los cuerpos reobran con mas ó menos energía para recobrar el volúmen ó forma primitiva, á cuya reaccion, á cuyo esfuerzo designamos con la palabra *elasticidad*, y de aquí el decir que ésta es una propiedad general de los cuerpos.

37. Tratándose de los sólidos, vemos con efecto que una varilla de acero templado, si se la encorva y se la abandona en seguida á sí misma, vuelve á tomar su anterior forma rectilínea, haciendo una serie de movimientos de va-y-ven, ó como decimos en física, de oscilaciones; y si esto mismo lo hacemos con una varilla de plomo, nos hallaremos que permanece encorvada, y nada observaremos en ella que dé indicios de que trate de recobrar su posicion primitiva, pareciendo por tanto que el plomo se halla desprovisto de elasticidad, pero sin embargo no es así: todos los cuerpos tienen un límite de elasticidad, que se manifiesta en unos por la desintegracion ó fractura del cuerpo, y en otros por conservar las moléculas las nuevas posiciones adquiridas; tanto la varilla de acero como la de plomo han sufrido al encorvarse, una separacion de las moléculas en la parte convexa, y una aglomeracion en la parte cóncava: las moléculas separadas deben desenvolver una accion tendiendo á agruparlas como anteriormente se encontraban, y las aglomeradas tenderán á recobrar las distancias anteriores; y conspirando al mismo fin ambas acciones, el resultado debe ser el adquirir nuevamente la posicion perdida; pero si se excede el límite en el acero, la ruptura será inevitable, así como el plomo permanecerá doblado por acomodarse las moléculas en sus nuevas situaciones. Esto nos dice que hay cuerpos mas y menos elásticos respectivamente; así el plomo recobrará la posicion que tenia, si el desarreglo de las moléculas es corto, de lo cual podemos asegurarnos separándole poco de su posicion; así se verifica que, si de una altura dada dejamos caer sobre un plano resistente una bala de plomo, resulta una faceta en el sitio del choque, al paso que un perdigon, cayendo de la misma altura, rebota sin conservar impresion alguna, en razon á que el desarreglo de sus moléculas ha sido corto, y no habiendo llegado al límite que le corresponde, han reobrado como las de acero para colocarse en las posiciones anteriores.

38. De todo esto se deduce, que no hay cuerpo desprovisto de elasticidad; si bien en algunos es tan poca, que pueden ser mirados como no elásticos en la mayor parte de las aplicaciones. Los cuerpos no recobran todos del mismo modo su forma ó volúmen anterior, pues unos lo verifican instantáneamente ó en un tiempo indivisible, y otros tardan un tiempo apreciable, aunque muy corto. Damos á los primeros el nombre de cuerpos elásticos de segunda, sobresaliendo en los de primera el marfil, el vidrio y el mármol, y entre los de segunda la goma elástica, la plumazon, el esparto &c. Tendremos necesidad de recordar y aun de ampliar estas consideraciones cuando tratemos de la comunicacion del movimiento, y entonces como ahora nos convenceremos de que no hay cuerpo alguno sin elasticidad, así como en los sólidos no hay ninguno que podamos mirar como perfectamente elástico.

39. Los líquidos son elásticos, como lo prueba el piezometro, en el cual vuelve el índice á su posicion primera en cuanto cesa la presion ejercida; sin embargo, como hemos visto que los líquidos son poco compresibles, parece que su elasticidad no debe ser grande, pues poco podrá reobrar un cuerpo cuyas moléculas han sido tambien poco agrupadas; pero cuando nos ocupemos en la acústica, y veamos la dependencia que hay entre la elasticidad y la produccion y propagacion del sonido, nos convenceremos de que la elasticidad de estos cuerpos es mucho mayor de lo que á primera vista parece corresponderles.

40. Los gases no solamente son elásticos, sino que lo son perfectamente; y ninguna duda puede quedarnos de ello, recordando la continua repulsion de sus moléculas, que están siempre tendiendo á ensancharse, á ocupar mayor espacio, ó lo que es lo mismo, desenvolviendo un resorte enérgico y contínuo. Es tan notable la elasticidad en estos fluidos, que se dice con frecuencia *estado elástico*, como sinónimo de estado gaseoso ó aeriforme, y esta propiedad conduce á aplicaciones de la mayor importancia, que serán desenvueltas en el curso de estas lecciones. Decimos que son perfectamente elásticos, porque jamas pierden esta propiedad, á diferencia de los sólidos que pueden, si no perderla enteramente, debilitarse de un modo notable por el uso y por otras causas.

LECCION VI.

Inercia.—Explicacion de sus leyes é influencia de esta propiedad para modificar siempre la accion de las fuerzas.—Movilidad.—Explicacion de esta propiedad.—Gravedad considerada solo como una causa de movimiento.—Cohesion.—Dureza.—Maleabilidad.—Ductilidad.

41. *Inercia* llamamos á *la falta de aptitud que tiene la materia para darse movimiento á sí propia*, cuya propiedad, como anteriormente hemos indicado, corresponde á los cuerpos del mismo modo que á la materia que los forma. Se concibe sin dificultad que un cuerpo fijo ó en reposo no puede nunca darse movimiento á sí propio, y que por lo tanto permanecerá eternamente en el sitio que se le coloque, si una causa externa no viene á cambiar las condiciones en que se encuentra. Pero la inercia no solo consiste en la permanencia en el reposo, sino tambien en la del movimiento: así que, decimos que un cuerpo conservará indefinidamente el estado de reposo ó movimiento en que se encuentre, á menos que causas exteriores no vengan á aniquilar ó interrumpir el estado en que se halle.

42. La segunda parte de la proposicion parece á primera vista tanto mas dudosa, cuanto que lo que observamos diariamente podemos decir que es exacta-

mente lo contrario; y nuestros antepasados, juzgando de este modo, sostenian que la materia tendia mas al reposo que al movimiento: y efectivamente, lo que la experiencia diaria nos enseña es que todo cuerpo en movimiento llega a pararse al cabo de mas ò menos tiempo: pero si observamos cuidadosamente las circunstancias que producen esta aniquilacion del movimiento, veremos que todas ellas no son mas que resistencias ú obstáculos que el cuerpo encuentra en su marcha, la cual no cesaria nunca si aquellos no existiesen. Si hacemos marchar una esfera á lo largo de un plano, hallaremos que tarda mas en pararse á medida que el plano y la esfera presentan menos asperezas ó están mas pulimentados; de modo que, á medida que disminuyen los obstáculos que en este caso produce, lo que mas adelante explicaremos con el nombre de rozamiento, el movimiento es de mayor duracion; de forma que si éste tuviese lugar en paraje en que las resistencias fuesen nulas, como sucede con los cuerpos de nuestro sistema planetario, nos dice la observacion y la experiencia que entonces no cesaria jamas.

43. Ademas se observa que, cuando queremos detener un cuerpo, tenemos necesidad de emplear un esfuerzo mas ó menos considerable para conseguirlo; esfuerzo que estamos seguros de que, si le aplicásemos al mismo cuerpo en reposo, seria capaz de determinar su movimiento; luego para aniquilar el movimiento de un cuerpo hay que comunicarle otro en sentido contrario: de donde se sigue que, si concedemos al cuerpo la facultad de aniquilar el movimiento adquirido, le concedemos tambien la de darse un movimiento á sí propio en este caso; y como las propiedades físicas de los cuerpos son las mismas, ya se los considere fijos ó ya en movimiento, vendremos á parar en que los cuerpos gozarian la facultad de darse movimiento á sí mismos hallándose en reposo, lo que es absurdo, y se halla en contraposicion con lo que, como la primera parte de la proposicion establece, la experiencia diaria nos enseña; luego la segunda parte de la proposicion es verdadera, y por tanto, un cuerpo en movimiento solo será detenido por los obstáculos exteriores que encuentre en su marcha.

44. La observacion y la experiencia, no menos que las consideraciones que preceden, nos dicen que cuando desenvolvemos un esfuerzo para poner un cuerpo en movimiento, esta accion es recíproca, y el cuerpo desenvuelve tambien un esfuerzo en sentido contrario; de modo que, cuando nuestra mano solicita un cuerpo, éste solicita nuestra mano con la misma energía y en direccion contraria; y como el esfuerzo consumido en la accion ejercida puede considerarse como absorbido ó segregado por la accion en sentido contrario que el cuerpo produce, de aquí viene el decir que la reaccion es siempre igual y contraria á la accion, que es otra de las leyes de inercia.

Al ocuparnos en las leyes de la comunicacion del movimiento tendremos ocasion de recordar estas leyes y de confirmarlas con diferentes ejemplos.

45. Reflexionando sobre las leyes de inercia se echa de ver fácilmente que esta propiedad de los cuerpos ha de modificar necesariamente los efectos que sin ella producirian los esfuerzos que pudiéramos comunicarles, puesto que los cuerpos oponen una sesistencia á abandonar el estado en que se encuentran, sea éste de reposo, ó sea de movimiento, cuya resistencia ha de vencerse necesariamente, y

en lo cual se ha de consumir, por lo que va dicho, una parte del esfuerzo, el cual por lo tanto no producirá todo el efecto útil que debiéramos esperar en otro caso.

46. La circunstancia que los cuerpos presentan de poderse mover en virtud de un impulso comunicado, es lo que se designa con el nombre de *movilidad*; la cual es una propiedad general de los cuerpos, puesto que no existe ninguno que no pueda ocupar sucesivamente diversas porciones del espacio; y la observacion y la experiencia nos dicen que esta propiedad siempre los acompaña, por cuanto ningun cuerpo conocemos que no se halle en movimiento, toda vez que la tierra y los cuerpos que llenan el espacio se encuentran girando sin cesar.

47. Tanto el reposo como el movimiento pueden ser considerados absoluta ó relativamente. Decimos que un cuerpo se halla en reposo absoluto, cuando persevera en un mismo punto del espacio; y decimos que está en reposo relativo, cuando conserva la misma posicion respecto de otros que consideramos como fijos. El reposo absoluto no existe en el sistema del mundo, pues que todos los cuerpos, como antes deciamos, giran sin cesar. Movimiento absoluto señala el estado de un cuerpo que cambia realmente de sitio en el espacio; y movimiento relativo el de un cuerpo que cambia de posicion respecto de otros que suponemos inmóviles. Resulta de estos principios, que la medida del movimiento absoluto es imposible, porque no conocemos ningun punto fijo que pueda servirnos de señal ó de partida.

48. Los cuerpos, cuando cesan de estar sostenidos, adquieren un movimiento de descenso, cuya accion, que parecen adquirir por sí mismos, es lo que conocemos con el nombre de *gravedad*. Este movimiento adquirido, no solamente no se opone á las leyes de inercia, sino que es una de las causas que hacen aniquilar el esfuerzo que á un cuerpo puede comunicársele al dirigirle por el aire oblícua ú horizontalmente: efectivamente, esta accion de la gravedad obra, como si residiese en el centro de la tierra y ejerciese una atraccion de todos los cuerpos hácia este punto; atraccion, por otra parte, que no admite tregua ni descanso, y está actuando contínuamente: por lo tanto, ya actúe sola, ya combinada con una impulsion cualquiera, el cuerpo se dirige verticalmente en el primer caso, y describiendo una curva en el segundo hasta tocar con la tierra, donde queda aniquilado el movimiento por su resistencia.

49. Esta accion, que sin cesar actúa sobre los cuerpos, y que tiende á unirlos todos con la tierra y á estrechar las distancias que los separan de su centro, es lo que, como va dicho, conocemos con el nombre de gravedad: la atraccion que retiene á los cuerpos de nuestro sistema planetario á distancias dadas del sol, al rededor del cual giran, recibe el nombre de *gravitacion*; y finalmente, la que mantiene unidas las moléculas de los cuerpos, impidiendo que las partículas de los mismos se dispersen en el espacio, lo cual parece que debiera suceder, puesto que en virtud de la porosidad sabemos que no se hallan en contacto íntimo, se denomina *cohesion*. Mas adelante se nos presentará ocasion de recordar lo perteneciente á estas acciones, y entrar en pormenores imposibles de comprender en este lugar.

50. De la cohesion de las partículas nace la diferente resistencia que presentan los cuerpos, ya á ser divididos, ó ya á cambiar de colocacion las moléculas. De aquí se origina lo que llamamos *dureza*, que es una propiedad relativa que varía

hasta con el modo de ensayarla, pues que hay cuerpos que ceden á la percusion ó choque, y son casi inatacables por la presion y el rozamiento: este segundo medio es el que se emplea para conocer la dureza. es decir, viendo el cuerpo que ataca ó raya á otro, en cuyo sentido decimos, que el diamante es el mas duro de los cuerpos.

51. Cuando se estudia esta propiedad bajo el aspecto de colocar las moléculas de los cuerpos en nuevas posiciones, da lugar á la *maleabilidad*, ó facultad de extenderse en láminas por medio del martillo ó de los laminadores; y á la *ductilidad*, ó facultad de dejarse estirar en hilos por medio de la hilera.

MECÁNICA DE SÓLIDOS.

LECCION VII.

Explicacion de lo que entendemos por fuerza, de lo que lleva el nombre de resultante y de componente.—Diferentes casos que ocurren en el problema general de la composicion de fuerzas.

52. Los diversos agentes que actúan sobre los cuerpos reciben el nombre de *fuerzas* cuando se les considera como causas de movimiento; así podemos decir, que *fuerza es todo lo que comunica ó tiende á comunicar un movimiento*. A poco que reflexionemos sobre esta definicion, nos convenceremos de su exactitud, puesto que observamos cuerpos que no adquieren movimiento sensible, aun cuando nos conste que se hallan solicitados por fuerzas considerables.

53. Las fuerzas son cantidades, puesto que pueden sufrir aumento ó disminucion, y no solo son cantidades, sino que son medibles, y por tanto del dominio de las matemáticas. Una fuerza queda determinada cuando se da su *direccion*, su *magnitud ó intensidad*, y su *punto de aplicacion*; representándose lo primero por líneas, lo segundo por partes tomadas sobre las mismas, y el punto de aplicacion por las coordenadas correspondientes.

54. Un cuerpo sobre el cual actúan fuerzas en mas ó menos número, y no logran imprimirle un movimiento, decimos que está en *equilibrio*; lo cual no debe nunca confundirse con el *reposo*, que nos indica la carencia de toda fuerza. Si el cuerpo solicitado no está en equilibrio, adquirirá un movimiento; pero observaremos que cualquiera que sea la relacion de las fuerzas, el cuerpo no seguirá mas de un camino, puesto que es imposible que siga dos ó mas á la vez; y de aquí concluimos, que el sistema de fuerzas podrá ser reemplazado por una fuerza única, estimada en la direccion del movimiento adquirido, y capaz de producir por sí sola el mismo efecto que todas las demas reunidas: á esta fuerza denominamos *resultante* del sistema, y las que han concurrido á su determinacion reciben el nombre de *componentes*. En el caso del equilibrio la resultante es cero.

55. Consideradas las fuerzas del modo que antecede, todo cuanto á las mismas