





BIBLIOTECA ECONÓMICA
DEL MAESTRO DE PRIMERA ENSEÑANZA.



BIBLIOTECA EC. NÚMICA
DEL MAESTRO DE PRIMERA ENSEÑANZA

BIBLIOTECA
N.º 1-74
ESCUELA NÚMICA DE NUEVA



NOCIONES DE FÍSICA,

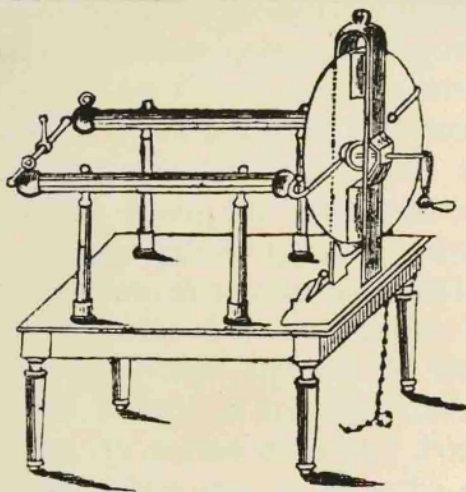
FA
XIX
A3
17

COMPUESTAS

POR

D. JOSÉ TRIAS Y TRAVESA,

Maestro de Instrucción primaria
superior, con opción al Profesorado Normal é Inspecciones de
provincia y Director de una de las Escuelas públicas
del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona.



BARCELONA.

LIBRERÍA DE JUAN BASTINOS É HIJO: EDITORES.

1865.

NOCIONES DE FÍSICA

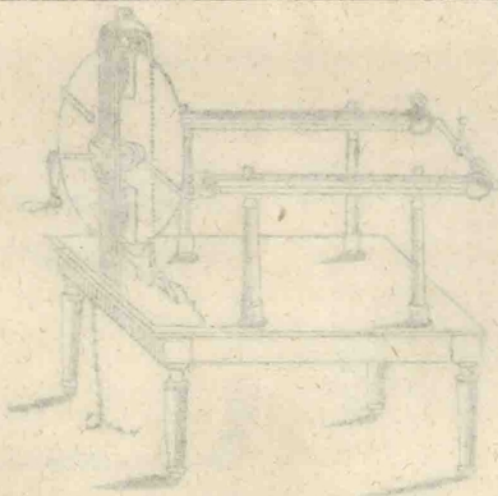
COMPLETAS

POB

D. JOSÉ TRIAS Y TRAVESA,

Maestro de Instrucción primaria
superior, con opción al Profesorado Normal é Inspección de
provincia y Director de una de las Escuelas públicas
del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona.

ES PROPIEDAD DE LOS EDITORES.



BARCELONA,
LIBRERIA DE JUAN BASTINOS E HIJO EDITORES.

Barcelona.—Imp. de Jaime Jepús, Petritxol, 14.—1865.



PRÓLOGO.

Seria hasta cierto punto ridículo si en la época en que vivimos tratásemos de demostrar la importancia que tiene el estudio de las ciencias naturales, entre las cuales puede decirse ocupa un lugar preferente la física, ó sea el estudio de los fenómenos que nos presenta la naturaleza; fenómenos sorprendentes algunas veces y curiosos siempre, que impresionan nuestros sentidos desde los primeros instantes de nuestra existencia y que de seguro cautivarían mucho más nuestra atención, si no estuviéramos tan acostumbrados á presenciarlos ó si en nuestra infancia nos hubieran dado á conocer algunas de las causas de tales fenómenos. Porqué la bola de jabon libre en la atmósfera toma la forma esférica? Porqué ciertos insectos pueden sostenerse en el techo en una posición inversa? Porqué las celdillas de la industriosa abeja toman en la colmena la forma de un prisma exagonal? Cuestiones son estas que algunos hallarán hasta triviales por los estudios especiales á que han podido dedicarse, pero no todos se encuentran en

igual caso y no faltará de seguro quien ignore la causa de tales fenómenos y otros muchos que nos proponemos explicar en estas sencillas nociones, puramente prácticas de física, con el fin de contribuir á que se generalicen unos conocimientos que tanto se prestan al desarrollo moral del niño, objeto principal de la enseñanza.

La naturaleza , dice Sturm, es un libro abierto á todos los hombres, nadie puede excusarse de leer en él porque habla una lengua inteligible á todos , y en este libro grande y sublime es donde se muestra mas claramente el Padre comun del universo.

Seis basta cierto punto radica en la época en que vivimos tratamos de demostrar la importancia que tiene el estudio de las ciencias naturales, entre las cuales puede decirse ocupa un lugar preferente la física, ó sea el estudio de los fenómenos que nos presenta la naturaleza; fenómenos sorprendentes algunas veces y curiosos siempre, que impresionan nuestros sentidos desde los primeros instantes de nuestra existencia y que de seguro cautivarán mucho más nuestra atención, si no estuviéramos tan acostumbrados á presenciarlos ó si en nuestra infancia nos hubieran dado á conocer algunas de las causas de tales fenómenos. Porque la bola de jabón libre en la atmósfera toma la forma esférica? Porque ciertos insectos pueden sostenerse en el techo en una posición invertida? Porque las células de la industria se abaja toman en la columna la forma de un prisma triangular? Cuestiones son estas que algunos hallarán hasta triviales por los estudios especiales á que han podido dedicarse, pero no todos se encuentran en

NOCIONES PRELIMINARES.

La física, según Ganot, tiene por objeto el estudio de los fenómenos que se manifiesta en los cuerpos terrestres orgánicos sin modificar su substancia.

Cualquier cambio que experimenta un cuerpo se llama fenómeno, y si este cambio no hace sufrir ninguna alteración á la naturaleza del cuerpo, el fenómeno se llama físico. La caída de una piedra, por ejemplo, el agua convertida en hielo por la falta de calor, la ruptura de un cristal al chocar contra otro cuerpo duro, son otros tantos fenómenos físicos.

Todo lo que ocupa un lugar en el espacio ya sea sólido, líquido ó gaseoso, se llama *cuerpo* y las partes esencialmente pequeñas, resultado de la división de un cuerpo, se llaman partículas ó *moléculas*: los granos de harina son pues las moléculas que proceden del trigo; la tinta encarnada que usamos algunas veces para escribir ó el color azulado que notamos en el agua de la aplanchadora, son las moléculas infinitamente pequeñas de la materia colorante del carmin ó del indigo. Podríamos todavía considerar cada grano de harina di-

vidido en cien mil partes que si bien serian imperceptibles á nuestra vista no por esto deberíamos negar la existencia de tan diminutas fracciones ó elementos de que están formados los cuerpos y que han recibido el nombre de *átomos*.

Los cuerpos se nos presentan ó en estado sólido como son las piedras, los metales, las maderas que conservan por sí mismos la forma que les ha dado la naturaleza ó el arte ; estado líquido, como el agua, el vino, y el aceite que, léjos de tener forma propia, se amoldan á la de los vasos que los contienen ; y estado gaseoso ó aeriforme á causa de la analogía que tienen con el aire ; cuerpos en extremo sùtiles y ligeros ; como el oxígeno ácido carbónico y ázoe componentes del aire ; el hidrógeno el cloro, etc. Todos los gases, salvo algunas escepciones son invisibles.

Propiedades generales de los cuerpos.

Los cuerpos ya sean sólidos, líquidos, ó gaseosos, poseen ciertas propiedades que por ser comunes á todos ellos, se llaman propiedades generales ; siendo las principales la extension, la impenstrabilidad, la divisibilidad, la porosidad, la comprensibilidad, la elasticidad, la inercia y la pesantez.

Extension. Cuando nos paramos á contemplar la longitud de una calle, lo alto y ancho de un edificio, ó las pulgadas cúbicas de un pedazo de madera, nos formamos idea de la extension y bien puede decirse que esta propiedad es la primera que nos presentan los cuerpos, siendo imposible considerar ninguno de ellos por pequeño que sea destituido de las tres dimensiones, longitud, latitud y profundidad.

Impenctrabilidad. El lugar en que está sentada una persona no puede ser ocupado por otra á menos que aquella se levante, porque á causa de la Inpectrabili-

dad, dos ó más cuerpos, no pueden simultáneamente ocupar un mismo lugar en el espacio. Cuando inmergimos en un líquido un cántaro, notamos un ruido particular debido al aire que sale para ceder el lugar que ocupaba al líquido; á veces sucede que el aire interior de una botella, por ejemplo, ofrece una resistencia tenáz y hace derramar el líquido que tratamos de introducir bruscamente en ella por medio de un embudo.

Cuando introducimos un clavo en la madera, hay penetrabilidad aparente; porque en realidad no hay tal penetrabilidad y si un cambio de posición de las moléculas á causa de la presión que en ellas ejerce el clavo; una cosa análoga sucede con ciertas aleaciones metálicas y en la mezcla de ciertos líquidos; si se llena un vaso de agua hasta el borde, podemos echar en él algunas gotas de alcohol sin notar aumento en el líquido.

Divisibilidad. Es la propiedad que tienen los cuerpos de poderse fraccionar en partes tan sumamente pequeñas que el tacto más exquisito no sabría apreciar, ni el ojo más delicado podría descubrir. El diamante, y otros cuerpos pulimentados, nos presentan una superficie enteramente fina á pesar de poseer una infinidad de sulcos debidos al frote del esmeril ó de los polvos del mismo diamante que han servido para darles pulimento. La bola de jabón con la cual juega el niño está formada por una película tan tenue, que según un sábio calculador se necesitarían diez mil de dichas películas para obtener el espesor de un milímetro.

La hilera puede darnos un hilo de metal tan delgado, que una onza de oro podría presentarnos indicios de este metal en una longitud de mas de ciento treinta leguas. El gusano de seda fabrica su capullo con un hilo, del cual son necesarios ciento cuarenta metros para pesar cinco centigramos. Los millones de animales infusorios que podrían depositarse sobre la cabeza de un alfiler, el aroma de las flores, el olor del almizcle y el

manzanillo de Africa, cuyas emanaciones han ocasionado á muchos centenares de metros de distancia la muerte á varios viajeros, son pruebas irrecusables de la gran divisibilidad de la materia.

Porosidad. Todos los cuerpos por compactos que nos parezcan encierran una infinidad de pequeños vacíos ó intersticios llamados poros; vacíos ó intersticios que si bien los descubrimos facilmente en la piedra pomez, en el corcho, en las esponjas; no sucede lo mismo en otros cuerpos que poseen poros tan sumamente pequeños que se hacen invisibles al microscopio; pero no por eso es menos cierta esta propiedad general, como lo prueba la dilatacion y contraccion que sufren todos los cuerpos y el dejarse penetrar estos por los líquidos segun lo demuestran varios ejemplos. Los académicos de Florencia para averiguar si el agua podia disminuir de volúmen, tomaron una esfera de oro, hueca, y despues de haberla llenado de agua y cerrado herméticamente, la sugetaron á una fuerte presion y vieron con sorpresa sobre la superficie de la esfera, unas pequeñas gotitas en forma de rocío que habian pasado á través del metal á causa de su porosidad.

Otro experimento muy curioso al que se ha dado el nombre de lluvia de plata prueba la porosidad de las maderas y de las pieles. Se toma al efecto un tubo de cristal y se cierra uno de sus extremos con un tapon hueco de madera, dentro del cual se pone mercurio y colocando luégo el otro extremo del cilindro en el recipiente de una máquina á propósito para extraer el aire, se hace el vacío en el cilindro y cae el mercurio en forma de lluvia pasando á través de los poros de la madera, á causa de la presion atmosférica que se ejerce en la parte exterior del cilindro y por lo tanto sobre la superficie del mercurio.

La porosidad en las piedras se presenta de un modo más ó ménos evidente. Si echamos un pedazo de creta

dentro de un vaso que contenga agua, se ven salir unas burbujas, debidas al aire que estaba contenido en los poros de dicha sustancia, desalojados de dichos poros que se han llenado de líquido; podria suceder que segun la dureza de la piedra al ser esta echada en el líquido no se notarán burbujas; pero el tenerla inmergida más ó ménos tiempo en el agua y con mayor ó menor presion, nos probaria su porosidad; pues cuando se rompe una piedra que ha permanecido mucho tiempo en el agua y á bastante profundidad se encuentra húmeda hasta en su interior. Hay quien supone que una botella de cristal cerrada herméticamente y bajada al fondo del mar á una profundidad de 400 metros se ha sacado al cabo de algun tiempo llena de agua sin notar en la misma ninguna hendidura.

Las aguas contienen á veces sustancias terrosas que van dejando depositadas en ciertos cuerpos á medida que pasan á través de ellos y de ahí esas petrificaciones animales y vegetales que nos dan otra prueba de la porosidad.

Con la humedad, las cuerdas y las telas formadas con productos vegetales se contraen; las vigas, puertas y ventanas se dilatan, nuestra piel se cubre algunas veces de sudor; fenómenos todos debidos á la porosidad que tiene varias aplicaciones dignas de ser conocidas. Para hendir las piedras basta practicar en ellas ranuras en las cuales se colocan de trecho en trecho cuñas de madera seca, que remojadas luego con agua caliente ésta penetra en sus poros, la madera se dilata y la piedra se hiende por dura que sea.

En la construccion de embarcaciones y en otros muchos casos conviene dar cierta curvatura á la madera, lo que se consigue dilatando por un lado los poros de la madera por medio del calor y comprimiéndolos del otro con la humedad.

Conviene á veces separar de los líquidos ciertas sus-

tancias extrañas que mantienen en suspension y esto se consigue por medio de unos aparatos llamados filtros, bastante porosos para dejar pasar las moléculas de los líquidos y reteniendo la materia extraña que se hallaba mezclada con ellos. Las aguas inútiles para la economía, pueden hacerse potables filtrándolas con piedras porosas ó haciéndolas pasar al través de capas compuestas de cantos rodados, arena y carbon molido. Para clarificar los jarabes y licores se usan una especie de mangas de forma cónica fabricadas con una tela llamada fieltro.

Los habitantes del estado de San Salvador deben gran parte de su riqueza á la porosidad del terreno compuesto de cenizas volcánicas, donde domina la piedra pomez.

A causa de la porosidad pueden obtenerse sobre la madera dibujos en relieve, cuyo procedimiento consiste en comprimir fuertemente una parte de la superficie de la madera, y esta parte comprimida vuelve á recobrar su primitivo nivel colocando la madera en el agua.

Para entretener el fuego encendido se cubre de ceniza cuya porosidad dando paso á cierta cantidad de aire impide que aquel se apague. A veces conviene disminuir la porosidad de ciertos cuerpos á fin de darles mayor duracion y por eso se pintan ó se doran los muebles y otros objetos.

Compresibilidad. Es la accion por medio de la cual pueden reducirse los cuerpos á un menor volúmen aparente. La misma cantidad de materia existe en una esponja ántes de comprimirse que despues de haberla reducido á una octava parte de su forma primitiva. En general, los cuerpos son tanto más compresibles, cuantos más poros poseen; por eso es muy evidente esta propiedad en el corcho, la médula del sauco, el papel y las telas.

La impresion que reciben las medallas y la disminucion de volúmen que tienen despues de acuñadas de-

muestra la compresibilidad de los metales. En cuanto á los líquidos, si bien se ha dudado por mucho tiempo que fueran compresibles, la experiencia ha demostrado que, á fuerza de grandes presiones, pueden reducirse á cerca de las $\frac{19}{20}$ de su volúmen.

De todos los cuerpos, los gases son los más compresibles puesto que pueden reducirse á un volúmen ochenta y hasta cien veces menor del que ántes tenían. Una experiencia muy sencilla, prueba la facilidad como puede reducirse un gas á un menor volúmen aparente. Se toma un tubo de cristal de paredes bastante resistentes, cerrado por uno de sus extremos y por el otro se introduce un piston ó émbolo que cierra herméticamente; apesar de hallarse la cavidad del tubo llena de aire, podemos ir bajando el émbolo hasta reducir el aire á una octava parte de su volúmen primitivo sin poder conseguir por mucho que sea el esfuerzo, que el émbolo llegue á la parte inferior del tubo á causa de la impenetrabilidad del aire. Colocando un vaso boca á bajo en el agua, sube ésta hasta cierta altura en el interior de dicho vaso á medida que se va comprimiendo el aire; pero sin llegar el líquido á tocar el fondo del mismo donde podría estar pegado un papel y al sacar el vaso notaríamos que no se habria mojado. Si el vaso fuera muy grande, capaz de contener dentro á una persona, ésta podría bajar al fondo del mar y permanecer más ó ménos tiempo en él, respirando el aire contenido en el espacio de la campana que no habrá podido penetrar el líquido.

Elasticidad. Todos los cuerpos modificados en su forma ó en su volúmen, por una causa cualquiera, tienen la propiedad, cuando cesa la causa que obraba sobre ellos, de recobrar su primitivo estado, debido esto á la elasticidad que poseen. Esta propiedad se presenta de un modo muy evidente en el marfil, acero y en la goma elástica, cuyo cuerpo es á no dudarlo el que dis-

fruta de mayor elasticidad, si bien que despues de grandes presiones y prolongadas éstas por mucho tiempo, se llega á alterar su forma ó su volúmen primitivo.

Se conocen varios modos de probar la elasticidad de los cuerpos, tales son: primero, la presion, pues segun hemos dicho al tratar de la impenetrabilidad, el aire comprimido dentro un tubo de cristal disminuye de volúmen y ahora debemos añadir, que al cesar la presion el émbolo vuelve á subir por la tendencia que tiene el aire de recobrar su primitivo estado á causa de su fuerza elástica. Lo que decimos del aire en este caso es aplicable á los gases, que poseyendo en grado superlativo la propiedad de que venimos ocupándonos, se denominan fluidos elásticos: segundo, la torsion como es de notar en los hilos de cáñamo, de seda, etc.: tercero, por tirantéz segun se observa en las cuerdas de una guitarra, de un piano, ó en la piel de un tambor: cuarto, por flexion, ejemplo de ello las ramas tiernas ó flexibles de los árboles, ciertos bastones en los cuales nos apoyamos; cuyos objetos, lo mismo que muchos otros, pueden ser doblados hasta cierto punto, porque la elasticidad tiene sus límites: la hoja de papel se puede doblar ligeramente volviendo luégo á tomar su forma primera; pero si se fuerza, demasiado su elasticidad, toma un nuevo pliegue y no hace esfuerzo para volver á su primer estado. El arco encorvado por la tirantéz de un hilo al querer dilatarse las fibras de la parte interior y contraerse, las del exterior, hacen un esfuerzo capaz de arrojar objetos á bastante distancia y por esto ha servido este aparato y sirve todavía en algunos paises, como arma de guerra.

A la elasticidad debemos varias aplicaciones, de utilidad unas y de recreo ó pasatiempo las otras, muchas de las cuales entretienen agradablemente á la infancia. El mecanismo del reloj se mueve á impulso de un re-

sorte de acero, enroscado en forma de espiral el cual por su elasticidad tiene tendencia á ponerse tirante. Los tapones de corcho comprimidos dentro el cuello de una botella impiden que se derrame el líquido que aquella contiene. La blandura de los colchones, de los sofás y otros objetos, es debida á la elasticidad de ciertos resortes ó á la que posee la lana, á la pluma, etc. Algunos viajeros hacen uso de almohadones que llenan de aire, por cuyo medio se vuelven compresibles y elásticos, y por lo tanto muy cómodos para asientos.

La forma del cuerpo contribuye tambien á que haga más ó menos sensible la elasticidad; pues si dejáramos caer de cierta altura y sobre una superficie fina, una baldosa de piedra, por ejemplo, un cubo de mármol y una bolita de la misma sustancia, notaríamos que ésta en virtud de su elasticidad y á causa de su forma volveria á subir, casi á la misma altura de donde habia partido; mientras que el cubo se elevaria mucho menos del suelo aún que ambos objetos hubieran sido arrojados con igual esfuerzo. Untando con un poco de aceite ó con negro de humo la superficie de un cuerpo, sobre el cual se ha dejado caer la bolita de mármol, se nota luego en dicha superficie una impresion tanto mayor, cuanto más violento haya sido el choque; lo que manifiesta que la bola se ha aplastado más ó menos para dar el bote como sucede á una pelota cualquiera y más particularmente á las de goma llenas de aire.

Una pequeña vejiga de goma, toma dimensiones mucho mayores cuando la llenamos de aire; lo que puede efectuarse por medio de un tubito, cuyas dimensiones pueden conservarse teniendo cerrado el tubo; pero una vez se permite la salida al aire, éste lo efectúa con gran impulso al principio y la bola disminuye muy rapidamente, disminucion que se va haciendo luego de un modo muy gradual; propiedad que poseen todos los cuerpos elásticos cuando quieren tomar su forma pri-

mitiva, de desarrollar al principio una gran fuerza. Debido á esta fuerza de movimiento podemos hacer que el agua y el aire contengan cuerpos más pesados que ellos segun lo confirman ejemplos muy sencillos, de alguno de los cuales vamos á hacer mencion. Se toma un guisante ó bien una bolita de médula de sauco en la cual se atraviesan dos alfileres en ángulo recto; teniendo cuidado de colocar en las puntas una poquita de cera, para evitar el punzarse si por casualidad caia la bolita.

Por medio de un tubito de metal ó de madera y hasta con una pajuela si se quiere, puede obligarse al guisante ó á la bolita á dar vueltas en el aire; colocando dicha bolita sobre un extremo del tubo y soplando por el otro extremo; bajo el mismo principio, se puede por medio de la cervatana arrojar guisantes, bolitas de arcilla, etc. á bastante distancia; el agua que sale comprimida en forma de surtidor por un pequeño orificio, puede hacer bailar un huevo, ó una figurita de madera.

Los niños se entretienen á veces en echar piedras al agua, lo que constituye para ellos una especie de juego en el cual sale vencedor el niño cuya piedra á causa de la elasticidad del agua, ha dado mayor número de rebotes.

Una gran variedad de juguetes están basados sobre la elasticidad de los cuerpos; entre los cuales citaremos uno que figura un gato de madera, cuya cola movable está atada por uno de sus extremos con una cuerda, cuya elasticidad permite poder doblar dicha cola debajo el cuerpo del animal y sujetándola por el otro extremo con un pedacito de cera puede mantenerse en esta situación por algunos segundos; hasta que la elasticidad de la cuerda vence la adherencia de la cola y ésta al querer recobrar su primer estado, obliga al gato á dar un salto. A la elasticidad de los músculos debemos la mayor parte de nuestros movimientos. Las pulgas poseen una membrana, especie de resorte, que se distingue con el micros-

cópio, y es por efecto de ese resorte que llegan á dar saltos hasta una altura doscientas veces mayor que la longitud de su cuerpo; debido á un mecanismo semejante ó bien la elasticidad de la cola, dan tambien saltos algunos peces, á mayor ó menor altura. Algunas plantas esparcen la semilla por medio de un resorte.

Las cajitas que contienen un alambre enroscado en espiral hacen saltar una figura que sorprende al que distraidamente abre la caja.

Otra de las propiedades principales es la dilatabilidad y de la cual nos ocuparemos al tratar del calórico.

Gravedad ó pesantez.

Todos los cuerpos tienen tendencia á precipitarse hácia un centro comun y á esta fuerza que acelera la caída de los cuerpos hácia la tierra, se llama pesantez.

La pesantez es una cualidad general que hace caer todos los cuerpos de la misma manera. Sin embargo, notamos que en circunstancias habituales, el plomo cae mas aprisa que un pedazo de papel; pero esto se debe á la mayor ó menor densidad de un cuerpo y á la forma particular que tiene dicho cuerpo. Si dejamos caer primero una hoja de papel y luego esta misma hoja formando una especie de bola, notaremos que existe un obstáculo que se opone al movimiento y que no es otra cosa que la resistencia del aire. Colocando dentro un tubo de cristal cuerpos de diferentes densidades, como barbillas de plumas, bolitas de papel, de plomo etc. notaremos al invertir el tubo que los cuerpos caen en tiempos desiguales; pero esta misma operacion verificada despues de extraido el aire del tubo, nos dá por resultado que dichos objetos caen ó llegan al fondo á un mismo tiempo.

Hay circunstancias en las cuales los cuerpos abandonados á sí mismos léjos de caer toman un movimiento

de abajo arriba como sucede á un tapon de corcho que metido debajo del agua abandonado luego sube hácia la superficie, como suben en el aire las nubes, y el humo; pero estos son otros tantos efectos de la pesantez; si el corcho sube en el agua, es porque en igualdad de volúmenes el agua pesa mas que el corcho, como pesa mas el aire que el humo.

Cuando dejamos caer un cuerpo desde cierta altura dicho cuerpo obedece á la ley general de la atraccion; pero si por un medio cualquiera nos oponemos á que caiga dicho cuerpo, si lo recibimos con la mano por ejemplo, experimentaremos un esfuerzo por parté del cuerpo, debido á su peso. No hay que confundir pues la pesantez que es una cualidad absoluta con el peso que es una cualidad relativa.

Todos los cuerpos se atraen mútuamente; empero esta atraccion es mas poderosa en unos cuerpos que en otros y por esto se dice que se atraen en razon directa de sus masas; por eso un cuerpo cualquiera que tenga una masa mas pequeña que la tierra, debe ser atraido por esta. El grandor de un cuerpo no tiene nada de comun con la materia. Un pequeño pedazo de plomo, por ejemplo, pesa mas que una grande esponja; la única diferencia consiste que en un caso la materia está encerrada en un espacio mucho menor que el otro.

Los cuerpos en su descenso siguen un movimiento acelerado habiendo demostrado la experiencia que el espacio recorrido en el primer segundo es aproximadamente de unos 17 piés, tres veces este número al segundo inmediato; cinco veces dicho número en el tercero y así sucesivamente de suerte que multiplicando luego 17 piés por los números impares 1, 3, 5, 7, 9, etc., sería fácil calcular la altura de donde ha partido un cuerpo, conociendo el tiempo empleado en el descenso. Un sencillo ejemplo aclarará lo que acabamos de decir. Suponiendo que nos hallamos situados sobre la torre

de un campanario , cuya altura tratamos de medir , empezaremos por dejar caer una piedra marcando los segundos que median desde el momento de partida hasta que esta ha llegado al suelo; y suponiendo que ha tardado en efectuar el descenso tres segundos, tendremos; diez y siete piés para el primero ; tres veces diez y siete ó sean cincuenta y uno para el segundo; y cinco veces diez y siete ó bien ochenta y cinco para el tercero. Sumando el número de piés resultarán ciento cincuenta y tres que representa la altura aproximada del campanario. Sabiendo que los espacios recorridos por un móvil crecen como los cuadrados de las distancias, podríamos reducir el cálculo diciendo ; el cuadrado de los tres segundos que ha tardado en bajar el cuerpo, es nueve; multiplicando nueve por diez y siete obtenemos tambien ciento cincuenta y tres. La misma ley que domina á los cuerpos que caen en el espacio, es aplicable á los cuerpos que resbalan por un plano inclinado segun es de notar á la velocidad que en su descenso adquieren los vehículos en las montañas rusas.

Del movimiento y de la inercia.

Se llama movilidad la facultad que tiene un cuerpo de poder cambiar de situacion relativamente á otro cuerpo. La causa que obliga á poner en movimiento un cuerpo se llama fuerza y á la carencia de movimiento se le dá el nombre de reposo; pero como en el universo no se conoce ningun cuerpo que permanezca en este estado , de ahí que el reposo ha de ser siempre aparente ó relativo; porque como dice Pouillet «el reposo absoluto y el movimiento absoluto no son mas que concepciones de nuestro espíritu; en el arreglo del mundo no hay nada absoluto para nosotros , todo es relativo y condicional. Así todo lo que nos parece lo mas inmóvil en la superficie de la tierra, no está mas que en un reposo

relativo. Los árboles están en reposo con relacion á los montes, los montes lo están con relacion al suelo y á la masa del globo; pero los árboles y los montes son llevados con nosotros por la vasta órbita de nuestro planeta y todos juntos corremos en un segundo diez veces mas espacio que el que corre en el mismo tiempo una bala al salir de un cañon. Con todo recorriendo con tanta velocidad los espacios celestes no podemos juzgar de nuestro movimiento absoluto porque seria necesario saber si el sol está inmóvil en el centro del mundo. Además, todo parece anunciar que el sol lleva consigo todos los planetas, como la tierra arrastra consigo su admósfera, sus nubes, sus árboles y sus montes. El mismo sol no es mas que un planeta imperceptible con relacion á otro sol al rededor del cual gira y este otro sol es sin duda trasportado por el espacio sin que se pueda señalar ni aun imaginar un centro fijo alrededor del cual se verifican todas las revoluciones.»

La persona que viaja por un rio y permanece sentada en el buque puesto en marcha, se halla en reposo con respecto á la embarcacion; pero en movimiento con relacion á las riberas; el reposo en este caso no es mas que relativo.

El movimiento se llama uniforme cuando en tiempos iguales recorre espacios iguales; es decir, cuando el cuerpo móvil en la primera unidad de tiempo anda por su posicion 8 metros en la segunda tambien 8 y así sucesivamente. Cuando en tiempos iguales recorre espacios desiguales, el movimiento se llama variado; si los espacios recorridos en un mismo espacio de tiempo van creciendo, como sucede á un vapor al ponerse en marcha que á la primera unidad de tiempo anda un espacio mucho menor que en el segundo y este menor que el tercero hasta conseguir una marcha uniforme, el movimiento se llama acelerado.

Quando se aproxima al puerto, la embarcacion para evitar un choque, tiene que disminuir su marcha y los

espacios recorridos van siendo cada vez menores hasta que el movimiento llega á ser nulo á causa del movimiento retardado.

El espacio recorrido en una unidad de tiempo se llama velocidad. La unidad de tiempo puede ser el segundo, el minuto, la hora, etc.

Hay velocidades, que experimentan los cuerpos, dignas de ser conocidas y de las cuales vamos á dar una sucinta idea. Una locomotora puede recorrer 28 metros por segundo; una persona puesta en marcha de camino 4'08 metros. La tierra en su movimiento de traslacion nos hace viajar con una velocidad sesenta veces mayor que una bala de cañon y recorreremos por lo tanto 30,000 metros por segundo: la luz y la electricidad podrian dar la vuelta al rededor de la tierra en $\frac{1}{10}$ de segundo aproximadamente; el sonido teniendo por conductor el aire tardaria en dar dicha vuelta en menos de 73 horas; la locomotora y los palomos en 36 ó 40 dias; mientras que el hombre andando dia y noche á razon de 108 metros por segundo tardaria un año y dos meses.

El tiempo de la ascension y de la caida de un cuerpo son iguales. Es decir, que un cuerpo impulsado por una fuerza hasta la altura de 68 pies tardaria dos segundos para llegar á dicha altura; la misma que emplearia en el descenso. Por este medio puede calcularse la altura aproximada á que ha llegado un cuerpo impulsado por una fuerza, contando el número de segundos trascurridos entre la subida y la bajada del cuerpo; partiendo por dos el número de segundos y operando luego segun se ha practicado para calcular la altura de una torre sabremos el número de pies á que se ha elevado el cuerpo.

Inercia. Los cuerpos inanimados una vez puestos en movimiento no pueden pararse y una vez en reposo no pueden moverse, sin la accion de una fuerza. La indiferencia pues, que tiene la materia para ponerse en movimiento ó en reposo se llama *inercia*. Cuando impulsa-

mos una bola , por ejemplo , se pone en un movimiento que conservaria para siempre si el roce y el aire y otro obstáculo cualquiera no la obligaran á detenerse, por eso cuando disminuimos el roce haciendo rodar la bola sobre una superficie lisa como el cristal ó el yelo , va mucho mas léjos que haciéndola rodar sobre la arena imprimiéndole en ambos casos igual impulso. Segun sea la fuerza empleada para mover un cuerpo , asi será mayor ó menor la cantidad de movimiento de dicho cuerpo y por lo tanto mayor ó menor tambien el efecto producido por el choque. El efecto de los proyectiles se debe no tanto á su masa como á la gran velocidad adquirida por la explosion de la pólvora; esto no quiere decir que dos cuerpos impulsados por una misma fuerza, no produjera doble efecto el que tuviera doble masa ; pero tambien es cierto que una bala del peso de una libra podria detener en su marcha á otra que pesara 12 libras ; con tal que la velocidad de la primera, fuera doce veces mayor que la de la segunda. Bajo este principio, y prescindiendo de la resistencia del aire, podria afirmarse que un cuerpo de un peso insignificante, una pequeña pluma por ejemplo, produciria el mismo efecto que una bala de cañon. Esta fuerza de movimiento explica los terribles efectos que ocurren entre dos buques de vapor ó dos locomotoras que chocan al marchar en direccion encontrada, y los accidentes que ocurren algunas veces entre los transeuntes que andan distraidos por las calles de una ciudad populosa.

«En la comunicacion del movimiento, dice Pouillet, se presentan fenómenos singulares, que dependen del estado de agregacion de los cuerpos y de la rapidez con la que el movimiento puede trasmitirse de molécula en molécula en lo interior de una misma masa. Se sabe por ejemplo que una bala atraviesa un vidrio cuadrado sin romperle y que solo hace en el un agujero como lo haria un sacabocado en una hoja de metal. Este efecto no de-

pende mas que de la velocidad de la bala y no de su forma ; porque si se arroja con la mano rompe el vidrio como lo haria una piedra ; pero desde que adelanta con la rapidez que le da la pólvora , las moléculas que tocan son quitadas con tal viveza que no tiene tiempo de transmitir sobre los lados el movimiento que reciben. Todo se pasa entonces en el círculo que choca la bala y el cuadro entero aunque no hubiera sido sostenido mas que por un hilo de seda , no espermentaria el menor sacudimiento.»

Hemos dicho que un cuerpo puesto en movimiento hiere con tanta mas fuerza, cuanto mayor es su velocidad y su masa; por eso empleamos la inercia en varios casos, entre los cuales se encuentran los almireces y el martillo cuyo efecto cuando tratamos de clavar un clavo, es tanto mayor , cuanto más grande es el martillo y los golpes son mas repetidos. Segun la definicion de la inercia un cuerpo puesto en movimiento , tiene tendencia á conservar la velocidad adquirida y una vez en reposo ofrece resistencia al que trata de ponerlo en movimiento. El principio que acabamos de mencionar ofrece muchas aplicaciones. Colóquese una moneda sobre el pié de una copa y haciéndola deslizar bruscamente sobre la mesa, la moneda cae del lado opuesto á la direccion de la fuerza ; por eso el que está en pié sobre un carruage ó sobre una lancha y el ginete á caballo, caen hácia atrás cuando los caballos ó la lancha pasan bruscamente del estado de reposo al de movimiento ; lo contrario sucede haciendo deslizar suavemente la copa parándola de repente, despues de haberle impreso cierta velocidad ; en este caso la moneda cae hácia delante, es decir, en direccion de la fuerza. Esto explica porque si se para de repente el caballo que corria al galope, cae el ginete hácia adelante pasando por encima la cabeza del animal ; es al efecto de no caer hácia delante, que los conductores de los ferro-cariles cuando bajan del vagon, que todavía

está en movimiento, dan algunos pasos en la dirección que lleva el tren, echando el cuerpo hácia atrás.

Un niño cuando está corriendo y tropieza con los piés cae también hácia delante y cuanto mayor es la velocidad, tanto mas peligrosa puede ser la caída. Por eso son tan terribles los accidentes en los ferro-cariles, ocasionados por un descarrilamiento ó cualquiera otra causa que motive una detención brusca á la máquina.

Entre los varios juguetes fundados sobre la inercia, citaremos uno compuesto de dos discos de madera unidos por un eje, arrollado de un hilo que, sostenido por uno de sus extremos y dejando caer el juguete, baja tanto como le permite la longitud del hilo y vuelve á subir en sentido inverso. Esta serie de movimientos pueden repetirse á voluntad del que tiene sujeta el hilo. El molino de viento, el trompo y el aro, pueden presentarnos curiosos ejemplos de inercia y de cuyos juguetes hablaremos mas adelante.

Composicion y descomposicion de las fuerzas.

Siendo la materia enteramente pasiva, no puede por si misma darse movimiento; es necesario una causa, para que la ponga en movimiento cuando está en reposo ó en estado de reposo cuando se halla en movimiento y es á esta causa que llamamos *fuerza*.

Hay fuerzas que son independientes de la voluntad de los seres animados; tales como la electricidad, el calor, la gravedad, etc. Cuando un hombre trata de poner en movimiento un carretón, por ejemplo, emplea cierta fuerza para vencer la resistencia del vehículo. En este caso ha dominado la voluntad; pero si dentro del carretón hay una bola que cae del carretón al bajar una cuesta, aquí la caída de la bola es independiente de la voluntad del hombre y reconoce por causa la gravedad ó pesantez que es inherente á la materia.

En las fuerzas hay que distinguir tres cosas: el punto de aplicacion, la direccion y la intensidad.

Cuando se quiere trasladar un cuerpo, tirando de una cuerda, el punto en que esta cuerda está atada al objeto, se llama punto de aplicacion de la fuerza.

La intensidad de una fuerza, no es otra cosa que el esfuerzo mayor ó menor que debe hacerse para arrastrar por ejemplo un carreton, segun sea la carga de este.

Existe una unidad que sirve para medir el efecto útil de una potencia. Esta unidad que se llama *dinamia*, representa la fuerza capaz de elevar un metro cúbico de agua á un metro de altura en 24 horas.

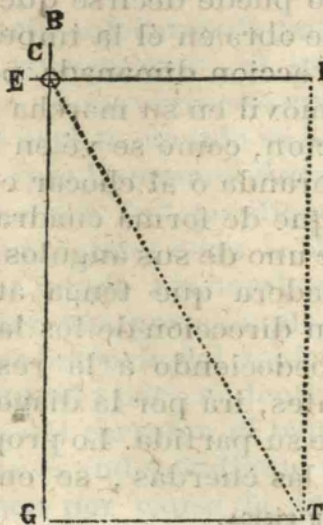
En las máquinas de vapor, se entiende por fuerza de un caballo, á una fuerza capaz de elevar á un metro de altura 250,000 kilóg. por hora. Se calcula que la fuerza de un hombre es aproximadamente la séptima parte de la fuerza de un caballo de carga.

Hemos dicho que un cuerpo impulsado por una sola fuerza se mueve en línea recta; cosa que se concibe fácilmente sin necesidad de demostracion; pero cuando el cuerpo describe una curva ó un ángulo, ha de estar precisamente sometido á otra ú otras fuerzas secundarias; en este caso puede decirse que hay composicion de fuerzas, porque obra en él la impulsión que ha recibido primero y la accion dimanada por los obstáculos que encuentra el móvil en su marcha y que le obligan á cambiar de direccion, como se vé en las bolas de billar al dar contra la baranda ó al chocar con otra bola.

Si en un estanque de forma cuadrada se coloca arriado al vértice de uno de sus ángulos, un barquichuelo, ó un pedazo de madera que tenga atadas dos cuerdas, tirando de ellas en direccion de los lados del ángulo, el barquichuelo, obedeciendo á la resultante de dichas fuerzas componentes, irá por la diagonal á parar al ángulo opuesto al de su partida. Lo propio sucederia si en lugar de tirar de las cuerdas, se empujára el barqui-

chuelo con dos perchas y que la una tratára de hacerle recorrer uno de los lados y la otra el lado inmediato. Como la suma de los dos lados del cuadrado es mayor que la diagonal, resulta siempre una pérdida de fuerza, tanto mas considerable, quanto mayor sea la abertura del ángulo; y por el contrario, quanto mas agudo sea este, será mas aprovechada la fuerza, por ser la diagonal recorrida mucho mayor en el segundo caso que el primero. Es al efecto de aprovechar la mayor cantidad de fuerza, que dos hombres cuando arrastran un objeto tirando cada uno de una cuerda, procuran que las dos formen la menor abertura posible.

Si en lugar de una forma cuadrada tuviera el estanque la figura de un paralelógramo y que uno de sus lados paralelos fuera tres veces mas largo que uno de los otros dos, el barquichuelo impulsado por dos fuerzas semejantes á las descritas en el ejemplo anterior, seguiria tambien la diagonal; debiendo advertir que, las líneas que forman las figuras que sirven para demostrar la descomposicion de las fuerzas, representan no solo la direccion, si que tambien la intensidad de una fuerza con relacion á otra.



Para formarnos una idea mas exacta sobre la composicion de las fuerzas que representa un paralelógramo véase la fig.^a 4.^a Se da el nombre de paralelógramo en geometría, á una figura cerrada por cuatro líneas rectas paralelas dos á dos; es decir, la línea E D paralela con la G T y la línea B G paralela con la D T. Los puntos E D T G en cada uno de los cuales concurren dos líneas que forman un ángulo, se llaman vértices. La línea E T que une los vértices de dos ángulos opuestos, se llama diagonal.

Suponiendo al cuerpo C solicitado á la vez por dos fuerzas cuya direccion é intensidad está representada por las líneas E D y B G es evidente que dicho cuerpo no podrá moverse ni en direccion de B G ni en la de E D y deberá por consiguiente tomar la direccion intermedia, que en este caso está representada lo mismo que su intensidad por la diagonal.

Pudiendo dos fuerzas ser reemplazadas por una sola segun acabamos de ver, tambien una sola fuerza podrá ser reemplazada por otras dos, y de cuya teoría se ven continuas aplicaciones. Si un barquero poco experimentado, tratara de dirigirse desde el punto E (fig. 4.^a) situado á la orilla de un rio, al punto D de la orilla opuesta, empleando para esto un esfuerzo capaz de hacer andar la embarcacion un metro por segundo, iria á parar al punto T; suponiendo que la corriente tiene una velocidad de dos metros por segundo y que lleva la direccion B G. Es por esta circunstancia que el barquero para dirigirse desde una orilla á un punto determinado de la orilla opuesta, dirige la embarcacion en línea más alta, ó parte desde un punto más alto. El vuelo en las aves y la natacion en los peces, nos ofrecen tambien ejemplos análogos.

Rara vez sucede que una fuerza no se descomponga en otras dos. Cuando se trata de apoyar un cuerpo sobre un plano inclinado, la accion de la pesantez del cuerpo se descompone en dos fuerzas; la una perpendi-

cular y la otra paralela al plano. Una piedra arrojada al aire, está sometida á la accion de dos fuerzas, representada la una por la accion de la mano, que tiende á hacerla marchar en línea recta y otra por la gravedad que tiende á que caiga perpendicularmente; pero la piedra separándose de una y otra, sigue la diagonal, yendo á parar por último al suelo, á causa de su misma gravedad y de la resistencia del aire que bien puede considerarse como otra fuerza.

La resultante de dos fuerzas que obran en una misma direccion, es igual á la suma de dichas fuerzas; cuando las fuerzas obran en sentido contrario, la resultante es igual á su diferencia. En la navegacion por los rios, cuando un buque de vapor marcha en direccion favorable á la corriente, sumada la fuerza de esta con la del vapor, puede llegar á andar veinte y seis y más kilómetros por hora; mientras que subiendo el rio, es decir, teniendo que vencer la resistencia que le opone la corriente, la velocidad será aproximadamente de ocho á nueve kilómetros.

Fuerza centrifuga y centripeta. Colocando una piedra en medio de una honda, si se imprime á esta un movimiento circular, teniendo sujetas con la mano las dos estremidades del cordon, pueden notarse dos fuerzas; una que tiende á mover el cuerpo hácia el centro y otra que tiende á alejarle de dicho centro; la primera ha recibido el nombre de fuerza *centripeta* y de *centrifuga* la segunda. Estas dos fuerzas se equilibran mientras se hace girar la honda; pero si se abandona una de las estremidades del cordon, entonces la piedra sometida á la accion de una sola fuerza, se escapa en línea recta, ó mejor dicho, describe en virtud de su pesantez y de la resistencia del aire una especie de curva, llamada *parábola*. En virtud de esta fuerza se explican una porcion de fenómenos curiosos. Para mantener encendido el fuego en el incensario, se le hacen dar vueltas sin que el

carbon que contiene se escape. Atando los dos extremos de un cordón en las asas de una vasija, que contenga agua, podemos hacerle dar vueltas como si fuera una honda, sin que se derrame ni una sola gota; pero si en lugar de estar contenida el agua en una vasija, se empapase con ella una esponja la cual hiciéramos girar como en el caso anterior, por no hallarse sometida el agua á la fuerza centrípeta, se escaparía por la tangente en virtud de la fuerza centrífuga; lo propio sucede con las chispas que se desprenden de los soles en los fuegos de artificio, ó con el barro que es lanzado por las ruedas cuando dan vueltas muy aprisa; un fenómeno semejante tiene lugar con la harina cuando se muele el trigo.

En las corridas de caballos, cuando estas tienen lugar en un circo, el caballo corriendo y el jinete que lo monta tienen necesidad de inclinar el cuerpo hácia el centro, á fin de no ser lanzados hácia fuera por la fuerza centrífuga.

El aro no puede sostenerse vertical sobre la circunferencia, á menos que se ponga en un movimiento progresivo; porque en este caso y en virtud de la fuerza tangencial ó centrífuga, todas las partes del aro tienen tendencia á huir en línea recta y esta tendencia que obra en sentido contrario á la atracción de la tierra cuando el aro está en movimiento, le permiten sostenerse en una posición vertical; pero cuando disminuye su velocidad, vence la fuerza de gravedad, el aro se ladea y por último cae dando algunas revoluciones dimanadas por el movimiento que tenia impreso y también á causa de su elasticidad. Cuando los niños golpean el aro con un bastón, al efecto de hacerle conservar el movimiento, hallan puede decirse instintivamente un centro llamado de *percusion* situado en este caso entre el extremo del bastón y la mano.

El trompo nos ofrece también experimentos curiosos sobre la fuerza centrífuga, en virtud de la cual puede

sostenerse girando sobre el clavo. Segun se ha dicho en la honda, la piedra colocada en el centro, tiene tendencia á escaparse por la tangente y esta tendencia aumenta en razon del mayor movimiento que se imprima á la honda y de hallarse la piedra á mayor distancia del centro.

Ahora bien, el trompo una vez en movimiento se halla sugeto á dos fuerzas opuestas que lo equilibran. Todas sus partes aunque unidas por la fuerza de cohesion, tienden á alejarse del centro con una potencia igual á uno y otro lado del eje; por cuya circunstancia queda el trompo en equilibrio sobre la línea que lo atrae á la tierra y que estando ocupado por el clavo evita que caiga al suelo. La fuerza centrífuga puede algunas veces equilibrarse de tal modo con la fuerza de gravedad, que el movimiento de rotacion del trompo se hace apenas sensible y en tal estado se dice que el trompo duerme. El ser mas ó menos duradero el movimiento de rotacion del trompo, depende en parte de ser la superficie sobre la cual roza el clavo, mas ó menos fina, y tambien de la resistencia del aire, cuyo obstáculo es aun mas poderoso que el mismo roce. Experimentos hechos en el vacío han dado por resultado, que una vez impreso el movimiento de rotacion al trompo este ha continuado dando vueltas mas de dos horas seguidas.

A la forma que posee la extremidad del clavo se debe el poder pasar el trompo de una posicion oblicua á una posicion vertical puesto que si el clavo terminara en una punta muy aguda, el trompo no se levantaría.

El achatamiento de los polos en nuestro globo es otro efecto de la fuerza centrífuga. La tierra gira ó da vueltas al rededor de su eje en veinte y cuatro horas; durante cuyo movimiento, todos los puntos de la superficie terrestre giran alrededor de dicho eje con velocidades diferentes; porque suponiendo un radio que vaya á parar desde el polo al ecuador, el objeto colocado á uno de

los extremos de dicho radio, describe en veinte y cuatro horas una circunferencia muy grande, mientras colocado cerca del otro extremo, la circunferencia descrita sería tan sumamente pequeña, que el movimiento llegaría á ser casi nulo. Si se describe en tiempos iguales círculos de radios diferentes, la fuerza centrífuga será proporcional al círculo descrito. Luego, en virtud de esta ley, el máximo de la fuerza centrífuga se halla en el ecuador. Á esta desigualdad de la fuerza centrífuga se atribuye generalmente el achatamiento de los polos, debido esto, según se supone, á que la tierra fué en su origen una masa fluida. La diferencia que resulta entre dos radios tirados desde el centro de la tierra al Ecuador, y á uno de los polos es sólo de veinte kilómetros.

Suponiendo que una esfera de goma que estuviese llena de agua y atravesada por un eje, tiene un movimiento de rotación alrededor de dicho eje; estando solicitados los puntos de la esfera por fuerzas centrífugas de diferentes densidades que se van debilitando desde el ecuador á los polos, será preciso para conseguir equilibrio que la esfera se achate en los polos y se hinche en el ecuador, hácia cuyo punto se acumulará mayor cantidad de materia por ejercer mayor energía la fuerza centrífuga. Por medio de un sencillo aparato se demuestra experimentalmente dicho fenómeno. Este aparato consiste en dos círculos de acero reunidos por dos anillos, de los cuales uno está fijo á un eje de rotación y el otro está libre. Imprimiendo al aparato un movimiento de rotación rápido, el anillo libre baja recorriendo una porción del eje y ambos círculos se hinchan hácia el ecuador.

Se puede, dice Depretz, realizar este fenómeno de otro modo: se toma un trompo muy abultado en su parte media y en el momento de ponerle en movimiento, se le moja en toda su superficie: se verá que el agua ha desaparecido casi en su totalidad sobre la parte más

abultada, mientras que junto á la punta y cerca de la parte superior ha quedado una cantidad notable : casi puede verse la proyeccion del agua en el trompo.

Centro de gravedad. Los cuerpos, segun hemos dicho, están formados por una reunion de moléculas, y al tratar de la pesantez hemos manifestado la tendencia que todos tienen a precipitarse hácia un centro comun, á causa de la accion que la tierra ejerce sobre ellos y por lo tanto, sobre cada una de sus moléculas, que, aunque infinitas en número, puede afirmarse que los esfuerzos parciales de la pesantez de todas las partículas de un cuerpo componen una suma, cuyo resultante deberá pasar por el centro de accion de dichas fuerzas cualquiera que sea la posicion del cuerpo; á este punto se le llama *centro de gravedad*. La recta que podemos suponer, une el centro de gravedad de un cuerpo con el centro de la tierra, se llama línea de *direccion*, la cual se representa por medio de un hilo, á cuyo extremo se fija un cuerpo pesado que se mantiene vertical en caso de equilibrio. Este aparato toma el nombre de *plomada* y tiene una infinidad de usos. Los albañiles lo emplean para cerciorarse de que una pared está vertical; á este efecto se tiene una placa cuadrada de metal, y uno de cuyos lados tiene el mismo diámetro al cilindro ó peso que se halla al extremo del hilo, pasando el otro extremo por un orificio, que está al centro de la placa : cuando aplicada esta placa contra el muro queda tambien aplicado contra dicho muro y sin violencia el cilindro, la pared está en posicion vertical.

La recta que podemos suponer une el centro de gravedad de un cuerpo con el centro de la tierra, se llama línea de *direccion*. Cuando esta línea cae dentro los límites de la base de un cuerpo, dicho cuerpo tiene una posicion estable; si otra cosa sucediera, el cuerpo caería.

Quando hay homogeneidad en las partes que forman

un cuerpo , la posicion del centro de gravedad no depende mas que de la forma del cuerpo.

Si esta forma es regular puede hallarse por medio de consideraciones geométricas. En la línea recta, su centro de gravedad se halla en medio de su longitud ; en el paralelógramo , está en el punto de interseccion de las diagonales ; en el círculo y en la esfera, llena ó hueca, se encuentra en el centro. En los ejemplos que acabamos de mencionar puede decirse que el centro de gravedad se corresponde con el centro de la figura ; pero en los cuerpos cuya densidad no es uniforme , ó que afectan formas irregulares, puede el centro de gravedad corresponder á un punto muy distante del centro de la figura como es fácil de comprobarse, buscando el centro de gravedad de ciertos cuerpos por medio de la experiencia ; á cuyo efecto si el cuerpo no es muy pesado basta suspenderlo primeramente por un punto y cuando permanece en reposo, el centro de gravedad se hallará mas abajo del punto de suspension en la línea vertical que puede trazarse sobre la superficie ó una de las caras del cuerpo, por medio de un hilo á plomo; para determinar en que punto de esta línea se halla el centro de gravedad , bastará suspender el cuerpo en una posicion diferente y tirando por este segundo punto de suspension otra vertical , el centro de gravedad estará en el punto donde se cruzan las líneas ; colocando el cuerpo de manera que el punto de interseccion de las líneas se apoyara sobre el extremo de un baston, dicho cuerpo permanecería en reposo. Estos métodos tan cómodos como sencillos para hallar el centro de gravedad no son aplicables á los cuerpos muy pesados, en los cuales para hallar su centro de gravedad es necesario recurrir al cálculo.

Equilibrio de ciertos cuerpos. Acabamos de ver que si se coloca un cuerpo, del cual se haya buscado el centro de gravedad, de modo que el punto de interseccion de las líneas descansa sobre el extremo de un baston,

dicho cuerpo estaría sostenido , es decir , no caería : ahora bien , siempre que el punto donde se concentre la accion de la pesantez de un cuerpo esté sostenido por un apoyo cualquiera que destruya la accion de la pesantez , dicho cuerpo permanece en reposo y por lo tanto en equilibrio. El equilibrio será mas ó menos estable , segun que el centro de gravedad caiga mas arriba ó mas abajo del punto de suspension , ó que el cuerpo esté sostenido por uno ó varios puntos de apoyo ; resultando de esto tres clases de equilibrio : *el equilibrio estable , el equilibrio no estable , y el equilibrio indiferente.*

Equilibrio estable. Se dice que un cuerpo está en equilibrio estable , cuando dicho cuerpo algo desviado de su posicion de equilibrio , tiende siempre á volver á ella. Un sencillo juguete puede presentarnos un ejemplo del equilibrio estable ; tómese un pequeño hemisferio , media bala de plomo y fijemos en ella una figurita de médula de sauco ó de otra sustancia ligera , haciendo de manera que la superficie curva , descansa ó esté apoyada sobre un plano. En este caso el centro de gravedad del cuerpo se halla en su eje , porqué la superficie plana de la media bala tiende siempre á ponerse horizontal lo que se verifica cuando el eje es vertical ; si se inclina á un lado cualquiera la figura , en esta situacion , el centro de gravedad está mas elevado y pierde su estabilidad , la que trata de recuperar cuando abandonamos el hemisferio á si mismo , por la sencilla razon de hallarse mas bajo el centro de gravedad cuando recobra el eje su posicion vertical. Muchos son los juguetes basados en este principio , entre los cuales citaremos uno que puede afectar una figura cualquiera ; nosotros elijeremos una lámina de hoja de lata representando una embarcacion , cuya parte inferior termina en una punta por medio de la cual se apoya sobre un sustentáculo. En esta situacion seria materialmente imposible establecer el equilibrio á causa de la poca superficie de la base y

hallarse el centro de gravedad mas arriba del punto de suspension ; pero si hacemos de modo que el centro de gravedad caiga mas abajo del punto de suspension , el objeto podrá jirar en todos sentidos y aun ladearse volviendo luego á tomar la posicion vertical. Para conseguir que el centro de gravedad esté mas bajo que el punto de suspension, colóquense á cada lado de la embarcacion un alambre de cierta longitud , que tenga en su extremo inferior un pequeño peso ; cuando la embarcacion se ladea el centro de gravedad se ve forzado á subir y como su tendencia es bajar todo lo posible, para efectuarlo tiene que poner vertical la figura. En la mecánica se presentan paradojas que tienen su explicacion en el centro de gravedad de los cuerpos. Colocando dos conos, unidos por su base en el vértice de un ángulo, cuyos lados sean dos pedazos de madera que formen una pequeña inclinacion hácia el vértice de dicho ángulo , los dos conos suben en apariencia hacia arriba hasta quedar sostenidos por las puntas ; decimos que han subido en apariencia, porque en realidad han bajado, por hallarse el centro de gravedad mucho mas bajo de los puntos de suspension despues de haber recorrido los lados del ángulo, que cuando estaban apoyados en el vértice del mismo. Un fenómeno semejante se observa; cuando se coloca sobre un plano inclinado un disco compuesto de sustancias diferentes, una mas pesada que la otra. Como el centro de gravedad no estará en el centro de la figura por hallarse en un punto de la sustancia que tenga mayor densidad, podrá suceder segun de que modo inclinamos el disco, que remonte una porcion de plano para hallar su posicion de estabilidad, que será cuando se halle el centro de gravedad lo mas bajo posible. A una causa análoga se debe el que ciertos caballos de metal puedan sostenerse sobre pedestales con solo las patas de atrás. Todo consiste en llevar su centro de gravedad en un punto conveniente. Suponiendo al caballo

construido de una sustancia homogénea , el centro de gravedad estaria aproximadamente en medio del cuerpo ; pero si una parte del caballo fuese de madera y la otra de metal, el centro de gravedad estaria situado en un punto de la parte que tuviera mayor densidad ; si el caballo fuese todo de metal, podria ser la mitad macizo y la otra mitad hueco, el resultado seria con corta diferencia el mismo; es decir, el centro de gravedad se hallaria donde hubiera mayor cantidad de masa. Aun suponiendo el caballo fabricado por una 'sustancia homogénea , macizo ó hueco en su totalidad , podria conseguirse equilibrio sosteniéndose con las dos patas de detrás. Hay un juguete que representa un caballito de madera el cual puede colocarse al borde de una mesa y sostenerse como queda dicho con las dos patas, teniendo fuera de la mesa lo restante del cuerpo. Esto se consigue por medio de un hilo de metal que , partiendo del punto medio y parte inferior del caballo, se encorva en direccion á las patas que le sirven de punto de suspension. El hilo de metal lleva en el extremo que vá á parar debajo de las patas una bala bastante pesada, en la cual se halla el centro de gravedad, y que está por lo tanto mucho mas bajo que el punto de suspension. Este fenómeno resuelve una paradoja que se presenta del modo siguiente : «Un cuerpo tiene tendencia á caer por su propio peso hacia un lado, porque medio podria evitarse la caida agregándole otro peso por el mismo lado?

Cuanto mayor sea la base de un cuerpo respecto á su altura, tanto mayor será la estabilidad de dicho cuerpo; porque segun llevamos dicho para conseguir el equilibrio, es necesario que la direccion de la vertical caiga dentro los límites de la base. Tómense varios prismas de igual base, pero de alturas diferentes y colóquense sobre un plano horizontal haciendo que cada uno lleve en una de sus caras un hiló á plomo en direccion al centro de gravedad ; si en tal disposicion se hace sufrir

cierta inclinacion al plano, se verá que sale primero de los limites de la base la vertical del cilindro que tiene mayor altura, siendo el último en perder su estabilidad, el prisma que la tiene menor ó sea el mas pequeño. Es pues al efecto de conservar su estabilidad que en los muebles y otros útiles de uso comun se procura que la base tenga bastante extension.

Lo dicho bastará para hacernos comprender porque un carruage cargado con vigas colocadas en posicion vertical se halla mas expuesto á un vuelco, que si las llevara de igual longitud pero colocadas horizontalmente al plano situado sobre el eje de las ruedas; y aun aumentaria mas su estabilidad si llevase igual peso debajo de dicho eje: por eso cuando se lastra una embarcacion, se coloca el peso en el punto mas bajo posible; si el peso que sirve de lastre se colocara sobre cubierta, lejos de dar mayor estabilidad á la embarcacion, conspiraria á un fin contrario, al hallarse expuesta á los vaivenes de las olas.

Algunos edificios, como la torre de Pisa y de Bolonia, aunque estén inclinadas, se sostienen; porque el centro de gravedad no ha salido de los límites de la base.

En el hombre el centro de gravedad se halla hácia el medio de la parte inferior del tronco; cuya vertical tirada desde dicho centro, iria á parar entre las márgenes de los pies. El centro de gravedad varia en el hombre y en los demas animales segun sus diferentes actitudes. Cuando una persona lleva un peso á cuestas se inclina hacia adelante; si lo lleva en los brazos, tiene que inclinarse hacia atrás, cuando se lleva el peso en una mano, por ejemplo un cubo de agua, hay necesidad de inclinar el cuerpo hacia el lado opuesto, poniendo tendido el brazo de dicho lado á fin de colocar tanto como es posible el centro de gravedad á su primera posicion. La estabilidad del cuerpo seria mucho mayor, llevando un cubo en cada mano, porque en este caso no habria necesidad de ningun esfuerzo para sostener el equilibrio.

Un hombre montado sobre un caballo está sentado con mayor seguridad, cuando lleva peso en los pies; por este motivo muchos postillones van calzados con grandes botas.

La generalidad de las actitudes que tomamos para guardar el equilibrio, las hacemos instintivamente como les sucede á las aves y demas animales. Al aproximarnos á contemplar de cerca un precipicio, llevamos uno de los pies hácia adelante á fin de aumentar la base y hacer que la línea de direccion no salga de ella.

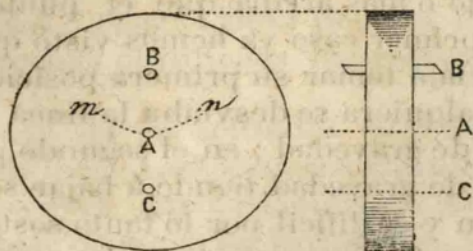
Los funámbulos para andar sobre la maroma á fin de guardar la línea de direccion, se sirven de un balancin mas pesado en sus extremos, el cual sirve de contrapeso para sostener el equilibrio cuando el cuerpo se inclina á uno ú otro lado; estando el balancin en una situacion perpendicular á la cuerda, él que anda sobre ella conserva la línea de direccion; á cuyo efecto tiene siempre la vista fija en un punto, para conocer si su centro de gravedad se inclina hácia la derecha ó hácia la izquierda. En defecto de balancin hacemos uso de los brazos que tendemos en cruz cuando tenemos que andar sobre una superficie estrecha.

Tambien los animales conocen las leyes del equilibrio y podemos observarlo muy bien en los ánades segun las diferentes posiciones que toman: cuando vuelan, alargan el cuello y la cabeza, lo que lleva su centro de gravedad hácia adelante; pero al mismo tiempo tienden las patas hácia atrás para establecer equilibrio; por el contrario, si andan sostienen la cabeza hácia atrás, por que sus patas están mas hácia adelante; cuando nadan, como tienen las patas algo inclinadas hácia atrás sostienen el cuello vertical. Muchas aves para dormir inclinan la cabeza hácia atrás y la colocan debajo del ala á fin de concentrar puede decirse todo su peso sobre las patas.

Equilibrio inestable. Los cuerpos pueden tomar dos

posiciones de reposo, segun que el centro de gravedad esté mas abajo ó mas arriba que el punto de suspension ; en el primer caso ya hemos visto que el cuerpo tenia tendencia á tomar su primera posicion cuando por una causa cualquiera se desviaba la línea de direccion de su centro de gravedad ; en el segundo por el contrario, el centro de gravedad tiende á bajar sobre el centro de suspension y es difícil por lo tanto sostener el equilibrio. En este caso por poco que el cuerpo se incline á uno ú otro lado, lejos de volver á tomar la posicion de equilibrio que antes tenia, se separa cada vez mas de ella; lo que constituye un equilibrio *inestable*. Un ejemplo de dicho equilibrio se nota en el baston cuando tratamos de sostenerlo sobre un dedo por uno de sus extremos. Un fenómeno curioso sucede en el equilibrio inestable y consiste en que es mas fácil sostener dicho equilibrio cuando el baston tiene mayor peso á la extremidad superior que á la inferior; lo que parece contradecir lo dicho anteriormente de que un cuerpo tiene menos estabilidad, cuanto mas alto se halla el centro de gravedad del punto de suspension. Esto tiene su explicacion en que un cuerpo colocado vertical y en situacion de equilibrio inestable tiene menos tendencia á caer, cuanto mayor sea el radio de círculo que dicho cuerpo debe recorrer, porque en este caso el equilibrista podrá mas fácilmente compensar las desviaciones. Mucha menos dificultad de equilibrio presenta una larga percha que un corto baston. Los que se sirven de zancos para vadear un rio ó para andar por terrenos arenosos, están menos expuestos á caerse cuanto mas largos sean estos.

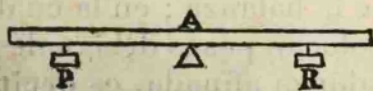
Equilibrio indiferente. Cuando un cuerpo, cualquiera que sea la posicion que tome, permanece en equilibrio, se dice que su equilibrio es indiferente ; lo que sucede á una esfera homogénea, cuyo centro de gravedad y centro de la figura se encuentran en un mismo punto.



A fin de formarse una idea mas exacta de los tres estados de equilibrio mencionado, vamos á transcribir lo que dice Pouillet al efecto. «Supongamos por ejemplo un disco homogéneo, véase la fig. 2.^a agujereado por tres orificios a, b, c, y cuyo centro de gravedad esté en el centro de la figura; este disco estará en equilibrio en todas las posiciones al rededor de un eje que pase por el agujero central *a* y este equilibrio se llama *indiferente*: si el eje pasa por el agujero superior *b* el equilibrio es estable, porque el cuerpo tiende á volver á él cuando se le aparta; se ve en efecto que haciendo volver el disco un poco al rededor de su eje el centro de gravedad marcha á la derecha ó á la izquierda por el arco *m n*. Ya no está mas sostenido porque no se halla mas sobre el plano vertical del eje de suspension, y descende para volver despues de una série de oscilaciones á detenerse en este plano; si el eje pasa por el agujero inferior el disco puede aun matemáticamente estar en equilibrio: esto tendrá lugar si el centro de gravedad se halla exactamente en el plano vertical del eje; pero este es un equilibrio *inestable* porque en el momento en que el centro de gravedad sale de este plano se separa de él mas y mas y describe una semicircunferencia entera para venir á detenerse debajo del eje de suspension.

De la palanca.

La palanca es la mas sencilla de las máquinas y la primera inventada por el hombre; se reduce á una barra inflexible de hierro, madera ú otra materia dura, móvil al rededor de un punto fijo que se llama punto de apoyo, en cuyos extremos obran á un lado la potencia y en el otro la resistencia. Se distinguen tres géneros de palancas segun el lugar que ocupe el punto de apoyo con relacion á la potencia y resistencia. La palanca de primer género es aquella en que el punto de apoyo A está entre la potencia P y la resistencia R fig. 3.^a En la



palanca de segundo género la resistencia se halla entre el punto de apoyo y la resistencia; en la de tercer género la potencia cae entre la resistencia y el punto de apoyo. Las distancias que hay desde la potencia y resistencia al punto de apoyo se llaman brazos de la palanca. Cuando los brazos de la palanca son iguales y la potencia y resistencia son tambien iguales, resulta equilibrio entre ambas fuerzas; pero si los brazos de la palanca son desiguales, para que resulte equilibrio es necesario que siendo doble ó triple la resistencia, sea tambien doble ó triple la longitud del brazo de la palanca que representa la potencia. Por eso se dice que la potencia y la resistencia están en razon inversa de los brazos de la palanca. Segun este principio, el hombre empleando una fuerza capaz de levantar un quintal, podria levantar cuerpos que pesáran cien, mil, quintales, con tal que el brazo pequeño de la palanca fuera cien, mil veces menor que el otro.

Arquímedes hablando de la palanca decia, que si le

daban un punto de apoyo levantaria la tierra.

Entre las muchas aplicaciones que presenta la palanca de primer género, citaremos el *columpio de tabla* que consiste en un madero ó tabla larga, que puede ponerse en equilibrio sobre un punto de apoyo. En esta situacion el columpio, dos personas colocadas en ambos extremos pueden subir y bajar alternativamente ó permanecer quietas, conservando la tabla una posicion horizontal, mientras dichas personas tuvieran igual peso; en caso de pesar la una mas que la otra, entonces el columpio se inclinaria hácia á un lado y seria necesario para ponerlo en equilibrio, colocar piedras ú otro peso cualquiera al extremo, donde estuviera sentada la persona que pesára menos. En el primer caso tendríamos una aplicacion de la balanza; en la cual cesa el equilibrio, cuando se colocan pesos desiguales en los platillos. Suponiendo la balanza afinada, es decir, que los brazos del *fiel* sean perfectamente iguales en longitud en volúmen y en peso y que los platillos, así como las cadenillas que los sostienen tengan peso y dimensiones iguales, el fiel permanecerá horizontal, aunque se coloquen dos cuerpos de igual peso uno en cada platillo. Para pesar un cuerpo, basta colocarlo en uno de los platillos y en el otro pesas conocidas hasta conseguir el equilibrio. En caso de duda sobre la exactitud de la balanza, podria conocerse fácilmente el engaño haciendo una segunda pesada; en la cual se colocará la mercancia en el platillo donde estaban las pesas, y estas en el platillo que contenia la mercancia; de no resultar de nuevo equilibrio, la pesada seria imperfecta. Existe un método llamado de *Bordá*, nombre de su inventor, por medio del cual puede hallarse con exactitud el peso de un cuerpo aunque no sean exactas las balanzas: consiste dicho método en colocar en uno de los platillos el cuerpo cuyo peso se desea conocer y en el otro platillo, arena ó perdigones hasta que resulte equilibrio; se sustituye luego

el cuerpo por pesas conocidas hasta obtener otra vez el equilibrio. La suma de estas pesas indica el peso del cuerpo.

Volviendo al columpio, podría establecerse también equilibrio aunque las personas colocadas en sus extremos fueran de un peso desigual bastaría para ello colocar el punto de apoyo del columpio más cerca á la persona que pesara más ó bien que sin variar el punto de apoyo se fuera aproximando hácia él, hasta conseguir el equilibrio que saben hallar perfectamente los muchachos cuando se columpian; por este medio puede equilibrarse un peso pequeño con otro de muy grande, como se ve en la *romana*, especie de balanza compuesta de un brazo corto, en el cual se coloca el cuerpo que se quiere pesar y otro de largo dividido en partes iguales en cada una de las cuales puede haber una cifra ó cualquier otro signo convencional. Un cuerpo de dos ó tres libras, que puede recorrer toda la longitud de dicho brazo mayor es capaz de equilibrar grandes pesos colocados en el brazo menor, porque según hemos dicho ya la potencia y la resistencia están en razón inversa de los brazos de la palanca. Para hallar por medio de la romana, el peso de un cuerpo, se coloca el cuerpo cuyo peso se desea conocer en un platillo ó se cuelga de un garfio que lleva el brazo menor y se hace correr el pilon sobre el astil ó brazo más largo colocándolo á mayor ó menor distancia del fiel hasta que forme equilibrio con el cuerpo colocado en el platillo. La señal donde se detiene el pilon cuando forma equilibrio, indica el peso del cuerpo en quintales, arrobas, libras, etc. Además de la balanza y la romana, podemos citar como palancas de primer género de uso muy común, los guimbaletes ó palancas que sirven para dar juego al émbolo de algunas bombas; las tenazas, las tigeras en las cuales cada cuchilla que representa una palanca están trabadas por medio con un eje, que representa el

punto de apoyo ; la potencia se halla en la mano y la resistencia está representada por el objeto que se quiere cortar.

Entre las palancas de segundo género, en las cuales la resistencia segun llevamos dicho se halla entre la potencia y el punto de apoyo , citarémos las puertas , los fuelles , el casca-nueces , el timon , los remos , etc. En los remos la potencia está en la mano del remero , la resistencia en la embarcacion que se trata de poner en movimiento y el punto de apoyo está representado por la resistencia del agua al movimiento de la pala del remo.

La palanca de tercer género es la que generalmente tiene menos aplicaciones; sin embargo podemos observarla en las teclas de los pianos, pinzas, cuchillos, tornos, órganos musculares y en varias ruedas. Algunos amoladores ponen en movimiento la muela por medio de una palanca de tercer género; cuya potencia representada por el pié, está entre el punto de apoyo y la resistencia; lo propio sucede con las palancas que usan los torneros.

Sin embargo de ser la palanca la mas sencilla de las máquinas y la primera que ha inventado el hombre , se aplica á todas las máquinas por complicadas que estas sean. Toda máquina para ponerse en movimiento necesita de un motor cualquiera, como la fuerza del hombre ó de los animales; el agua cuya corriente hace mover la rueda hidráulica; el viento que hace andar las embarcaciones ó el vapor que dá impulso á las locomotoras.

Polea, polipastos.

La polea es una rueda circular , acanalada en su circunferencia que puede dar vueltas alrededor de un eje que pasa por su centro ; la canal ó ranura de la polea, sirve para recibir una cuerda sobre la cual obra el mo-

tor. Cuando la polea está fija, como sucede comunemente con las poleas que sirven para sacar agua de los pozos, se llama fija; pero cuando á mas de dar vueltas alrededor de su eje, puede subir ó bajar se dice que la polea es movible. La polea fija puede considerarse como una palanca de brazos iguales, en la cual resulta equilibrio, cuando la potencia es igual á la resistencia. «Dos cubos llenos ó vacíos suspendidos en el pozo á igual distancia de la polea, permanecen en equilibrio y se parecen á los platillos de una balanza cuyo astil está representado por la polea. Si uno de los cubos está lleno y el otro vacío, cesa el equilibrio y es necesario un esfuerzo para subir el cubo que está lleno; este esfuerzo disminuye á medida que sube, porque el cabo de la cuerda que baja el cubo vacío, soporta una parte de peso del cubo lleno.» De lo dicho se infiere, que en la polea fija el trabajo no resulta modificarlo; pero si permite que el hombre pueda actuar de un modo mas favorable á la direccion de la gravedad y de consiguiente de oponer al peso que trata de elevar su propio peso y su fuerza muscular; lo que no sucede tirando de abajo arriba, por estar obligado en este caso á producir con su potencia muscular todo el esfuerzo motor.

La polea móvil es una palanca de segundo género en la cual la potencia hace equilibrio á una resistencia doble. El peso que se quiere levantar se coloca en el garabato con que termina la chapa de la polea. Pocas veces se emplea sola esta polea, pues casi siempre la cuerda pasa sobre otra de fija y vuelve á bajar á fin de que el motor pueda ejercer el esfuerzo de arriba abajo.

Varias poleas reunidas en un mismo armazon forman un polipastos. La fuerza empleada disminuye á medida que aumenta el número de poleas y se reduce á la mitad, tercio ó cuarto, segun sean dos tres ó cuatro las poleas de que consta el polipastos. En este caso el esfuerzo

empleado es igual al peso que se ha de levantar dividido por el número de poleas. Como todo lo que se gana en potencia se pierde en velocidad, no es muy ventajoso aumentar mucho el número de poleas. Con un polipastos que constára de diez poleas podría subirse un peso de 100 quintales empleando una fuerza de 10 quintales, pero para elevar dicho peso á una altura dada se tardaría diez veces mas tiempo, que con una polea fija.

Torno ; cabrestante.

El torno es una máquina compuesta de un cilindro colocado horizontalmente, cuyas bases están terminadas por dos cilindros de menor diámetro que descansan en apoyos fijos; de modo que no tenga otro movimiento sino el que pueda verificar al rededor de su eje. A veces el cilindro está adherido á una rueda de un diámetro mucho mayor. El cilindro lleva arrollada una cuerda que está fija en él por una de sus extremidades, cuya otra extremidad sirve para atar el cuerpo que se trata de subir ó que se quiere cambiar de lugar. La longitud de los radios de esta rueda, ó de los manubrios que pueden sustituirla, permite poner en movimiento grandes masas empleando una potencia pequeña. Cuando el radio de la rueda ó la longitud de cada manubrio, es ocho veces mayor que el radio del cilindro, la potencia podrá equilibrar una resistencia ocho veces mayor. El torno es pues una palanca en la cual el manubrio ó el radio de la rueda representa el brazo mayor y al brazo menor el radio del cilindro. Podría substituirse tambien la rueda ó el manubrio, por medio de un tambor hueco dentro del cual se colocan hombres ó animales para hacerle dar vueltas con sola la acción de su propio peso y cuyo movimiento y aparato se asemeja á la jaula de una ardilla.

Los tornos son de mucha aplicacion para extraer el agua ó la tierra de los pozos y para subir materiales en en la construccion de edificios.

El torno se llama *cabrestante*, si en lugar de estar colocado horizontalmente, tiene una posicion vertical. El cabrestante se emplea siempre que la potencia tiene que obrar en sentido horizontal, por cuya circunstancia tiene mucha aplicacion en la marina. El ejercer con una potencia dada mayor ó menor esfuerzo, depende como en el torno de la longitud del radio representado por la barra.

Plano inclinado.

El plano inclinado consiste en una superficie plana, mas ó menos oblicua comparada con otra superficie horizontal. Al tratar de la descomposicion de las fuerzas dijimos que la accion de la pesantéz de un cuerpo apoyado sobre un plano inclinado, se descompone en dos fuerzas, una perpendicular y otra paralela al plano. En virtud de esta ley un cuerpo que resbale por un plano inclinado, tendrá un movimiento menos acelerado cuanto mas se aproxime la superficie del plano á ser horizontal. Para sostener un cuerpo pesado cuando está libre se necesita una fuerza igual á su peso; pero en el plano inclinado es capaz de ser sostenido por una fuerza mucho menor. Por esta razon se emplea para elevar grandes fardos difíciles de hacerlos subir siguiendo la direccion de la vertical, como sería imposible hacer subir las personas, animales y hasta carruajes, á la cima de altas montañas sino fuera por medio de planos inclinados que forma la carretera.

Del péndulo.

Se llama péndulo á todo peso suspendido de un hilo de

cierta longitud , móvil al redor de un punto fijo. Mientras el peso del hilo se sostiene en reposo , conserva la posicion vertical como el hilo aplomo de los albañiles; pero si separa el péndulo de esta posicion es decir si se lleva á derecha ó á izquierda la pesantéz obra sobre el peso y describe una curva ó sea un arco de círculo, adquiriendo en su descenso un movimiento acelerado; esta velocidad adquirida en su caída es capaz para hacerle recorrer un arco igual al primero á contar desde la vertical. Cuando el péndulo sube, va perdiendo paulatinamente la velocidad adquirida y vuelve á caer á causa de la pesantéz, recorriendo de nuevo el arco cuyas oscilaciones continuarán hasta que la resistencia del aire y el roce del punto de suspension, las hayan destruido. Prescindiendo de la resistencia del aire y del roce en el punto de suspension, el péndulo se movería continuamente y podria decirse que se ha hallado el movimiento continuo. El movimiento del péndulo es tanto mas lento cuando mayor es la longitud del hilo ó de la varilla y por el contrario las oscilaciones son mas frecuentes cuanto mas corto es el péndulo; conocida la relacion que existe entre la duracion de la oscilacion y la longitud del péndulo, es fácil conocer la altura de una bóveda , como lo descubrió Galileo , observando en una iglesia de Pisa las vibraciones de las lámparas que á ella estaban suspendidas; fundado en el principio de que *la duracion de las oscilaciones es proporcional á la raiz cuadrada de la longitud del péndulo*; es decir , que las vibraciones de un péndulo que tenga nueve veces mas longitud que otro , las oscilaciones del primero durarán tres veces mas que las del segundo; porque en este caso siendo 3 las raiz el cuadrado es nueve. Sabiendo segun lo ha demostrado la experiencia que un péndulo que tenga apróximadamente la longitud de un metro, y en una latitud dada oscila sesenta veces en un minuto, comparando las os-

cilaciones de este con las de otra será fácil como hemos dicho calcular la altura de una bóveda de iglesia por ejemplo por medio de las oscilaciones de una lámpara.

Para los péndulos que tengan una misma longitud las oscilaciones son iguales ó *isócronas* ya sea grande ó pequeño el arco por ellas descrito, mientras emperó la amplitud esté circunscrita á ciertos límites. En el columpio de cuerda se puede notar que ya sea fuerte ya suave el empuje, vuelve el niño que se columpia al punto donde ha recibido el empuje, en igual período de tiempo.

Por medio del péndulo se ha calculado la intensidad de la pesantez en los diferentes puntos del globo y se ha fijado con precision, la velocidad que experimentan los cuerpos cuando caen en el vacío; tambien ha servido para demostrar de un modo práctico, el movimiento de rotacion de la tierra alrededor de su eje.

El péndulo, en virtud del *isocronismo* de las oscilaciones, se ha aplicado como regulador á los relojes en los cuales es necesario que la varilla conserve siempre la misma longitud á fin de que el reloj no adelante ni atrase; para esto la lenteja no está fija en la varilla, sino que puede subir y bajar. Cuando el reloj atrasa, es señal que las oscilaciones se hacen con demasiada lentitud y es necesario subir la lenteja; por el contrario, debe bajar cuando el reloj adelanta para impedir que el péndulo oscile demasiado aprisa.

De algunas propiedades particulares de los cuerpos.

Dureza. Se dá el nombre de dureza á la resistencia que opone un cuerpo á dejarse rayar por otro.

Como el diamante es el mas duro de todos los cuerpos tiene la propiedad de rayar á todos los demás. Siguen en dureza al diamante el záfiro, el rubí, el cristal de roca, el topacio, el cuarzo etc. El diamante y el vidrio siendo quebradizos resisten menos al choque que

otros muchos cuerpos tales como la madera y los metales.

En las artes conviene algunas veces aumentar la dureza de los metales lo que se consigue por las aleaciones ó por el temple. Es al efecto de dar mayor dureza al oro y á la plata que la ley permite mezclar á estos metales preciosos con el cobre, cuando se emplea en la joyería ó en la fabricacion de monedas. El diamante, esmeril y el trípoli reducidos á polvo se emplean á causa de su dureza para pulimentar.

Tenacidad. Es la resistencia que opone un cuerpo cuando se trata de romperlo tirando de sus dos extremos. El hierro es el mas tenaz de todos los metales. Para hallar la tenacidad de un cuerpo, una cuerda por ejemplo, basta fijar uno de sus extremos y atar al otro el platillo de de una balanza en el cual se irán colocando pesos hasta que se rompa. Una varilla de hierro cuya seccion perpendicular al eje fuese de un milímetro cuadrado soportaría un esfuerzo antes de romperse, de 45 kilog. La cualidad de los metales ó el modo como están trabajados, aumenta ó disminuye su tenacidad y es en razon de la mayor tenacidad que adquiere el hierro en hilos que se emplea para los puentes colgantes. Tambien un cilindro hueco es mas resistente que otro de lleno con tal que uno y otro contengan igual cantidad de materia. El tallo de las gramíneas y otras muchas plantas; los huesos y las plumas son mas resistentes que si estuvieran llenos, conteniendo igual cantidad de materia.

Ductilidad y maleabilidad. Es la propiedad que tienen los cuerpos particularmente los metales, de cambiar de forma y extenderse en hilos, ó en láminas ya sea por medio de la hilera, el laminador ó por medio del martillo. De todos los metales el platino es el mas dúctil y el oro el mas maleable. Hay cuerpos como la cera, cuya ductilidad permite darles cualquier

forma con solo la presion de los dedos; otros como el vidrio adquieren esta propiedad por medio del calor y hasta tal punto, que llegan á formar hilos de una extrema finura. Con el oro llegan á obtenerse hojas tan sumamente delgadas que 800 de ellas colocadas unas sobre otras no tienen juntas mayor espesor que el de un milímetro.

Acciones moleculares.

Todos los cuerpos tienen tendencia á lanzarse unos hácia los otros sin que exista ninguna causa sensible de este movimiento: esta tendencia mútua ha sido designada con el nombre de atraccion.

Cuando la atraccion se ejerce á distancias considerables toma el nombre de *gravitacion* ó de atraccion planetaria; si la atraccion se ejerce entre cuerpos á distancias insensibles, toma el nombre de atraccion molecular, que se subdivide en *cohesion*, *afinidad* y *adhesion*.

Cohesion. Es la fuerza en virtud de la cual permanecen unidas las moléculas ó partes homojéneas, simples ó compuestas de un cuerpo, y que se opone á su separacion como sucede entre dos moléculas de plomo ó entre dos moléculas de azufre.

Afinidad. Es la atraccion que se ejerce entre dos moléculas de diferente especie. Esta fuerza juega un papel muy importante en la naturaleza, porque raros son los cuerpos que no estén compuestos de dos ó mas sustancias diferentes. Las aleaciones metálicas, el agua mezclada con el vino; el azúcar y la sal disueltas en el agua son otros tantos efectos de la afinidad.

Adhesion. Es una atraccion que se ejerce entre dos cuerpos, homogéneos ó heterogéneos, cuando sus superficies se ponen en contacto. Los cristales perfectamente pulimentados si se colocan unos sobre otros tienen tal adherencia, que muchas veces se rompen antes

de poderse separar. Cuanto mayor sea el tiempo en que estén en contacto dos superficies y cuanto mas pulimentadas serán tanto mas aumentará su adherencia. Dos balas de plomo cortadas recientemente y colocadas de modo que estén en contacto sus superficies adhieren fuertemente. Cuando se inmerje un cuerpo sólido en un líquido en el cual pueda mojarse, observaremos al extraerle que sostiene una gota de agua á causa de la adherencia de los sólidos con los líquidos. Si se coloca en uno de los platillos de la balanza un disco de cristal y se pone la cara inferior en contacto con el líquido se pierde el equilibrio que suponemos existia antes del contacto y es necesario colocar un peso de media libra en el otro platillo antes de separarse, suponiendo en este caso que el disco tenga 12 centímetros de diámetro.

A la adherencia de los gases con los sólidos se debe la propiedad desinfectante que posee el carbon molido. El labrador trabajando la tierra consigue fijar en ella los gases que tanta influencia ejercen en el desarrollo de las plantas.

Fenómenos capilares.

Los fenómenos capilares consisten en la elevacion ó depresion que algunas veces sufren los líquidos, cuando se sumerje en ellos tubos de vidrio de un diámetro muy reducido. La columna que penetra en el tubo, casi nunca se detiene en el nivel del exterior; si el tubo es susceptible de ser mojado por el líquido el nivel del interior del tubo es mas elevado y la superficie toma una forma cóncava, segun se experimenta en la inmersion de un tubo de vidrio en el agua en el alcohol etc.

Si el tubo no es mojado por el líquido, en que se sumerje como por ejemplo en el mercurio, el nivel interior es mas bajo que el exterior y la superficie toma una forma convexa. Igual fenómeno tiene lugar sumer-

jiendo en el agua el mismo tubo cuyas paredes tengan un baño de grasa.

De la capilaridad resultan atracciones y repulsiones, segun es de notar, en los cuerpos sumergidos en los líquidos ó que fluctuan en su superficie. Cuando se echa un terron de azúcar en una taza de café, suben á la superficie del líquido una porcion de burbujas que no tardan á reunirse unas con otras hasta formar un agrupamiento que se adhiere á las paredes del vaso. Colocando dos cuerpos esféricos de corcho ó de médula de sahuco sobre la superficie de un líquido, aproximadas á la distancia capilar, se atraen fuertemente. En este caso se supone que las esferas son mojadas por el líquido; pero igual fenómeno tendría lugar con balas de cera ó de corcho ahumado, flotantes en el agua. Si de las dos esferas la una se moja y la otra no, al llegar á la distancia capilar se repelen. La superficie del líquido á la distancia capilar será concava en caso de mojarse las esferas y convexa cuando dichas esferas no se mojan.

Las agujas de acero flotan sobre el agua, si se pasan primero entre los dedos ó se les dá un baño de aceite. La causa de sostenerse sobre el líquido es debido al aumento de volúmen adquirido con el baño de aceite y á la poca afinidad del mismo aceite con el agua.

Entre las varias aplicaciones de la capilaridad, puede citarse la imbibicion del azúcar, de las esponjas, de la madera etc., cuando se ponen estas sustancias en contacto con un líquido. La subida del aceite ó del cebo en las torcidas de las lámparas ó de las velas. El movimiento de la sávia en los vegetales etc.

Al tratar de la porosidad hemos visto la influencia que ejerce la humedad ó sequedad para hacer variar el volúmen de ciertos cuerpos; debiendo añadir ahora que, las sustancias animales y vegetales con la imbibicion del agua aumentan de volúmen. Pegando una hoja de papel mojada á un marco, se pone tirante cuando se seca; por-

que disminuye la dimension que habia adquirido con el agua. Las cuerdas se acortan con la humedad á causa del aumento de espesor que toman las fibras del cáñamo. Tambien los callos dilatándose con la humedad nos hacen sufrir en tiempos próximos á llover.

Del aire atmosférico.

El aire es una mezcla de dos gases en la proporcion aproximada de 21 de oxígeno y 79 de azoe. El primero es útil á la respiracion y á la combustion; el segundo sirve para neutralizar los efectos demasiado intensos del primero.

Aunque el aire parece no afectar inmediatamente nuestros sentidos, como sucede con los cuerpos sólidos ó líquidos, no vayamos á juzgar que vivimos en el vacío; porque la observacion nos demuestra que lejos de ser así, el aire se opone mas ó menos á todos nuestros movimientos. El viento no es otra cosa que un rápido movimiento del aire que nos rodea. Cuando volvemos la hoja de papel de un libro ó cuando nos abanicamos, hallamos una pequeña resistencia á estos movimientos, resistencia que llega á fatigar cuando se corre con alguna velocidad. Esta resistencia se debe al aire que, ajitado, hace dar vueltas á los molinos de viento ó traslada las embarcaciones que surcan los mares de un punto á otro del globo. La gran masa de aire que envuelve la tierra y se eleva hasta cierta altura se llama *atmósfera*.

La atmósfera es puede decirse el receptáculo de todas las emanaciones que se desprenden de la superficie terrestre.

Pesadéz del aire. La pesadéz del aire, fué demostrada en 1640 por Galileo y confirmada mas tarde por Torriceli y Pascal. Esta verdad puede demostrarse con el siguiente experimento. Se coloca un globo de vidrio en

uno de los platillos de la balanza y se pesa tal como se presenta naturalmente, es decir lleno de aire; si por medio de una máquina, de la cual hablaremos luego, se hace el vacío y se pesa de nuevo, se hallará una diferencia notable entre su peso y el peso que tenía lleno de aire. Se ha calculado que 40 litros de aire atmosférico pesan 43 gramos, cerca de media onza. El peso del aire es igual á la setecientas setenta y seis partes de un volumen de agua.

Presion atmosférica.

Siendo el aire pesado, la capa de aire llamada atmósfera tiene que ejercer una presion considerable sobre todos los cuerpos que se hallan sobre la superficie de la tierra; presion que á causa de la fluidez (1) del aire se trasmite en todos sentidos y que va decreciendo á medida que uno se eleva en la atmósfera; porque si concebimos á esta dividida en capas horizontales en número de ciento y suponemos además que cada una pesa una onza, es evidente que, mientras la capa inferior sufrirá una presion de noventa y nueve onzas, siendo la más densa, las capas superiores estarán solo sometidas á la fuerza de gravedad, serán por lo tanto las menos densas, es decir las más *rarificadas*. Con el auxilio de la máquina neumática se hacen varios experimentos que prueban la presion de la atmósfera, entre los cuales citaremos el descrito por Pouillet llamado rompe ve-gigas.

«Se coloca sobre la platina de la máquina pneumática una especie de manguito de vidrio, cuyas paredes sean de bastante espesor, el que está tapado por su parte su-

(1) Se dice que un cuerpo es fluido, cuando el cuerpo se mueve con mucha facilidad ó cede a la menor presion á causa de la poca trabazon ó adherencia que tienen sus moléculas entre sí, como el agua, el aire etc.

perior por un pedazo de vegiga muy tendido y fuertemente atado por sus bordes. Esta membrana experimenta por una parte la presión del aire interior que tiende á hacerla bajar, y por la otra la presión del aire interior que tiende á levantarla; de este modo queda en equilibrio entre estas dos presiones opuestas. Si por algun medio se introdujera en el vaso una nueva cantidad de aire, la presión interior pasaría á ser la más fuerte y la membrana se hincharia hácia fuera; al contrario si se quitase aire la presión interior sería la más débil y cediendo la membrana á la presión exterior se doblará y hundirá hácia dentro. Esto es lo que se obtiene por medio de la máquina pneumática, porque aspira poco á poco todo el aire contenido en el vaso: desde los primeros golpes de émbolo, se vé que la membrana se dobla por la presión exterior, la que va aumentando: en fin cuando el vacío está hecho se ve que está muy estendida y por consiguiente muy comprimida. Se puede juzgar que un peso de 400 kilogramos que se pudiese encima de ella no la comprimiria tanto. Entonces si se dá con el dedo un golpe, aunque sea muy ligero en medio de la membrana, revienta en mil piezas y se oye una explosión mas fuerte que un golpe de pistola; tan grande es el esfuerzo que hace el aire en virtud de su presión para reentrar en el vaso, por que la impetuosidad con que entra es la que produce el estallido.

En lugar de una presión de arriba abajo se tendria una presión lateral, si el rompe vegigas estuviera inclinado, ó una presión de abajo arriba si estuviese invertido: todas estas presiones no producirian menor efecto que la primera, lo que prueba bien que el aire comprime en todas direcciones, ó que las presiones se transmiten y pasan á ser presiones de abajo arriba como sucede en los líquidos.»

En los barriles se observa de un modo palpable la presión lateral de la admósfera. El líquido en él conte-

nido no sale por la espita hasta que se quita el tapon colocado á la parte superior; entonces el líquido igualmente comprimido por su propio peso y la columna de aire. contraresta la presion ejercida sobre la abertura de la espita saliendo con violencia.

Si se coloca sobre un vaso , que contenga agua , un papel y se vuelve el vaso boca abajo sosteniendo algunos instantes el papel con la palma de la mano , y retirándola luego el agua no se derrama. Este fenómeno es debido á la presion que el aire inferior ejerce sobre el papel.

Hemisferios de Magdebourg. Consisten en dos hemisferios de metal huecos que pueden sobreponerse exactamente, de modo que formen un globo. Extrayendo el aire de esta esfera por medio de la máquina neumática, la presion del aire exterior sobre los dos hemisferios es tal, que suponiendo su grandor, de un diámetro de tres pies , seria necesario la fuerza de diez y seis caballos para separarlos.

El chupador. Este sencillo aparato está formado por un pedazo de cuero de bastante espesor con un hilo al centro. Aplicando el cuero mojado sobre la superficie de una piedra y tirando luego de la cuerda tiene tal adherencia, que levanta la piedra. Esta adherencia es debida al vacío que se ha formado debajo del cuero y á la presion atmosférica que obra al exterior. La palabra *chupador* es un término vulgar por medio del cual se designa la accion del aire sobre el vacío. Por poco que el aire exterior penetre entre el cuero y la piedra esta no se sostiene y cae obedeciendo á la fuerza de gravedad.

Quando aplicamos la boca sobre un papel por ejemplo, inspirando con alguna fuerza, hay que vencer alguna resistencia para retirarlo , á causa de la presion que la atmósfera ejerce al exterior. Hay una infinidad de efectos que tienen su explicacion en este principio. Los pulpos están provistos de unas ventosas por medio de

las cuales se agarran tan fuertemente á las rocas que muchas veces se les arranca una parte del cuerpo antes de poderlos separar. Por la misma razon cuesta tanto trabajo arrancar las lapadas de las rocas.

Las moscas pueden andar por el techo y sobre la superficie lisa de los cristales porque sus patas formadas por una membrana muy flexible, parecida á la de los patos y demás aves acuáticas, les permite formar un vacío entre esta membrana y el techo; recibiendo al propio tiempo dicha membrana la presión del aire exterior, con una fuerza considerable atendido el peso del insecto. Fundado en este principio, Mr. Sands anduvo por el techo cabeza abajo. El libro titulado: *La ciencia para todos*, describe el aparato del modo siguiente: Colocóse grandes discos de cuero mojado en los piés de manera que cuando los sentaba sobre una superficie lisa, expelían el aire y cuando dejaba obrar el peso de su cuerpo, sobre uno de los discos este formaba una taza hueca y un vacío, que, con solo tener *doce pulgadas cuadradas* conseguia una presión de 180 libras. Siendo esta presión mucho mayor que el peso de Mr. Sands, podia este ejecutar su habilidad sin mas inconveniente que el de permanecer en una posición inversa. Mr. Sands hacia penetrar otra vez el aire debajo de los discos por medio de válvulas que estaban cerradas con unos resortes que, apretados por los talones del operador, permitian la introducción del aire y *el pié quedaba entonces en libertad*.

Estos hechos prueban una vez mas la presión atmosférica en todos sentidos. Los negociantes en vino hacen uso de un aparato llamado *cata-licores* cuyo uso está fundado en la presión atmosférica. Consiste en un tubo de metal ó de vidrio, el cual se introduce en el líquido; tapando luego con el dedo el orificio superior, para interceptar de este modo el peso de la columna superior del aire sobre el líquido que está contenido en el tubo,

el cual no se derrama por la accion de la atmósfera sobre el orificio inferior ; pero si se retira el dedo entonces la columna superior se equilibra con la inferior y el líquido en virtud de su pesantez cae.

A la presion lateral del aire es debida la sorpresa que causa el embudo mágico. Este aparato se compone de un embudo de dobles paredes, entre las cuales hay una capacidad que se llena de vino cuyo líquido no sale por el orificio inferior mientras se mantenga tapado con el dedo otro orificio que hay en la parte superior. Cuando se quiere hacer la experiencia se llena de agua la cavidad interior y retirando luego el dedo que cerraba el orificio superior se ve salir el vino por el otro orificio; lo que ocasiona cierta sorpresa al que no comprenda el mecanismo.

Barómetro. La experiencia mas importante que ha servido no solo á demostrar la presion atmosférica, sino á calcular dicha presion, es la del tubo de *torricelli*.

Si se llena de mercurio un tubo de vidrio cerrado por uno de sus extremos y se tapa con el dedo el otro extremo, una vez sumergido el tubo en un vaso que contenga mercurio, el líquido del interior del tubo, baja hasta que se fija á una altura de 76 centímetros cerca de 28 pulgadas. Otro líquido cualquiera siendo mas ligero que el mercurio se fijaria á una altura mayor, que para el agua es la de 32 piés ó sean 40,343 milim. aproximadamente, por ser el mercurio $13 \frac{59}{100}$ mas pesado que el agua ; para el alcohol la columna seria de una altura igual á 43'05 milímetros.

Colocado el tubo en el vaso que contiene mercurio es evidente que sostenida la columna por la presion atmosférica que obra sobre la superficie exterior del líquido, dicha columna disminuirá en el tubo, cuando disminuya la columna del aire atmosférico, lo que sucede cuando se sube una montaña ó que uno se eleve con un globo. Mr. Gay-Lusac que subió á una altura de

2300 mil piés, observó que á dicha altura el barómetro habia descendido á 32 centímetros. En la cima del monte Blanco la altura de la columna mercurial es la de 48 centímetros; se ve pues que la superficie de la columna barométrica se pondría al nivel de la del vaso, si podíamos llegar al límite superior de la atmósfera; por eso se emplea el barómetro para conocer hasta que punto se ha hecho el vacío en la máquina neumática, porque á medida que se va extrayendo el aire la columna va bajando.

Sabiendo que la presión ejercida por la columna barométrica es igual á 15 libras por pulgada cuadrada y calculando la superficie del cuerpo del hombre á 15 pies cuadrados, este sostendrá una presión atmosférica de 32,400 libras; siguiendo el mismo razonamiento tendríamos para la superficie de la tierra una presión igual á 12,042,604,800,000,000 libras.

Parece á primera vista que el hombre debería sucumbir bajo tan enorme peso; pero léjos de ser así, una tal presión es necesaria para nuestra existencia por hallarse organizado nuestro cuerpo para este estado de cosas. Cuando una botella está llena de aire sufre presiones iguales y contrarias; presión de dentro á fuera por el aire interior y presión exterior á causa del aire que la rodea; si solo dominara la presión exterior, lo que sucedería extrayendo el aire de la botella, difícilmente podrían sus paredes resistir la acción de la atmósfera; colocando la botella llena de aire debajo la campana de la máquina neumática la presión interior no siendo contrareestado, por la exterior haría sufrir también las paredes de la botella.

Cuando se hace quemar un pedazo de papel dentro de un vaso y se coloca este vaso boca abajo en un plato que contenga cierta cantidad de agua, esta pasará dentro del vaso. Si este vaso dice Mr. Francœur se aplica á la piel del estómago ó en otra cualquier parte del cuerpo,

de modo que el vaso quede cerrado herméticamente, como el calor ha quitado una parte del aire, á medida que el vaso se enfria, la piel hace esfuerzos para llenar la capacidad del vaso reemplazando así la falta del aire. A este aparato se le llama ventosa; si se practican en la piel pequeñas sajaduras sale por ellas la sangre á causa de esta especie de succion. La cirujía emplea algunas veces este aparato para sacar sangre de varias partes del cuerpo.

Fácilmente se concibe la causa de este fenómeno; porque nuestro cuerpo se ha comprido por todas partes á causa del aire que le envuelve; pero cada presion encuentra otra que tiende á destruirla porque todos los sólidos y líquidos que constituyen el cuerpo humano sirven para trasmitir esta presion. Si existe una parte de la piel comprimida en el exterior, la reaccion de que acabamos de hablar la rechaza desde el interior, y se halla, como la botella llena de aire de que hemos hecho mencion igualmente comprimida por todas partes, é indiferente á estos efectos contrarios. Pero suprimiendo en alguna parte esta presion exterior, como en el uso de la ventosa ó simplemente cuando se chupa alguna parte de la piel, la presion interior, debida á la reaccion, no queda destruida, y ejerce un esfuerzo de dentro afuera, que no se halla ya contrarestada por la presion exterior; lo que dilata la piel, la hincha, obligándola á formar una protuberancia, donde se acumulan la sangre y otros flúidos.» Por lo que llevamos dicho, las personas que se elevan á una grande altura, tienen que sufrir mucho á causa de no hallarse los flúidos interiores contrarestados por la accion exterior. Esta falta de presion á medida que uno se eleva, ha costado la vida á algunos viajeros y otros han arrojado sangre por varias partes del cuerpo.

Sujeto el aire admosférico á variaciones continuas, á causa de la humedad ó sequedad, su peso ó sea su pre-

sion ha de variar en un mismo lugar y estas variaciones se harán sensibles al termómetro. La observacion ha demostrado aunque no de un modo absoluto, que cuando la columna barométrica es alta indica *sequedad y buen tiempo; cuando está baja, indica lluvia ó viento.*

La medida de la columna barométrica se conoce por medio de una escala métrica trazada sobre una plancha vertical que sostiene el tubo. A la derecha de las divisiones de la escala se escriben las palabras, *viento, lluvia, variable, buen tiempo, etc., etc.* por considerar que dichas expresiones corresponden generalmente al estado atmosférico indicado por el mercurio.

Se conocen dos clases de barómetros empleados ambos por Pascal; uno es el *termómetro* de cubeta y el otro el de sifon.

Barómetro de cubeta. Consiste en un tubo de unos 80 centímetros de longitud y 5 ó 6 milímetros de diámetro interior cerrado por uno de sus extremos. Se llena de mercurio este tubo procurando sacar por medio de la ebullicion todo el aire y humedad que pueda contener el mercurio y las paredes del tubo. Se invierte luego el tubo tapando el otro extremo con el dedo y se sumerge en una cubeta que contenga mercurio bien seco.

Barómetro de sifon. El barómetro de cubeta ofrece el inconveniente de no tener exacto el 0, ó sea el punto de partida de la escala de medida porque aumentando la presion del aire, el mercurio se eleva en el tubo, mientras baja el de la cubeta á causa de la indicada presion. Al objeto de remediar este inconveniente Pascal dió al barómetro, la forma llamada de *sifon*.

El barómetro de sifon no tiene cubeta, ó mas bien hace oficio de tal, el mismo tubo que está encorvado por abajo formando dos brazos desiguales; el mas corto está abierto y recibe la presion del aire; el mas largo que está cerrado tiene una altura de unos 80 centímetros.

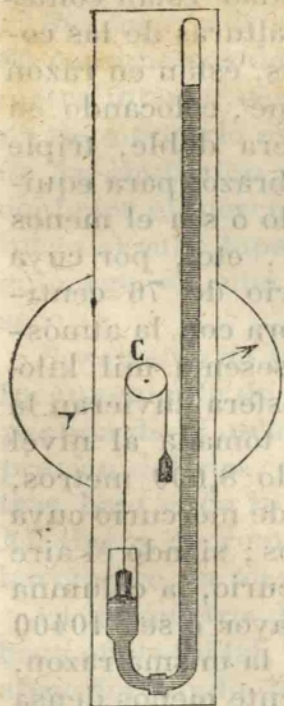
El barómetro de sifon tiene principalmente sobre el barómetro de cubeta, la ventaja de ser independiente de la acción capilar, por tener ambos brazos el mismo diámetro interior aproximadamente. Tiene además el barómetro de sifon la ventaja de ser portátil después de haberse introducido en él cierta modificación muy sencilla: los dos brazos del barómetro están reunidos por un tubo de un diámetro mucho menor. El brazo corto que está también cerrado en su parte inferior tiene una abertura lateral y capilar, en forma de embudo por la cual se ejerce la presión atmosférica, no permitiendo la salida del mercurio aunque se invierta el barómetro.

Para comprender la forma del barómetro de sifon es necesario tener presente un principio de física que dice; cuando dos fluidos de diferente densidad están contenidos en dos tubos comunicantes, las alturas de las columnas líquidas que están equilibradas, están en razón inversa de sus densidades. Es decir que, colocando en uno de los brazos del tubo que tuviera doble, triple densidad que otro colocado en el otro brazo; para equilibrarse sería necesario que el segundo ó sea el menos denso tuviera una altura doble, triple, etc., por cuya circunstancia una columna de mercurio de 76 centímetros, unas 28 pulgadas, se equilibra con la atmósfera cuya altura se calcula en unos sesenta mil kilómetros. Si todas las capas de la atmósfera tuvieran la misma densidad que la capa inferior tomada al nivel del mar, bastaría una columna de solo 8,000 metros, para hacer contrapeso con la columna de mercurio cuya altura fuera también de 76 centímetros; siendo el aire 10,400 veces menos denso que el mercurio, la columna ha de ser precisamente 10400 veces mayor ó sea 10400 multiplicado por 76 centímetros; por la misma razón, siendo el agua 14 veces aproximadamente menos densa que el mercurio se necesita una columna de 10 metros,

39 centímetros, unos 32 pies de altura para formar equilibrio con la atmósfera, de modo que en un barómetro de agua la altura del tubo debería ser mayor de 32 pies.

Hemos hablado de la enorme presión que la atmósfera ejerce sobre el cuerpo humano, presión que, aumentando ó disminuyendo, tiene que ejercer grande influjo sobre los fenómenos de la respiración, circulación, etc. cuando la presión que se ejerce sobre un metro cuadrado es de 10325 kilogramos la columna barométrica está á 76 centímetros de altura; esta presión es la de 8152 kilogramos cuando baja la columna á 50 centímetros, que es la que tiene ordinariamente el barómetro en la cúspide del Etna y del Monte Líbano. Situado el hombre á la cima de dichos montes, está aliviado su cuerpo de un peso de 3539 kilogramos. Algunos viajeros nos han hablado de las sensaciones extraordinarias que á tal altura se experimentan y de alguno de las cuales llevamos hecho mencion.

Barómetro de cuadrante. El barómetro de cuadrante es puede decirse el barómetro de sifon, dispuesto de manera que pueda representar al exterior por medio de una aguja movible, que recorre las divisiones del cuadrante, los movimientos del mercurio correspondientes á las variaciones de la presión del aire. Para esto, encima del orificio del brazo mas corto



(fig. 5.^a) se halla una pequeña polea C la cual está rodeada por un hilo á cuyas extremidades están suspendidos dos pequeños pesos, uno de los cuales descansa en el brazo mas corto sobre la superficie del mercurio,

mientras que el otro está fuera.

En esta disposicion el aparato, es evidente que, si el mercurio sube ó baja, la polea tiene que dar vueltas en uno ú otro sentido, lo mismo que la aguja á ella unida, la cual recorrerá una porcion de la circunferencia del cuadrante graduado.

La aplicacion del barómetro para conocer con anticipacion las variaciones del tiempo, es de poca importancia comparada con la que tiene para apreciar el peso del aire y calcular las modificaciones continuas que en él se observan.

Ya hemos dicho que una de las aplicaciones importantes del barómetro es la de poder calcular la altitud de los lugares, sobre el nivel del mar. Por eso sirve al aereonauta para conocer no solo la altura á que ha llegado el globo si que tambien para saber cuando sube ó cuando baja; mientras el globo se eleva, el mercurio del barómetro baja, cuando desciende, el mercurio se eleva.

Madrid que está situado á 608 metros sobre el nivel del mar, la altura del barómetro es de 704 milímetros; á esta altura el agua hierve á $97^{\circ} 8$; Roma se halla á 46 metros sobre el nivel del mar, el agua hierve á $99^{\circ} 8$ y la altura del barómetro es de 756 milímetros. Quito está á 2908 metros de altura, el agua hierve á $90^{\circ} 4$; el termómetro marca 527 milímetros.

Hay otro barómetro que tiene solamente dos decímetros de alto y sirve para medir presiones cuatro veces menores que la presion atmosférica; se emplea para saber la tension del aire bajo el recipiente de la máquina neumática, ó sea hasta que punto se ha hecho el vacío. Si se llegaba á obtener un vacío perfecto, lo que no sucede nunca, el mercurio estaria á un mismo nivel en ambos brazos del barómetro.

De las bombas y otros aparatos fundados sobre las propiedades del aire.

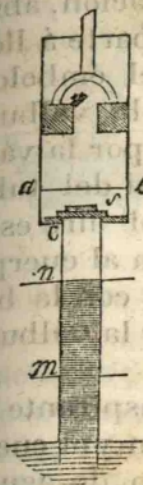
Una infinidad de efectos, de los cuales por ser de su uso comun no tratamos de indagar la causa, son debidos á la pesantez del aire. Entre los varios instrumentos domésticos basados en el mencionado principio, citaremos la jeringa, las bombas, el sifon y los fuelles.

La jeringa. Este aparato se compone de un cilindro ó tubo, en cuyo interior puede moverse un cuerpo llamado piston, el cual llena enteramente la capacidad del tubo, á fin de impedir que se introduzca por él el aire. Cuando se sumerge el tubo inferior de la jeringa en el agua y se tira hácia sí el piston, se forma un vacío que no tarda en ser ocupado por el agua, á causa de la presión que el aire ejerce sobre la superficie del líquido. Comprimiendo el líquido interior del tubo por medio del piston, este saldrá por el orificio inferior hasta recobrar de nuevo su primitivo nivel.

Bombas. Entre las varias clases de bombas, aparatos destinados á subir el agua citaremos la bomba aspirante, la bomba impelente y la bomba compu esta ó sea aspirante é impelente.

Bomba aspirante. El mecanismo de la bomba aspirante, aunque mas complicado, es muy semejante al de la jeringa. La diferencia consiste en que no teniendo que salir el agua como en la jeringa por el mismo orificio de entrada, la bomba tiene dos válvulas que se abren de abajo arriba; una colocada en el piston y la otra en la parte inferior del cilindro que cierra el tubo c, llamado de aspiracion. Cuando la bomba no está en juego, las válvulas permanecen cerradas; pero cuando el piston sube, partiendo del límite inferior, forma el

vacio entre la válvula á y la superficie inferior del piston; el aire contenido en el tubo de aspiracion c, se dilata en virtud de su elasticidad y pasa á la parte superior de la válvula s, lo mismo que el líquido que, á causa de la presion atmosférica, va llenando el cuerpo de bomba a, b; cuando el piston baja, comprime el aire y el líquido contenido en el cuerpo de bomba, lo que da margen á que se cierre la válvula inferior mientras que la válvula del piston se abre para dar paso al aire y al agua. Volviendo á subir el piston, la válvula se cierra por su propio peso, y el del líquido contenido en la parte superior, que mana luego por el tubo de salida.



Al tratar del barometro, hemos visto que la presion atmosférica, tenia un límite que, obrando sobre el agua, podia hacerla subir hasta una altura de 32 pies. Hasta el siglo xvii, se habia estado en la creencia que el agua subia en las bombas porque la naturaleza tenia horror al vacío. A esta época, un fontanero de Florencia construyó una bomba de 40 pies, persuadido que el agua se elevaría á dicha altura; no fué poca su sorpresa cuando vió que el piston subia fermano el vacío; pero el agua permanecia siempre á la altura de treinta y dos pies. Consultó el caso al filósofo y célebre profesor de matemáticas Galileo, quien no sabiendo como salir del paso, contestó que la naturaleza solo tenia horror al vacío hasta la altura de treinta y dos pies. Torricelli, matemático romano y discípulo de Galileo, buscó y halló la verdadera causa de este fenómeno.

Bomba aspirante e impelente. Como puede notarse en la (figura 7) en esta bomba el piston no tiene válvula y la parte inferior del cuerpo de bomba tiene soldado un tubo lateral, llamado tubo de ascension. Suponien-

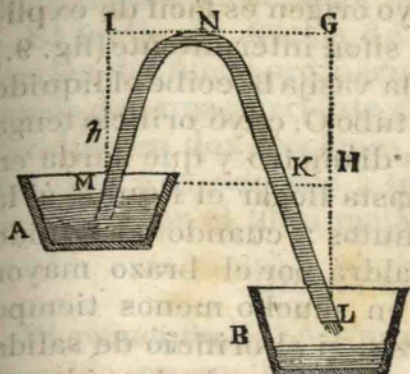
do al piston en la parte inferior del cuerpo de bomba : cuando se le obliga á subir , se hace el vacío en el cuerpo de bomba y el aire contenido en el tubo de aspiracion, abre la válvula inferior y pasa en parte á llenar el vacío que ha dejado el émbolo ; si el piston baja , se cierra la válvula inferior y el aire se escapa por la válvula que cierra la extremidad del tubo de ascension f , g. Cuando el aire está muy rarificado , pasa el agua al cuerpo de bomba , que comprimida con la bajada del piston se escapa por la válvula c del tubo f , g.



Bomba impelente. Es igual á la bomba aspirante é impelente ; pero carece de tubo de aspiracion y el cuerpo de bomba esta sumergido en el depósito de agua. Las bombas de los incendios son dos bombas impelentes dispuestas de manera que uno de los pistones sube mientras el otro baja. Ambas bombas comprimen el agua en un receptáculo comun del cual parte un tubo de cuero , por el cual sale el agua con violencia.

Sifon. El sifon consiste en un tubo encorvado con dos brazos desiguales, destinado á trasvasar los líquidos sin mover los vasos que los contienen. Se inmerge el brazo mas corto en el líquido que se quiera trasvasar, de tal modo, que el otro brazo esté mas bajo que el nivel del líquido ; se aspira luego el aire interior con la boca que se aplica al extremo del brazo mas largo. El líquido se eleva por la presión atmosférica y llena el sifon. Una vez lleno el sifon, el líquido que este contiene y que el vaso renueva sin cesar, mana por el brazo mayor , hasta que el vaso E (figura 8) quede vacío. Cuando el tubo tiene pequeñas dimensiones ó el líquido es inofensivo, la aspiracion puede hacerse directamente con la boca; el vacío puede hacerse tambien por medio

de una pequeña bomba tapando con el dedo el brazo libre.



Algunas veces para llenar el sifon se introduce en el líquido que se quiere trasegar cerrando por medio de tapones los dos brazos, luego se llena por una pequeña abertura practicada á la parte superior y quitando luego los tapones empieza á manar el líquido.

El sifon tiene muchas aplicaciones ; cuando se trata de trasvasar un líquido de un vaso que no puede moverse del lugar donde está colocado, ó bien para no remover los depósitos que ha formado y tambien cuando un vaso que contiene líquidos de diferentes densidades, se quiere que salgan separadamente sin agitarlos.

El sifon es de un uso casi continuo en la farmacia y en los laboratorios de química. Empléase ordinariamente en la industria , para sacar las aguas de un lago , de un rio etc.

Para comprender como el líquido sube por el brazo menor del sifon, hemos de observar que la presión atmosférica obra á cada extremidad del sifon; pero la presión que se ejerce en M para conducir el líquido del brazo corto al brazo largo, tiene que vencer solamente el peso de la columna líquida M, I, mientras la que se ejerce en L, no puede llevar el líquido al brazo menor á causa de ser mucho mayor la columna contenida en el brazo largo L, N. Si los dos brazos del sifon ó las dos columnas líquidas fuesen iguales, siendo tambien iguales las presiones , resultaria equilibrio y el líquido no podria pasar de un brazo á otro como sucede cuando uno de los brazos contiene un escedente de líquido á

cuyo peso se agrega el efecto de la presión atmosférica.



Sifon intermitente. Existen varias fuentes intermitentes cuyo origen es fácil de explicar por medio del sifon intermitente (fig. 9.)

Supongamos que la vasija B recibe el líquido que mana por el tubo O, cuyo orificio tenga un centímetro de diámetro y que tarda en llenar la vasija hasta llegar el líquido á la parte superior del sifon 8 minutos ; cuando el líquido haya llegado á dicha altura, saldrá por el brazo mayor del sifon vaciándose la vasija en mucho menos tiempo que ha necesitado para llenarse, si el orificio de salida tiene mayor diámetro que el orificio que ha servido para llenar la vasija. Podrá suceder, segun sean las dimensiones de los orificios, que se vea salir el agua de la vasija durante un minuto y pararse luego durante seis ó siete minutos, para volver á manar luego durante otro minuto etc., como sucede con una fuente llamada *sabbática*, que dicen da agua todos los dias de la semana excepto los sábados. La causa de este y otros fenómenos análogos se supone son debidos á sifones naturales que existen en las cavidades de algunas montañas.

Fuelle ordinario. El fuelle ordinario es una especie de bomba aspirante é impelente. Está compuesto de dos planchas de maderas separadas por un ribete de cuero y provistos á la extremidad inferior, de un tubo de metal. La plancha inferior tiene un orificio con una piel movible que hace veces de válvula. El mecanismo de este aparato es sencillo; cuando se levanta la plancha superior se aumenta la capacidad del fuelle, formando una especie de vacío que se llena de aire inmediatamente á causa de su presión en todos sentidos ; luego juntando las dos planchas, sale el aire por el tubo metálico. El orificio practicado en la plancha inferior, sirve para dar entrada al aire, que por su presión abre la válvula cuando se separan las planchas y sale por el

tubo metálico cuando se aproximan, no pudiendo efectuarlo por el orificio de entrada, porque el aire condensado por la presión, mantiene cerrada la válvula.

El fuelle de frágua de dimensiones mucho mayores que las del fuelle ordinario, está construido de modo que pueda dar una corriente continua de aire. Al efecto está dividido en dos secciones; el aire de la primera cavidad pasa á la segunda á través de un a válvula para salir luego por el tubo metálico.

Globos aereostáticos.

El principio de Arquímedes de que todo cuerpo sumergido en un líquido, pierde una parte de su peso igual al peso del volúmen de líquido que desaloja, es tambien aplicable á los gases y en este sencillo principio se apoya la ascension de los globos aereostáticos.

Tres casos pueden suceder á los cuerpos sumergidos en un flúido cualquiera: 1.º Que el cuerpo pese mas que el aire. En este caso, que es el mas general, el cuerpo cae con una fuerza igual al exceso de su peso sobre la impulsión del aire; si el cuerpo pesa tanto como el volúmen de aire desalojado, segundo caso, las dos fuerzas que le solicitan la una á bajar y la otra á subir se equilibran y se mantiene en suspension en la atmósfera; y cuando el cuerpo pesa menos, tercer caso, se eleva, y su fuerza ascensional tiene por medida el exceso del peso del aire desalojado sobre el peso de su cuerpo. Por eso el aire caliente, el humo, el vapor de agua y los globos aereostáticos suben, porque su peso es menor que él de un volúmen igual de aire.

Invencion de los globos, su construccion y modo de llenarlos. Despues de varios experimentos fundados en que, todo gas mas lijero que el aire debe elevarse en la atmósfera, los hermanos Mongolfier pusieron de manifiesto sus observaciones el dia 4 de junio de 1783, en una de las plazas de Aunonay; el globo cuyo aire inte-

rior se habia calentado, se elevó á quinientos metros de altura en menos de diez minutos.

El célebre físico Charles, sin tratar de indagar cual era el gas de que se habian servido los hermanos Mongolfier, hizo uso del gas hidrógeno, cuyo peso es catorce veces menor que el aire atmosférico y que hacia poco tiempo era conocido en los laboratorios de química. Hecho el experimento el dia 27 de agosto de 1783, el globo lleno de gas hidrógeno se elevó á satisfaccion de trescientos mil espectadores, á una altura de mil metros en unos dos minutos.

Habiendo repetido Mongolfier sus ensayos en París á instancia de la Academia de Ciencias, se suspendió á la parte inferior del globo una cesta de mimbres, dentro la cual colocaron varios animales vivos, que despues de haber viajado por los aires, llegaron al suelo sin ningun accidente desagradable. No tardó Mongolfier en disponer un globo á propósito para recibir personas, y en el cual hicieron su primer viaje los intrépidos Pilâtre de Rosiers y el marqués de Arlandes. El buen éxito de este primer viaje aéreo, movió á Pilâtre de Rosiers para hacer lo mismo con un globo lleno de gas hidrógeno; cuya experiencia tuvo un éxito favorable el 4.º de diciembre de 1783, despues de haber tomado la mayor parte de las precauciones que se conocen hoy dia para la seguridad de los aeronautas.

La cubierta de los globos está generalmente formada de tafetan, que tiene un baño de cierto barnis. Una red de malla cuadrada envuelve el globo por completo y sostiene á la parte inferior del globo una especie de barquilla en la cual se coloca el viajero. En la parte superior del globo se halla una válvula, que el areonauta abre ó cierra á voluntad por medio de una cuerda que va á parar dentro de la barquilla. Cuando se abre la válvula, una porcion de gas se escapa, y como el globo disminuye de volúmen desaloja menos aire y tiende á bajar.

Cuando se quiere subir de nuevo, se arroja un poco de arena, de la cual se habia de antemano provisto la barquilla á fin de lastrarla ; el aparato disminuyendo de peso vuelve á subir.

Cuando por una causa cualquiera el globo no ofrece bastante seguridad , el areonauta acude al paracaídas, que es una especie de paraguas muy grande, del cual penden algunas cuerdas que sostienen la barquilla, destinada á recibir al areonauta por cuyo medio puede llegar al suelo sin experimentar un choque peligroso.

Precisados algunos desgraciados á tirarse desde un paraje elevado, se han servido de un paraguas abierto, que colocado sobre su cabeza, ha contrareestado en parte los efectos de la gravedad de un cuerpo que cae de lo alto. El paracaídas, mucho mas ancho que un paraguas comun, encuentra una resistencia mayor por parte del aire y debilita de un modo mas eficaz la caida del areonauta. Mlle. Garnerin, nieta de Jaime Garnerin, el primero que ha usado los paracaídas, ha tenido mas de una vez el atrevimiento fiada en este aparato, de abandonar el globo desde una altura prodigiosa.

En los grandes centros de poblacion se llenan generalmente los globos con el gas del alumbrado, que es aproximadamente dos veces mas lijero que el aire, lo que obliga en este caso á emplear globos de un volúmen mucho mayor que cuando se echa mano del gas hidrógeno, obtenido por la reaccion del agua y del ácido sulfúrico sobre las limaduras de zinc ó del hierro.

La precaucion de no llenar el globo mas que hasta una mitad ó las tres cuartas partes de su cabida, se hace al intento de evitar la ruptura de la tela á causa de la mayor expansion que toma el gas interior del globo, á medida que se eleva en razon de la menor presion que sufre, por ser cada vez menos densas las capas de aire.

No teniendo el areonauta ningun punto fijo en la at-

mósfera que le indique la subida ó bajada del globo, está provisto de un barómetro, cuya columna barométrica sube ó baja segun sea la presion atmosférica. Cuando la columna barométrica baja, es indicio cierto que el globo sube, y al contrario, el globo baja cuando la columna se eleva. Mr. Gay Lusac, en uno de sus viajes practicados en interés de la ciencia, se elevó á mas de 7000 metros sobre el nivel del mar; á cuya altura el barómetro habia bajado 0 m, 44, llegando á señalar 0, m 32 en lugar de 0, m 76 que marcaba antes de la subida. El termómetro, que antes de la subida señalaba 27° llegó á 9 grados bajo cero. Provisto el areonauta de un globo en el cual se habia practicado el vacío, lo llenó del aire de que estaba rodeado; el análisis dió por resultado que los componentes del aire á la superficie de la tierra, son enteramente iguales á los del que se halla á la mayor altura á que el hombre ha podido llegar.

Puede decirse que hasta el presente los globos aereostáticos han dado escasos resultados para la ciencia, aun contando los servicios que prestaron al capitan Coutelle en la batallá de Fleurus y en algunas campañas de la república.

Se trabaja há tiempo para hallar la direccion de los globos areostáticos, empresa temeraria á la vista de profundos géometras y matemáticos, á causa de los obstáculos naturales que deben vencerse. Se necesita una máquina muy poderosa para combatir la potencia de los vientos, á la par que lijera para elevarse en los aires por medio de un globo aereostático. Sin embargo muchas cosas que se creían mas difíciles de inventar son hoy dia una realidad.

DEL CALÓRICO.

Nociones generales sobre el calórico.

Puede decirse que ningun agente de la naturaleza se manifiesta de un modo tan evidente y constante como el calor; ya sea por los cambios que opera sobre los cuerpos que nos rodean, como por las sensaciones que nos hace experimentar. La poca atencion con que miran los hombres las cosas que se presentan de continuo ante su vista, puede atribuirse, la indiferencia que durante mucho tiempo se ha mirado un objeto tan curioso como interesante á causa de sus innumerables aplicaciones y de la influencia vivificadora que ejerce sobre todos los seres de la naturaleza. Si bien el estudio de este ramo, el mas importante de la física, no se ha perfeccionado hasta á últimos del siglo anterior y principios del presente; pues dificilmente podrian buscarse en fechas anteriores ninguna de las verdades importantes que le son propias, esto no obstante, el calórico ha excitado aun en épocas las mas remotas la admiracion del género humano; hasta el punto de haber tributado culto á este cuerpo imponderable, la generalidad de los pueblos primitivos. Sin el calórico no habria evaporacion, y sin evaporacion no existirian las nubes y careceríamos por lo tanto de manantiales de arroyos y de rios. El vidrio, la cal, el gas del alumbrado y gran número de productos utilizados en las artes podrian mencionarse, cuya preparacion es debida á este agente.

Los físicos están discordes sobre la naturaleza de las causas á que deben atribuirse los fenómenos del calor. Unos sostienen la hipótesis de Newton sobre la *emision* y suponen que el calor es producido por una sustancia de una tenuidad extrema, que penetra de continuo todos

los cuerpos y que puede separarse continuamente de ellos. Otros, como Lavoisier y sus discípulos, no admiten esta materia sutil y miran la producción del calor como el resultado de un movimiento vibratorio de las moléculas, que se trasmite por la intermediación de un fluido impalpable. Dejando la solución de dichas hipótesis para los físicos eminentes, trataremos de dar á conocer algunos efectos del calórico.

A pesar de que la ciencia emplea indiferentemente las palabras *calor* y *calórico*, dichas palabras no son sinónimos ; la primera denota el efecto, la segunda, la causa.

Cambio de estado de los cuerpos por el calor.

La afinidad es una fuerza siempre activa, cuya tendencia á unir las moléculas de los cuerpos no tardaría á reducirlos al mas alto grado de condensación, si sus efectos no fueran contrarestandos por otra fuerza antagonista, el calórico que penetrando las moléculas de todos los cuerpos, se aloja entre ellos y debilita su afinidad recíproca hasta el punto de convertir los sólidos en líquidos y reducir á estos al estado de vapor ó de gas.

Si el agua se presenta comunmente en nuestros climas bajo la forma líquida, es porque sus moléculas no tienen en este caso tanta adherencia como las de los sólidos, por hallarse los efectos de la afinidad equilibrados por el calórico que tiende á separarlos de tal modo, que pueden fácilmente resbalar las unas sobre las otras.

Suponiendo que el calórico contenido en el agua disminuye hasta el punto de no poder contrarestar la acción de la afinidad, sucederá que, dominando esta última fuerza, unirá las moléculas del agua unas con otras hasta convertirla en un cuerpo sólido, llamado hielo, que notamos en los inviernos rigurosos.

Si el calórico, en lugar de abandonar el agua se va

acumulando en ella, llegará á vencer su afinidad y la convertirá en vapor, como sucede al agua que calentamos lo suficiente para hacerla entrar en ebullicion.

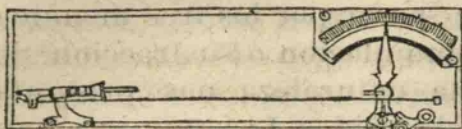
De seguro que todos los demas cuerpos, lo mismo que el agua, son susceptibles de pasar por los tres mencionados estados, segun la acumulacion ó sustraccion de calórico, aun aquellos que la naturaleza nos presenta constantemente en el estado de sólidos. Los químicos han conseguido, por medio de procedimientos artificiales, el fundir todos los metales, reduciendo á vapor el mismo diamante, y si no se ha conseguido el mismo resultado con los demás cuerpos, si algunos permanecen en estado refractorio, es de suponer que los procedimientos empleados no son bastante enérgicos.

Por lo demás, el razonamiento apoyado sobre la totalidad de los hechos conocidos hasta ahora, es suficiente para convencer sobre la totalidad de los fenómenos; toda vez que los procedimientos de la química, nos ofrecen el medio de hacer entrar en las composiciones sólidas las materias aeriformes las mas lijeras, y el de vaporizar los cuerpos sólidos los mas duros.

Mientras las grasas, la cera, el azufre y las resinas pasan fácilmente del estado sólido al de líquido, otras sustancias tales como el oro, la plata, el cobre, etc. necesitan mayor acumulacion de calórico.

Dilatacion de los líquidos por el calórico. Para demostrar de un modo evidente la dilatacion de los líquidos se toma un matraz, es decir, una esfera de cristal que comunica con un tubo de pequeño diámetro y llenando de agua la esfera y una porcion del tubo, se tiene cuidado de señalar la altura á que llega el líquido. Se inmerge luego la esfera dentro el agua hirviendo y se nota á los pocos instantes de la inmersion, que el líquido baja á causa de la dilatacion que sufre la esfera antes que el calor se comuniqué al líquido; pero continuando la inmersion, el líquido sube progresivamente en el tubo y llega pronto

á la abertura superior hasta derramarse una porcion de él antes de hervir. Esta experiencia prueba no solo la dilatacion del líquido si que tambien la del vidrio.



Dilatacion de los cuerpos sólidos por el colórico. En la dilatacion de los líquidos y de los gases,

debe considerarse solamente un aumento de volúmen; pero en la de los sólidos se distinguen dos clases de dilatacion, la una es la *dilatacion linear* y la otra la *dilatacion cúbica*. Para probar la dilatacion linear de los sólidos se calienta una varilla de metal, la cual dilatándose comprime una palanca que, combinándose con un sistema de ruedas, hace girar una aguja al rededor de un círculo graduado. (Véase la figura).

Generalmente cuando baja ó sube la temperatura de un cuerpo sólido, no hay fuerza mecánica conocida que pueda impedirle el acortarse en el primer caso y dilatarse en el segundo; cuya propiedad se ha aplicado á las artes con un éxito feliz, como lo corrobora la aplicacion que de dicha propiedad hizo Mr. Molard en el conservatorio de artes y oficios de París. Una bóveda de las galerías estaba rajada y amenazaba ruina, su demolicion hubiera causado la de una gran parte del edificio, si para remediarlo no se hubiera acudido á un medio tan sencillo como ingenioso. Introdujéronse en los muros que sostenian la bóveda, unas barras de hierro perpendiculares á la rajadura, sujetas por uno de sus extremos á uno de los muros, mientras el otro extremo atravesaba libremente por el muro opuesto, adaptando á dichas extremidades libres una tuerca en cada una. En este estado hiciéronse calentar dichas barras, las que á medida que iban dilatándose, iban avanzando el extremo libre hácia la parte exterior del muro y apretando luego las tuercas hasta dar contra el muro se las dejó enfriar; acor-

tándose progresivamente, hasta obligar á los muros á tomar su posicion vertical, recobrando el edificio su solidez anterior. Dificilmente se habria podido encontrar una fuerza mecánica capaz de producir semejante efecto y de un modo durable.

En cuanto á la dilatacion cúbica se demuestra de un modo muy fácil, por medio de un anillo de hierro en el cual entra exactamente una bola del mismo metal ; haciendo calentar la bala, aumenta esta de volúmen y no puede pasar como antes permaneciendo sobre el anillo. A medida que va enfriándose, recobra su volúmen primitivo y no tarda á pasar á través del anillo.

Si el calor dilata los cuerpos con una fuerza irresistible, hay otras fuerzas moleculares cuyos efectos no son menos notables. Al tratar de la porosidad , hemos hablado de la dilatacion que produce en la madera la humedad que la penetra , dilatacion que obra con una fuerza capaz de partir las piedras mas duras. El agua que se infiltra en las rajadas naturales de las piedras á causa del aumento de volúmen que toma al pasar del estado líquido al de yelo produce el mismo efecto.

Las dilataciones producidas por el calor, ejercen una influencia tal sobre las diferentes partes de nuestro cuerpo , que una sortija se saca fácilmente del dedo cuando hace frio y dificilmente cuando hace calor ; el calzado algo estrecho nos molesta generalmente mucho mas en verano que en invierno, etc.

Hemos sentado como una ley general la dilatacion de los cuerpos por el calor ; ley que no queda destruida aunque algunos cuerpos nos presenten cierta contraccion aparente, á causa de la elevacion de temperatura que se les hace sufrir. Cuando se sujeta á un fuerte calor la arcilla, esta sustancia se endurece, porque evaporándose el agua que contiene, disminuye el número de moléculas que entran en su composicion. Lo propio sucede á la madera cuando se quemá, cuya longitud dis-

minuye á causa de destruirse por la mucha acomulacion de calor una parte de sus principios constitutivos, que vemos convertidos en vapor, en humo, ó en llama y no es estraño observar á veces como sale por la parte opuesta á la extremidad que se halla sometida al fuego, una cantidad de líquido que atraviesa por sus poros. A esta propiedad unida á la que posee de hincharse por medio de la embebicion del agua, se debe la curvatura que puede darse á las piezas de madera.

Dilatacion de los gases.—De todos los cuerpos, los gases son no solamente los mas dilatables, si que tambien nos presentan la regularidad de dilatarse de un modo uniforme. En cuanto á la dilatacion de los gases podemos formarnos idea de ella, tomando una vejiga en la cual se introducirá aire, de manera que no quede hinchada del todo y arrimándola al fuego, no tarda el calor en dilatar el aire que contiene, hasta el punto de hacerla reventar algunas veces. Mientras el alcohol y algunos otros líquidos aumentan un décimo de su volúmen, al pasar de la temperatura del hielo á la del agua hirviendo; todos los gases colocados en iguales condiciones, aumentan mas de un tércio; de suerte que, una masa de aire que á la temperatura del hielo ocupa mil piés cuadrados, ocupará mil trescientos setenta y cinco elevando la temperatura á la del agua hirviendo; igual aumento de volúmen nos dá el aire, que el oxígeno, idrógeno, ácido carbónico, etc.

La uniformidad que presentan los gases en su dilatacion en igualdad de temperaturas, no es aplicable ni á los sólidos, ni á los líquidos. El mercurio es de todos los metales el que se dilata mas fácilmente por el calor; mientras en igualdad de circunstancias lo son cada vez menos por el órden en que están enumerados, el plomo, estaño, la plata, el cobre, el oro, el hierro, la platina y el cristal inglés. Las observaciones practicadas en los sólidos son aplicables á los líquidos; la

dilatacion del alcohol es mucho mas considerable que la del agua, cuyo líquido ofrece un fenómeno poco comun con los demas, cual es de aumentar de volúmen á medida que va enfriándose, cuando la temperatura está próxima al punto de conjelacion, hallándose su máximo de densidad, entre los tres y cuatro grados centígrados; á cuya temperatura se ha tomado como tipo en el sistema métrico decimal, para determinar la unidad de peso en las nuevas medidas. El kilogramo es el peso de un decímetro cúbico, ó sea un litro de agua destilada llevada á su máximo de densidad; pero cuando la temperatura del agua es á cero grados, ocupa el volúmen de un litro y una diez milésima, siendo el peso de un litro en este caso, nueve mil novecientos noventa y nueve milésimos de kilogramo; á diez grados, el volúmen es de 1'0003 de litro y el peso de 0'9997; para los cincuenta grados, tiene un volúmen de 1'0124 de litro y su peso, entiéndase siempre el de un litro 0'9877 al llegar á los cien grados, tiene el volúmen de 1'0467 siendo el peso de un litro 0'9553.

La uniformidad de dilatacion en los gases tiene una explicacion muy sencilla, atendida la poca afinidad de estos cuerpos que debemos considerar nula, por hallarse enteramente dominada por el calórico; de modo que, la cantidad que se les añade, no halla obstáculos en ninguno de ellos; mientras los sólidos y los líquidos para ser dilatados, es necesario que el calórico domine la afinidad de sus moléculas, afinidad que es diferente en cada uno de ellos, resultando de consiguiente una diferencia sensible en su accion. Los sólidos y líquidos son tanto mas dilatables cuanto mas se eleva su temperatura, lo que no sucede con los flúidos elásticos; los cuales á medida que van recibiendo mayor cantidad de calor, se van dilatando menos; de manera que, se necesita menos calórico para hacer pasar una masa de aire de cero á un grado, que para hacerlo pasar de ciento á

ciento uno ; esto se explica porque la accion del calórico disminuye en los gases de una elevada temperatura á causa de la gran separacion de sus moléculas ; por el contrario, los sólidos nunca presentan mayor grado de dilatacion, que cuando están próximos á fundirse y los líquidos presentan su máximo de dilatibilidad, cuando se acercan al punto de trasformarse en vapor. En ambos casos vence el calórico y mantiene separados tanto como es posible las moléculas de los sólidos y de los líquidos ; todo lo contrario sucede en los flúidos elásticos en los cuales siendo nula su afinidad, la accion del calórico se halla detenida en elevadas temperaturas, á causa de la gran separacion de sus moléculas.

MEDIDA DEL CALÓRICO.

Termómetro.

Se llama temperatura á la tendencia que tiene el calórico de penetrar en los cuerpos; tendencia que se halla mas marcada en unos que en otros, segun sea la constitucion de cada uno de ellos ; no encontrándose ninguno enteramente destituido de calórico, porque lo contienen aun aquellos cuerpos que llamamos frios ; las palabras calor y frio son palabras relativas; cuando un cuerpo tiene una temperatura mas elevada que la nuestra nos hace experimentar una sensacion de calor y por el contrario sentimos una sensacion de frio al hallarnos en contacto de un cuerpo cuya temperatura es mas baja que la nuestra. Cuando dejamos enfriar una de nuestras manos y calentamos la otra, podremos sentir una sensacion de calor y de frio á la vez, si las inmergimos luego en el agua tibia. Una cueva nos parece fria en verano y caliente en invierno aunque su temperatura sea con corta diferencia la misma

en una estacion que en otra ; lo propio puede decirse del agua de los pozos. En invierno cuando hiela sentimos una temperatura agradable , porque nuestro cuerpo recibe parte del calor que abandona el agua para pasar del estado líquido al estado sólido ; pero si esta misma temperatura que hallamos agradable en invierno nos sorprendiera en verano sentiríamos una sensacion de frio. Segun lo que llevamos dicho, se deduce facilmente que nuestro propio cuerpo no sirve para medir con alguna exactitud la temperatura de los demas y por eso se ha acudido á la propiedad que tienen los cuerpos de dilatarse por el calor para medir con buen éxito las diferencias de temperatura ; en este principio se funda la construccion del *termómetro* , ó sea de la medida del calor. Este instrumento tan sencillo, es de grandé utilidad ; porque con él podemos señalar el grado de calor que conviene mantener en el cuarto de un enfermo , al agua que sirve para el baño , á las plantas que se crian en los invernáculos , al aposento donde se crian los gusanos de seda y á otra infinidad de usos. El termómetro apesar de su mucha utilidad fué desconocido de los antiguos , que ignoraban los principios en que estaban basados su construccion y su uso. Los alemanes en 1624 fueron los primeros que hicieron uso de este aparato inventado por el holandés Drebbel ; dicho aparato consistia en un tubo de vidrio cerrado por una de sus extremidades, teniendo la otra extremidad sumergida en un líquido, que segun las variaciones de temperatura del aire, subia ó bajaba en el interior del tubo colocado verticalmente y señalaba los grados de temperatura, segun las señales de una regla dividida en partes iguales que estaba colocada á lo largo del tubo. El termómetro de Drebbel no tardó en sufrir las convenientes modificaciones. La Academia del Cimento sustituyó el aire por un líquido , el alcohol , colocado dentro un tubo de vidrio cerrado por ambas extremidades. Los físicos de

Florenca, mejoraron el termómetro de Drebbel; pero no lo perfeccionaron del todo; porque fijaron el punto de partida para la division de la escala, á la altura en que se mantenía el líquido, colocado el aparato dentro de una cueva; resultando un defecto de comparacion entre los termómetros empleados por los físicos de diversos países. Rialdini, profesor de Pádua, trató de señalar puntos fijos á la escala del termómetro, lo que fue realizado por el gran físico Newton en 1704. Sin embargo, altermómetro de Newton le faltaba exactitud por haber señalado el punto fijo inferior á la altura en que se mantenía el líquido, teniendo colocado el instrumento en la nieve que varia de temperatura segun las condiciones en que se encuentra.

Modo de construir el termómetro. Para comprender mejor el modo de construir el termómetro, haremos las siguientes indicaciones. Se toma un tubo de vidrio muy estrecho, es decir, de un diámetro sumamente pequeño, llamado capilar, que termina en una bola ó globo, ó en un cilindro de un diámetro algo mayor. Para introducir el mercurio, ó bien el alcohol, se calienta sobre una lámpara de espíritu de vino el globo, á fin de conseguir que por medio de la dilatacion, el aire contenido en el tubo, se escape en parte; se coloca luego el extremo abierto del tubo en el mercurio que se trató de introducir. A medida que el aire del interior del tubo va perdiendo su elasticidad, por causa del enfriamiento, no puede contrarrestar la presión atmosférica exterior, y el mercurio penetra en el interior del tubo que ha de formar el termómetro. Luego que ha entrado una cantidad suficiente, se coloca vertical el tubo á fin de que el mercurio pase á llenar la espita ó el cilindro de mayor diámetro, pudiendo repetir esta operacion cuantas veces fuere necesario para llenar el tubo. Para sacar el aire y la humedad contenida en el interior del tubo, se hace calentar de nuevo hasta conseguir la ebullicion del

mercurio , el cual se dilata hasta llegar á la parte superior del tubo , que se cierra enseguida. Una vez cerrado el tubo , el mercurio vuelve por enfriamiento á su primitivo estado , llegando con corta diferencia á la mitad del tubo que por estar privado de aire en su interior , permite facilmente la dilatacion del líquido.

Para graduar el termómetro, es decir, para establecer puntos fijos , se coloca el termómetro en el hielo derriéndose , debiéndose mencionar de paso , que la nieve y el hielo no varían de temperatura desde que empiezan á derretirse hasta estar del todo licuados ; despues de haber tenido bastante tiempo el termómetro inmergido en el hielo que se derrite , se hace una señal en el punto donde se ha detenido el mercurio , y dicha señal será el cero del termómetro. Una vez indicado el cero, se sumerge el termómetro en el agua hirviendo , teniendo cuidado de no introducir la esferita sino en la parte mas superficial del agua , porque el calórico es mas intenso hácia el fondo del líquido cuando está en estado de ebullicion. Para evitar este inconveniente, se somete generalmente el termómetro á la accion del vapor del agua hirviendo , cuya temperatura es constante, es decir no varia, si se toman las precauciones convenientes. Cuando la columna de mercurio permanece estacionaria , lo que tiene lugar á los diez ó doce minutos de estar sometido el aparato á la accion del vapor , se hace otra señal en la cual se marcará el número 100 , si el termómetro que se trata de construir es de los llamados centígrados. Divídase luego en cien partes iguales la proporcion del tubo comprendido entre cero y cien , cuyas divisiones se prolongan á la parte inferior del cero, quedando asi formada la escala termométrica. Para distinguir las temperaturas, se coloca el signo menos á las que están á la parte inferior del cero , que se llaman vulgarmente grados de frio; y se designan con el signo mas, las que están en la parte superior.

Como segun hemos dicho ya, el agua hierve á diferentes temperaturas, segun sea la presion atmosférica, debe tenerse esto en cuenta; porque un termómetro construido sobre una elevada montaña, señalaria respecto al agua hirviendo una elevacion menor de la que se obtendria en un parage situado en un punto mas bajo, la orilla del mar por ejemplo. El agua no varía de temperatura sea cual fuere el lugar y por mucho que se active el fuego, desde el momento que entra en ebullicion hasta que está enteramente reducida á vapor.

El termómetro de mercurio es á propósito para medir temperaturas muy elevadas, porque este metal no hierve sino á la temperatura de 360° . Para medir bajas temperaturas es mas conveniente el termómetro de alcohol que se construye y gradua de la misma manera. El alcohol entra en ebullicion á los 78° y el frio mas riguroso que se ha conocido no puede conjelarlo, lo que no sucede igualmente con el mercurio que se conjela á 40° bajo cero.

Para conocer la temperatura de los líquidos y de los flúidos elásticos, se sumerge en ellos el termómetro y se mira en la escala termométrica el grado en que se ha fijado el mercurio. Como el calórico tiende siempre á ponerse en equilibrio, puede asegurarse que la temperatura de un cuerpo sólido es, al cabo de cierto tiempo, lo mismo que la del aire que se halla rodeado. Por lo tanto, un termómetro que señala la temperatura del aire contenido dentro de un cuarto, si dicha temperatura ha sido constante, señala al mismo tiempo la de los muebles, paredes, etc.

Termómetro Reaumur. Antes que Celsius físico de Upsal en Suecia, tratara de dividir la escala termométrica en cien partes, Reaumur físico y naturalista francés, habia construido el termómetro que lleva el nombre de su autor y en el cual la porcion de la escala termométrica comprendida entre los dos puntos fijos, se halla

dividida en ochenta partes iguales. Comunmente llevan los termómetros las dos escalas, una Reaumur y otra centígrada, lo que nos presenta á simple vista la relacion entre los grados de temperatura de la una comparados con los de la otra; pero suponiendo que el termómetro lleva solamente una escala termométrica, es muy fácil reducir los grados centígrados á Reaumur y al contrario. Para convertir los grados del termómetro Reaumur á centígrados, basta añadir al primero un cuarto del número total de grados del termómetro centígrado; así pues, cuando el termómetro Reaumur marca 16° , el centígrado señalará 20° ; porque 16 mas el cuarto de $16=20$. Conocido un número cualquiera de grados del termómetro centígrado, sabré los del termómetro Reaumur, restando un quinto de dicho número. Suponiendo que el termómetro centígrado señala 15 grados, rebajaré tres de dichos grados y los doce restantes corresponden á los del termómetro Reaumur.

Termómetro Fahrenheit. En este termómetro el cero corresponde al décimo cuarto ó décimo quinto grado bajo del cero del termómetro centígrado, obtenido por la conjelacion artificial de la sal amoníaco, cuya mezcla tiene unas proporciones, que son un secreto particular del artista del Dantzig, en Alemania, autor de dicho termómetro. Fué el primero que hizo aplicacion del mercurio para uso de los termómetros; líquido que por la uniformidad de dilatacion y por no entrar en ebullicion hasta llegar á una elevada temperatura, segun llevamos mencionado, tiene gran ventaja al alcóhol y demas líquidos. El intervalo entre los dos puntos fijos está dividido en 212 partes iguales que representan los grados del termómetro. Para apreciar los grados de la temperatura señalados en este termómetro, es necesario restar primeramente 32 de los grados indicados y luego contar que cada nueve grados de los restantes, equiva-

len á cinco del termómetro centígrado y cuatro del de Reaumur.

Termómetros sólidos ó pyrómetros. Los pyrómetros son instrumentos destinados á medir altas temperaturas, por ejemplo la temperatura de un horno que sirve para fundir los metales etc., para lo cual no sirven los termómetros construidos con un líquido, porque á causa de la gran acumulacion de calor, el líquido se reduciria á vapor y el aparato mismo quedaria destruido por la violencia del fuego.

Entre las diferentes clases de pyrómetros, los mas conocidos son los de Wedgwood y Bronguiart: el primero está fundado en la contraccion que experimenta la arcilla cuando se somete á una temperatura muy elevada; el segundo está basado sobre la dilatacion de los metales. En general los pyrómetros son aparatos muy defectuosos y de poca aplicacion en los usos diarios de la vida, por cuya razon nos dispensaremos de explicarlos detalladamente. Cada uno de los grados del pyrómetro de Wedgwood corresponde á 72° del termómetro centígrado.

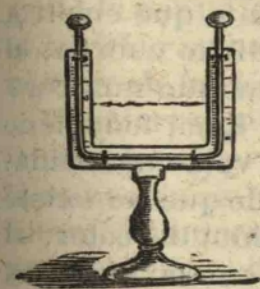
Termómetro de aire. El termómetro de aire consiste en un tubo muy prolongado de vidrio, abierto por una de sus extremidades y terminada la otra por una bola, que contiene aire. En el interior del tubo hay una gota de mercurio que sube ó baja por poco que cambie el volúmen de aire encerrado en la esferita. Este instrumento puede graduarse comparándolo con el termómetro de mercurio. Como el aire es mucho mas variable por la influencia del cambio de temperaturas, que los líquidos y los sólidos, este termómetro sirve para los casos en que se trate de apreciar las diferencias de temperatura muy ligeras y rápidas.

Tambien se construyen termómetros metálicos, los cuales marcan la diferencia de temperatura con mucha exactitud por la condicion que reunen los metales de

dilatarse de un modo uniforme desde cero á cien grados.

Termómetro diferencial. El termómetro diferencial de Leslie, es un termómetro de aire destinado á señalar las diferencias de dos temperaturas vecinas en una sola experiencia. Este aparato consiste en un tubo de vidrio doblemente encorvado ó ángulo recto, cuyas extremidades están provistas de dos esferas tan iguales como es posible. El interior del tubo contiene ácido sulfúrico colorado, procurando guarde el mismo nivel en ambos brazos; lo que se consigue haciendo pasar aire de una esfera á la otra, si fuere necesario, calentándolas de un modo igual. Cuando el ácido sulfúrico enfriado se sostiene á un mismo nivel en ambos brazos se señala la cero. Se somete luego una de las dos bolas ó esferas á una temperatura de 40° superior á la otra. El aire contenido en la bola que sufre el aumento de temperatura se dilata y hace bajar el líquido que sube en el otro brazo del tubo; cuando ha bajado lo suficiente permanece estacionario y en el punto que lo verifica se señala 40° ; la porcion del tubo comprendido entre cero y diez se divide en diez partes iguales, llevando estas divisiones á la parte superior é inferior del tubo. La sensibilidad del aparato es tal, que el calor de la mano

colocada á un metro de distancia de una de las bolas, basta para calentar el aire que encierra; el cual dilatándose hace bajar el líquido del tubo que sufre mayor accion de calor mientras sube en el otro, cuyo aire inferior es mas frio. Como se ve, este instrumento sirve ara indicar cual de las dos esferas recibe mayor



grado de calor. (Véase la figura.)

Irradiacion del calórico.

Hemos dicho anteriormente que el calórico obraba en los cuerpos separando sus moléculas, dilantándolos y haciéndolos cambiar de estado; pero un cuerpo calentado no retiene en sí el calórico, sino que lo envia á los demás cuerpos que le rodean, con una velocidad extraordinaria; comparable á la velocidad de la luz con la cual tiene gran analogía. La experiencia diaria nos demuestra la emision del calórico en todas direcciones, por la impresion que reciben nuestros órganos al hallarse mas ó menos distantes de un foco de calor, ó por las variaciones que experimente la escala termométrica. Aunque los cuerpos emiten el calor en todas direcciones y de un modo igual, nos parece algunas veces que queda destruida esta ley. Si se suspende una bala incandescente y colocamos nuestra mano al rededor de ella y á cierta distancia, notamos mayor sensacion de calor cuando la tenemos encima, que no cuando está debajo ó á uno de los lados; es decir, que mientras se puede pasear la mano por debajo la bala á unas dos pulgadas sin experimentar dolor, cuando la colocamos encima tenemos que mantenerla á una dsitancia mucho mayor; esto no prueba que el cuerpo emita mas calor en un punto que en otro, sino que el aire, del cual está rodeado dicho cuerpo, al dilatarse se hace mas puro y ligero formando una corriente en la direccion de abajo arriba. Igual fenómeno sucede con el calor producido por una vela encendida.

Admitido por los físicos el principio de que no existe cuerpo alguno completamente destituido de calor, el poder de la emision será comun á todos aun en aquellos que nos parecen excesivamente frios. Cuando al tocar un cuerpo lo hallamos frio, es porque nuestra temperatura, siendo mucho mas elevada, da mas calor que no recibe y esta pérdida nos hace experimentar la sensacion de frio.

El calórico se trasmite á través del aire y demás gases sin que dichos fluidos opongan resistencia á su propagacion y sin calentar sensiblemente las capas interpuestas, como lo prueba el calor solar que, al atravesar las capas admosféricas es apenas absorbido; y tanto es así, que en las regiones superiores es donde se siente un frio mas intenso. La facultad de absorber el calor pertenece á los cuerpos sólidos y líquidos, y aun entre los sólidos los hay que dejan pasar el calórico.

El aire no solamente deja de oponer resistencia á la propagacion del calórico, sino que permite tambien la propagacion en línea recta, como sucede siempre que la radiacion tiene lugar en un mismo medio (1). Schècle fué el primero que reconoció y aclaró esta propiedad del calórico de un modo evidente, por medio de una estufa en la cual arde leña, y cuya puerta está abierta. El calórico sale por la abertura con mucha fuerza, sin que la corriente de aire que se establece de fuera á dentro perjudique en lo mas mínimo la emision. Tampoco se consigue modificar la marcha del calor aun que se agite fuertemente el aire con un abanico de chimenea ú otro cuerpo semejante. Si entre el foco de calor y un termómetro se coloca uno pantalla opaca, el termómetro no indica ninguna elevacion de temperatura; cuando se quita la pantalla el termómetro sube, lo cual prueba que el calórico se propaga en línea recta, línea que toma el nombre de *rádío de calor*.

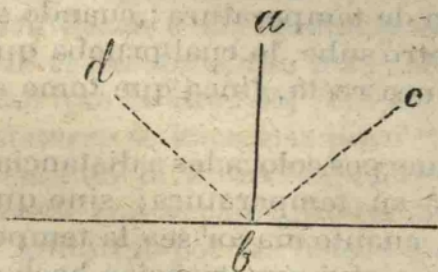
El calor emitido por dos cuerpos colocados á distancias iguales no es proporcional á su temperatura; sino que la radiacion es mas intensa, cuanto mayor sea la temperatura del cuerpo que radia, segun experiencias hechas por M. de Laroche.

(1) Se dá el nombre de *medio* á la sustancia en la cual un cuerpo esta sumergido y se dice que un cuerpo pasa de un medio á otro, cuando pasa por ejemplo del aire al agua, etc.

La accion del calórico decrece de un modo proporcional á medida que nos vamos alejando de un foco calórico. Suponiendo que un termómetro colocado á la distancia de un metro de un cuerpo caliente señala 9° , solo marcará 4° colocado á tres metros de distancia; es decir, que la intensidad del calórico es en razon inversa del cuadrado de la distancia, como sucede á la luz, á la electricidad y á todas las acciones centrales.

El calórico es imponderable; es decir, está destituido de peso segun lo prueba la experiencia siguiente. Se toman dos vasos herméticamente cerrados, uno de los cuales contiene agua, y el otro ácido sulfúrico; se busca luego el peso exacto de dichos vasos; este peso no sufre variacion alguna aun despues de la cantidad de calor que se desarrolla cuando se mezclan ambos líquidos.

Reflexion del calórico y leyes de esta reflexion. Hay cuerpos que son susceptibles de cambiar la direccion del calor rechazándolo mas ó menos, del mismo modo que es rechazado un cuerpo elástico, una pelota de goma por ejemplo, al dar contra un muro. Si la pelota sigue la direccion vertical, será rechazada en el mismo sentido; es decir que en su bajada y subida seguirá la direccion a

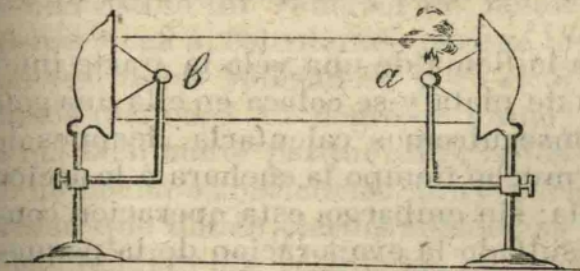


b; pero cuando la pelota es lanzada oblicuamente en la direccion c b será rechazada por la superficie en la direccion b, d, y formará con la perpendicular a b el ángulo d b a, llamado ángulo de reflexion, igual al ángulo

lo c b a llamado de incidencia, de una palabra latina que significa caer: por eso se dice que el ángulo de reflexion es igual al ángulo de incidencia. Lo que acabamos de decir de un cuerpo elástico es aplicable á la marcha que siguen los rayos de calor al caer sobre

los cuerpos capaces de reflejarlos v. gr. los metales que son de todos los cuerpos los que poseen en grado mayor esta propiedad, particularmente si están bien pulimentados. Podríamos persuadirnos practicamente de esta ley si haciendo partir un rayo de calor del punto c se colocaba en el punto d, una de las esferas de cristal del termómetro diferencial de que hemos hablado; el líquido del termómetro subiría en el tubo de la otra esfera, mientras bajaría á causa de la dilatacion del aire en la esfera sometida á recibir la accion del rayo de calor.

Efectos muy curiosos se notan sobre la reflexion del calor cuando esta tiene lugar sobre espejos cóncavos, de metal. Los espejos cóncavos son semejantes á los cristales que se colocan en los relojes de bolsillo. Cuando varios rayos caloríferos caen sobre un espejo esférico, son reflejados y llevados todos á un mismo punto llamado foco. Colocando dos espejos que estén uno en frente de otro, véase la figura, por su parte cóncava y suspendiendo delante de uno de ellos v. gr. en a una bala



de hierro incandescente, se consigue producir, en el foco b del otro espejo, un calor tan intenso que enciende la yesca; cuyo fenómeno ha sido practicado por M. Pictet de

Ginebra á una distancia de mas de treinta y cinco metros, sin embargo de considerarse necesario un calor de mas de 500° para incendiar la yesca. Los rayos solares recibidos sobre un espejo cóncavo producen resultados análogos y aun se ha conseguido por este medio, fundir la plata colocada en el foco de un espejo que tenia apro-

ximadamente 2 metros de diámetro. Valiéndose de un mecanismo semejante, se ha supuesto por algunos si Arquímedes incendió los buques de los Romanos frente la ciudad de Siracusa. Prescindiendo de la veracidad del hecho, puede afirmarse que Bufon ha demostrado la posibilidad, incendiando por medio de un gran reflector un pedazo de madera cubierta de alquitran á 68 metros de distancia.

Una cosa digna de mencionarse es que el aire interpuesto entre la yesca y el espejo no sufre variacion notable de temperatura, aunque se halle traspasado por los rayos acumulados de calor; este fenómeno no solamente tiene lugar con el aire, sino con todos aquellos cuerpos que dejan pasar libremente la luz y que pueden ser penetrados por el calórico sin que se note gran aumento de temperatura.

Rumfort ha hecho experiencias dignas de llamar la atencion, sobre la dificultad de calentar los cuerpos transparentes. Colocando una gota de agua sobre una plancha de hierro incandescente, aquella rodará mas ó menos tiempo sobre el metal, sin calentarse mucho, á causa de la transparencia del agua y de la finura de su superficie.

Si se ennegrece á la llama de una vela la parte interior de una cuchara de plata y se coloca en ella una gota de agua, apenas conseguiremos calentarla despues de haber sujetado por mucho tiempo la cuchara á la accion del calor de una vela; sin embargo, esta operacion continuada dará por resultado la evaporacion de la pequeña cantidad del líquido, debido esto en parte á la película negra de que estaba cubierta la gota de agua.

Otra experiencia de Rumfort, consiste en suspender al extremo de una pajuela una gota de agua que se introducirá luego en el centro de la llama de una vela recién espavilada; despues de bastante tiempo de tenerla en medio de la llama, ni hierva ni dá indicios de aumen-

to de temperatura, porque retirándola bruscamente y poniéndola en contacto con la mano, apenas se halla caliente. Substituyendo la pajueta por un metal que no sea susceptible de inflamarse, á causa de la propiedad que poseen como veremos luego de transmitir el calor, la gota de agua se calentaria por contacto con el metal.

A pesar de lo que llevamos mencionado, la llama de una vela es uno de los focos de calor mas poderosos de que podemos hacer uso; por cuya circunstancia los naturalistas cuando tratan de fundir ciertos metales para sujetarlos al análisis, no hallan un foco mas poderoso que el que proporciona la llama de una lámpara ó de una vela que dirigen constantemente sobre los cuerpos que quieren examinar.

No todos los cuerpos reflejan la luz con igual intensidad. El calor que cae sobre un cuerpo se divide en dos partes; la una es reflejada y la otra absorbida por el cuerpo cuya temperatura aumenta. Esto demuestra que un cuerpo absorbe solamente el calórico que no refleja, de manera que uno de estos dos poderes disminuye mientras el otro aumenta. Colocando frente la abertura de una estufa un reflector de metal bien pulimentado, apenas llega á calentarse, porque los rayos caloríferos son casi todos reflejados; pero sí al mismo reflector le damos una capa de negro de humo, en este caso se calienta fácilmente porque absorbe los rayos de calor. Leslie ha hecho experiencias muy curiosas sobre la propiedad que tienen ciertas sustancias de reflejar el calor y ha obtenido los resultados siguientes: cobre amarillo 400; plata 90; estaño en hoja 80; acero 70; plomo 60; vidrio 40; agua y negro de humo cero. Es decir que el cobre amarillo es la sustancia que posee en mas alto grado el poder de reflexion siendo esta nula en el agua y negro de humo.

Poder absorbente de los cuerpos por el calórico. Leslie para comparar entre si el poder absorbente de varias

substancias, se valió de un reflector cóncavo, en cuyo foco colocó una de las esferas del termómetro diferencial. El reflector recibe los rayos caloríferos de un cubo de hoja de lata lleno de agua á la temperatura de 400°; la esfera se cubre sucesivamente con papel, hojas de estaño, de cobre, de plata, ó con una lijera capa de negro de humo. El termómetro sube ó baja segun sea la sustancia que cubre la esfera; señalando la mas alta temperatura, cuando la esfera focal se halla mojada ó cubierta con negro de humo y por el contrario señala la mas baja temperatura, cuando la esfera está cubierta con una hoja de cobre amarillo; como se vé las sustancias que tienen mayor poder reflectante tienen menos poder absorbente.

Los cuerpos que no reflejan el calor y que lo absorven fácilmente lo despiden tambien fácilmente; es decir, lo dejan escapar enviándolo á los demás cuerpos que le rodean y es á este poder de emitir el calor que se llama poder emisivo. Débese tambien á Leslie la experiencia para conocer el poder emisivo de varias sustancias; al efecto se valió de un cubo de hoja de lata lleno de agua á la temperatura de 400 grados y cubrió las caras del cubo con negro de humo, papel, vidrio y dejando la 4.^a, sin cubrirla con ninguna substancia. Segun la cara que se presenta frente el reflector, la esfera del termómetro diferencial que se halla en su foco hace sufrir á estas diferencias notables. Cuando se presenta la cara de hoja de lata, la emision es muy débil; la cara que contiene el vidrio emite un poco mas de calor; el papel blanco algo mas que el vidrio; pero cuando se presenta al reflector la cara que contiene negro de humo, entonces el termómetro señala una fuerte elevacion de temperatura. Segun lo que llevamos dicho, siendo el agua y el negro de humo las sustancias que tienen mayor poder absorbente, son tambien las que tienen mayor poder emisivo. No solamente la diferencia de sustancias que hacen variar es

poder de reflejar, absorber ó emitir mas ó menos fácilmente el calor, sino que en una misma sustancia pueden aumentar ó disminuir dichas propiedades. Un mismo metal pulimentado, despulimentado ó rayado, etc., variará su poder de emision: Aumentando la densidad de un metal por medio de la percusion, se aumenta considerablemente el poder de reflejar la luz. Una superficie metálica, por ejemplo, absorve tanto mas calor cuanto mas perpendiculares caen sobre ella los rayos y por el contrario, la reflexion aumenta con la oblicuidad de dichos rayos; esto explica porque en verano, apesar de hallarnos mas distantes del sol que en invierno, sentimos mayor intensidad de calor, por recibir los rayos solares de un modo mas perpendicular. El color que poseen los cuerpos puede ejercer tambien una influencia notable sobre los poderes de absorcion, reflexion ó emision. En general los colores opacos y el negro absorven mucho el calor y los colores claros ó el blanco lo reflejan.

Equilibrio móvil de temperatura. El calórico tiene una tendencia continuada á la radiacion, existiendo entre los cuerpos un cambio continuado de calórico. Colocando varios cuerpos de diferentes temperaturas en un mismo recinto, se establecerá entre dichos cuerpos una radiacion desigual en un principio, porque el cuerpo que tenga mayor cantidad de calórico enviará tambien mayor cantidad al que tenga menos, hasta que despues de cierto tiempo se conseguirá de que todos lleguen á una temperatura igual; en cuyo caso continuará todavia la radiacion, pero recibiendo en este caso, cada uno de dichos cuerpos, igual cantidad de calórico que él envia á los demás; cuando se halla establecida una igualdad de temple, se dice que el calórico se halla en equilibrio. Esta tendencia hácia el equilibrio, es una de las propiedades mas importantes del calórico y permite explicar satisfactoriamente la reflexion aparente del frio. Los físicos de Florencia ensayaban la concentracion del

calórico por medio de los espejos metálicos, cuando les ocurrió sustituir la bala incandescente por un matraz lleno de yelo, y notaron que el termómetro colocado en el foco del otro espejo bajaba muchos grados, á causa de la diferente intensidad de radiacion establecida entre el matraz y el termómetro.

Los mejores espejos reflejan de noventa y cinco á noventa y ocho rayos caloríferos por cada ciento que caen sobre su superficie ; luego hay de dos á cinco rayos solamente absorvidos que contribuyen á aumentar la temperatura de los espejos, debiendo por lo tanto calentarlos muy poco , como podemos cerciorarnos de ello por medio del tacto y pueden ademas convencernos las experiencias practicadas con espejos de hielo bien bruñido; los que han dado con corta diferencia el mismo resultado que los espejos metálicos, sin que el hielo se derrita.

Parece increíble el foco de calor producido con la concentracion de los rayos solares por medio de los espejos ó de los lentes. Entre los varios ensayos practicados por medio de la concentracion de los rayos solares , citaremos los obtenidos por Mr. Villette con sus espejos ardientes, particularmente con el que remitió á Inglaterra que tenia un diámetro de un metro 272 centímetros y su distancia focal, de un metro 29 centímetros; desarrollando en su foco al acto de operar, un calor 47,257 mayor al calor del sol , habiéndose obtenido en Lóndres en Junio de 1718 de 9 á 12 de la mañana los resultados mas sorprendentes : la madera se inflama en el acto ; el agua contenida en un vaso de tierra hierve instantáneamente ; un pedazo de plomo ó de estaño, se derrite al acto de hallarse bajo la influencia focal; los demas metales y las tierras como la arcilla, la arena, llegan á la fusion en menos de un minuto; los huesos se vitrifican en 33 segundos. Pero los resultados obtenidos con los espejos ardientes , no igualan de mucho á los que se han alcanzado por medio de los

lentes. Uno de estos lentes construido por Mr. Parker, fué vendido por 700 libras esterlinas y llevado á China donde se halla actualmente. Los ensayos practicados ante varios miembros de la sociedad real de Lóndres, dieron los siguientes resultados. Un pedazo de pizarra comun que pesaba 153 centigramos, empezó á fundirse en 2 segundos; el oro, la platina y el cristal de roca en 3 segundos; un cubo de hierro que pesaba 53 centigramos en 12 segundos; la esmeralda de oriente y el jasper en 25 segundos; la piedra pómez en 80.

En París tienen lugar varios disparos de cañon á la hora del medio dia, causados por lentes que reúnen los rayos solares, cuyo foco á dicha hora pega fuego á las mechas preparadas al intento.

En la economía doméstica y en las artes se presentan innumerables aplicaciones dimanadas del modo de reflejar ó de dejarse penetrar mas ó menos fácilmente ciertas sustancias por el calor. Hemos dicho que el color negro emitia y absorvia mas facilmente el calor que el color blanco, cuya circunstancia hace que los vestidos blancos sean preferibles en todas las estaciones; en invierno mantienen el calor del cuerpo porque á causa de su poca radiacion lo dejan escapar difícilmente; en verano el mismo vestido blanco absorve menos el calor del sol porque lo refleja mucho mas que el color negro.

Los animales que en los climas templados tienen un color mas ó menos pardo, son blancos en la Groelandia, Spitzberg y otros países del Norte; hay animales que tienen un color obscuro durante el verano y lo cambian por otro mas ó menos blanquizco en el invierno; por cuyo medio pueden resistir los rigores de la fria estacion.

Mientras los habitantes de los trópicos tienen un color negro, los que habitan en regiones algo menos calurosas lo tienen obscuro; pero para los países templados y frios el color es blanco. Siendo el color negro el mas

favorable á la absorcion del calor, parece á primera vista que los habitantes que están expuestos á los ardientes rayos del sol, han sido poco favorecidos por la Providencia ; pero nó es así y léjos de perjudicar á los negros el color que tienen , les es por el contrario muy favorable. Como los cuerpos que absorven fácilmente el calor son los que tienen mayor poder emisivivo, resulta que el negro situado en su choza ó á la sombra de un árbol, despide fácilmente el calor que le molesta. Rumfort para aclarar la ventaja que á los negros puede reportar su color, se valió de la siguiente experiencia : tomó dos cilindros de metal, los llenó de agua caliente y luego los cubrió con una piel muy delgada, de la cual hacen uso los batidores de oro ; pintó uno de los cilindros con tinta china y el otro quedó con su color blanco. El vaso cubierto con una piel negra representaba un negro y el otro vaso representaba un hombre blanco ; habiéndolos dejado enfriar en un cuarto, resultó que en veintitres minutos el negro se habia enfriado tanto como el blanco en veinte y ocho.

Pero se objetará que si el color negro les favorece estando en la sombra, al hallarse expuestos á los rayos directos del sol sufrirán un calor insoportable; y sin embargo no sucede así á causa de la materia grasienta que trassudan al través de sus poros, la cual poniendo lustrosa la piel, le da la propiedad de reflejar los rayos de calor; además, cuando el calor aumenta, el sudor aparece en la superficie de la piel y la evaporacion que tiene lugar, segun veremos mas adelante, roba calor al cuerpo.

Los Lapones ó sean los habitantes de las zonas glaciales, lo mismo que los africanos y casi todos los pueblos salvages, tienen la costumbre de untarse el cuerpo con sustancias crasas y es fácil que la experiencia les haya enseñado que por este medio pueden resistir mejor los calores y frios escesivos. El líquido contenido en una

cafetera ú otro vaso de metal tarda tanto mas en calentarse, cuanto mas pulimentada en la superficie exterior; pero este mismo líquido se conservará mucho mas tiempo caliente, que si estuviera contenido en un vaso que tuviera la superficie exterior poco pulimentada. Los tubos de las estufas son tanto mas defectuosos, cuanto mas limpios ó pulimentados son; porque en este caso se oponen á la emision del calor, que hacen sensible solamente á algunas pulgadas de distancia, aunque estén muy calientes al tacto.

El interior de las chimeneas de los aposentos conveniria que estuvieran cubiertas con baldosas blancas, que de este modo reflejando el calor aumentaria mas fácilmente la temperatura de la habitacion.

La nieve tiene la propiedad de reflejar el calor á causa de su blancura, como hemos dicho sucedia á los vestidos que tienen tambien un color blanco; esta propiedad de la nieve le quita en gran parte el poder de absorber y emitir el calórico, por cuya circunstancia preserva del frio á las plantas que cubre. La falta de absorcion hace que se derrita muy paulatinamente durante la época del deshielo; pero sí un pedazo de madera ó una piedra se encuentran entre una masa de nieve, facilitan la fusion, porque dichos cuerpos radian al rededor de si el calor que absorven de la admósfera. Los agricultores pintan muchas veces de color negro las paredes donde se crian árboles en espaldera, á fin de facilitar la maduracion, del fruto aprovechando la facultad que tiene el color negro de absorber y emitir el calórico.

Trasmision del calor radiante al través de los cuerpos.—No siempre sucede que los rayos de calor que caen sobre un cuerpo sean absorvidos ó reflejados; algunas veces pasan en parte dichos rayos á través de los cuerpos sin calentarlos y en tal caso toman el nombre de *diatermanes*, así como se llaman *diáfanos* aquellos que dejan pasar la luz. Las substancias que detienen el

calor radiante, es decir, que no le dan paso, como los cuerpos opacos detienen la luz, se llaman *atermanes*. Segun llevamos explicado, el aire deja pasar el calor sin calentarse sensiblemente, luego dicho fluido es un cuerpo diatermane lo mismo que los gases. Los líquidos en general son mas ó menos diatermanes. Segun Prevost, el calor radiante atraviesa una cascada de agua cuyo líquido se renueva sin cesar, lo que destruye la hipótesis sentada por algunos de que el calor radiante se detenia en la primera cara propagándose luego de una á otra como debe verificarse en los cuerpos opacos. Aunque por punto general los metales y cuerpos opacos son atermannes, esto no obstante hay algunas escepciones, como sucede con el cristal de roca ennegrecido, que apesar de no tener transparencia, es mas diatermane; es decir, deja pasar el calórico mucho mejor que el alumbre perfectamente diáfano. La sal gema, ó sea la sal que se halla cristalizada al interior de la tierra, es el mas diatermane de todos los cuerpos sólidos; puesto que deja pasar el calórico casi en su totalidad; siendo los menos atermannes de todos los cuerpos transparentes el agua y el alumbre.

Conductibilidad de los cuerpos por el calor.—Se designa bajo el nombre de conductibilidad, á la Propiedad que tienen los cuerpos de propagar el calor de molécula en molécula por medio de una verdadera radiacion interna, que se efectua en la misma masa del cuerpo.

Todos los cuerpos, si bien que de un modo desigual, tienen la propiedad de ser conductores del calórico. Aquellos cuerpos que como los metales dejan pasar de un modo fácil y con rapidez el calórico, se llaman *buenos conductores* y por el contrario se designa bajo el nombre de malos conductores, á los que lo dejan pasar difícilmente y con lentitud. De todos los sólidos, la plata es el que posee en mayor grado la propiedad de conducir el calórico; despues de la plata las demás sustan-

cias sólidas pueden colocarse por el órden siguiente con relacion á su poder conductriz: el oro, el cobre, el estaño, el hierro, el plomo, la platina, el acero; luego siguen á los metales las piedras, la madera, los ladrillos, el vidrio y la resina, pudiendo citarse como muy malos conductores, las pieles, las plumas, la seda, la lana y las telas fabricadas con dichas sustancias; las cuales comparadas entre sí, conducen menos el calor en igualdad de espesor, cuanto mas fino es su tejido.

Conductibilidad de los líquidos.— Los cuerpos sólidos, aun los peores conductores del calórico, lo son mucho mas que los líquidos; aunque á primera vista parece sucede lo contrario por la facilidad con que se calientan cuando se hallan sometidos á la accion de un foco de calor; pero examinando detenidamente el fenómeno, veremos que la rapidez con que se calienta el líquido, no es debido á la conductibilidad y si á la accion de corrientes ascendentes y descendentes que se establecen en la masa líquida.

Aplicando fuego á la parte inferior de un vaso que contenga agua y aserraduras de madera, pueden observarse la existencia de dichas corrientes. La capa de líquido que toca al fondo, una vez mas calentada que las otras, se dilata y se hace mas ligera, pasando por la ley de la gravedad á ganar la parte superior, interin queda sustituida por otra que se calienta luego como la anterior y se eleva á su vez; formándose una corriente continua de agua caliente, que se dirige por el centro del líquido de abajo arriba. Como las capas superiores se hallan mas frias y por lo tanto mas densas, descende al fondo del vaso pasando inmediatas al borde. Si se impiden la formacion de las corrientes, tratando de calentar el líquido de arriba abajo, difícilmente lo conseguiríamos. Para demostrarlo se toma un vaso en el cual se fija un termómetro horizontal; se llena el vaso de agua hasta una altura superior al termómetro, luego

se echa sobre el líquido una capa de alcohol que se inflama; ahora bien, apesar del gran calor que se desarrolla, la elevacion del termómetro es apenas sensible; lo que demuestra que la conductibilidad del agua es casi nula. El único líquido buen conductor es el mercurio; por eso al poner nuestra mano en contacto de este líquido, sentimos una sensacion de frio ocasionado por el calor que nos roba.

Conductibilidad de los gases.—La conductibilidad de los gases es excesivamente débil por ser peores conductores que los líquidos, con los cuales tienen alguna analogía sobre el modo de calentarse por medio de corrientes; pudiendo efectuarlo por la parte superior á causa de la facilidad con que el calórico radia á través de su masa.

Aplicaciones sobre la conductibilidad.—La desigualdad que presentan los cuerpos en la manera de conducir el calórico nos da la explicacion de muchos fenómenos, cuyas aplicaciones son en gran número. Cuando arrimamos al fuego una varilla de hierro ó de otro metal, con dificultad podemos tocarla luego por el extremo opuesto al en que se halla aplicado inmediatamente el calor; pero si la varilla fuese de madera ó bien otro de cuerpo cualquiera mal conductor del calórico, podríamos sin inconveniente dejarlos quemar hasta una muy corta distancia de nuestros dedos. Un tubo de vidrio puedefundirse por uno de sus extremos teniendo el otro extremo aplicado á la boca, sin experimentar ninguna molestia ocasionada por el calor. Al servirnos de una barra de lacre para cerrar una carta, no tememos el quemarnos, con tal que nuestros dedos esten á una pequeña distancia de la parte inflamada. La circunstancia de ser los metales buenos conductores del calor, hace que las cafeteras y otros útiles de metal de uso comun tengan mangos de madera, sobre los cuales podremos pasear uno de nuestros dedos sin molestarnos el calor; pero no sucederá lo mismo cuando se llegue al

metal, suponiendo á este calentado. Para cojer los hierros que sirven para el aplanchado, nos valemos de un cuerpo mal conductor. A la mayor ó menor conductibilidad de los cuerpos por el calórico, se debe el que dos objetos aunque estén á igual temperatura, nos hagan experimentar al tocarlos diferentes sensaciones de calor ó de frio. Suponiendo que una habitacion cualquiera ha estado sometida por mucho tiempo á la temperatura de veinte grados, es fácil concebir, segun se ha dicho sobre el equilibrio del calórico, que la misma temperatura de 20° se establecerá en todos los cuerpos del aposento; pero á fin de alcanzar esta igualdad de temperatura, unos cuerpos han tenido necesidad de apropiarse mayor cantidad de calor que los otros, segun sea su capacidad calorífera; es decir, que, un pedazo de mármol por ejemplo, necesita absorver mayor cantidad de calórico que otro igual de madera para subir á un mismo grado, aun suponiendo que sus densidades sean iguales. Esta es la causa porque dos cuerpos que sean diferentes en el modo de conducir el calórico, aunque al aplicarles un termómetro señalen igual temperatura, pueden hacernos experimentar las diferentes sensaciones de calor ó de frio que hemos indicado. Colocando la mano sobre el mármol, sentimos una impresion de frio mucho mas intensa que poniéndola sobre la madera; la diferenciencia consiste en que teniendo aplicada nuestra mano sobre dichos cuerpos, el calórico por su tendencia al equilibrio, ha sido atraido por ellos hasta ponerse por medio del contacto, á un grado de temperatura igual y para esto es necesario que nuestra mano dé al mármol ó á la madera el calor que necesita para subir un cierto número de grados; pero como se necesita una cantidad cinco ó seis veces mayor para calentar el mármol que para calentar la madera, es evidente que en el primer caso experimentaremos un enfriamiento mucho mayor que en el segundo y por esta razon decimos que

el mármol es mas frio que la madera. Un efecto contrario sentiríamos si dichas sustancias tuviesen una temperatura mas elevada que nuestro cuerpo; en este caso para establecer equilibrio, debiendo el mármol y la madera cedernos calor, nos lo prestaria en mayor cantidad el mármol; pues ya hemos dicho que los cuerpos emittian y absorvian el calórico mas ó menos libremente segun su facultad conductriz. Entre dos bancos, uno de piedra y otro de madera, escogeríamos para sentarnos en invierno ó en verano el de madera, porque los de piedra en la primera de dichas estaciones, nos ocasionarian una fuerte sensacion de frio y en la segunda suponiéndolos expuestos al sol serian muy calientes. Lo que llevamos dicho del mármol y de la madera es igualmente aplicable al hierro y á la mayor parte de los metales, comparados estos cuerpos con el papel, la madera ú otras sustancias análogas. Las monedas que llevamos en el bolsillo, nos parecen mas calientes que los vestidos que las contienen, aunque se hallen á la misma temperatura, porque estos son peores conductores que los metales de que están fabricadas dichas monedas.

Dos pedazos, uno de mármol y otro de hierro, iguales en peso y en una misma temperatura, colocados uno en cada mano, las que supondremos á quince grados mas de calor de la que tengan dichos cuerpos, nos harán observar al principio un frio casi igual en ambas manos; pero despues de un corto rato, el hierro habrá subido quince grados mientras el mármol continuará pareciéndonos frio. Como en estado ordinario tienen el hierro y el mármol una temperatura inferior á la de nuestro cuerpo, nosotros los llamamos frios. Por medio de las sustancias mal conductoras del calórico, se preservan del frio las plantas y se conserva el hielo durante la estacion calurosa, á cuyo efecto se cubre de aserraduras de madera, con paja y con mantas de lana; en el primer caso se evita la radiacion al exterior, en el segundo que

el calor exterior sea absorbido por el hielo. Los depósitos donde se guarda el hielo, acostumbran reunir las condiciones siguientes: En primer lugar se procura que estén en la tierra y á cierta profundidad, á causa de la lentitud con que el calórico atraviesa dicha sustancia; se les dá una forma esférica, porque en igualdad de capacidad presenten la menor superficie posible; el material empleado en su construccion es de ladrillo ó de piedra porque estos cuerpos son poco conductores. Durante la estacion de invierno para preservarnos del frio usamos vestidos de lana ó de otras materias semejantes. Los forros de cualquier clase que sean, producen igual efecto, porque siendo malos conductores mantienen al rededor de nuestro cuerpo una capa de aire que se halla entre las mallas de su tejido y sirve de obstáculo ó intercepta la comunicacion con el aire, admosférico exterior. No vayamos pues á creer en virtud de lo expuesto, que dichos cuerpos nos dan calor ó son calientes por sí mismos. Por poco que fijemos nuestra atencion, nos admirará la sabiduria con que la Providencia ha provisto ya en su organizacion, ya en sus vestidos, á los diferentes animales que pueblan distintos puntos del globo. Mientras los unos están cubiertos con pelos largos, finos y espesos para resistir los frios del Norte, ha dado á los otros un pelo corto y raro, á propósito para vivir en los paises calientes. Las aves de las regiones glaciales, poseen una especie de plumion que es seguramente de todos los cuerpos, el que mas se opone al desperdicio del calor; por eso se fabrican con esta materia una especie de colcha que los franceses llaman edredon y cuyo uso empieza á generalizarse en España.

A la buena conductibilidad de los metales, se debe el de que algunos cuerpos en contacto con ellos se libren de la combustion, aunque sometidos á un fuerte foco de calor. Suspendiendo sobre la llama de una vela una bola de plomo envuelta con un papel, este no se quema y

la bala de plomo llega á derritirse. Si se envuelve una cuchara ó una caja de reloj de bolsillo con un pañuelo, manteniendo bien apretado por dicho pañuelo medio de torsion sobre el metal y procurando que no forme pliegues, podremos colocar sobre el pañuelo un carbon encendido, ó quemar sobre él papel sin quemar el pañuelo; lo propio sucederia con un hilo enrollado en un hierro.

Esto es debido á que el calórico no fijándose sobre la tela ó el papel por ser malos conductores, los atraviesa sin hacerles sufrir alteracion, para fijarse en el metal. Las ventanas de ciertas casas son dobles á fin de que el aire siendo mal conductor del calor, sirva para conservar la frescura ó el calor de las habitaciones. Hallándose los vidrios en contacto con la admósfera, enfrían el aire interior; pero si se coloca una segunda ventana algo distante de la primera, en este caso ambas están separadas por una capa de aire, la cual se opondrá á que los vidrios interiores reciban la temperatura de los vidrios exteriores. Si se toma con la mano una bola de mercurio conjelado, se experimenta una sensacion de quemadura ocasionada por la mucha acumulacion de calor, que de todas partes se dirige á un punto tan frio. Por una razon análoga despues de haber frotado las manos con nieve sentimos en ellas una sensacion de calor.

De la temperatura del cuerpo humano. Nuestro cuerpo se halla ordinariamente á una temperatura de treinta á treinta y dos grados del termómetro centígrado y esta temperatura que se conceptúa ser constante para la raza blanca, aumenta algun tanto para los hombres de color. Cuando un cuerpo cualquiera que se halle á dicha temperatura se aplica en nuestros órganos, decimos que está tibio á causa de no darnos ni quitarnos calor. Parece que para disfrutar bienestar, el aire admosférico debería hallarse á la temperatura de nuestro cuerpo; pero no es así y por eso anhelamos la temperatura de catorce ó quince grados, que es la que disfruta-

mos en los hermosos días de nuestra primavera. Con todo, el hombre se distingue entre los demás animales por la fuerza con que puede suportar los extremos de calor y de frío; solo el perro, su fiel compañero, puede combatir con él, á los leones del África y conducir los trineos en medio de los hielos polares. Cualquiera otro animal destinado por el Criador á vivir en un país sumamente caluroso, muere si tiene que permanecer libremente en un país muy frío; el oso blanco, el rengífero y la zorra blanca, perecerían infaliblemente transportados en los desiertos calurosos del África. Algunas veces en el Senegal, el termómetro centígrado llega á señalar cuarenta y cinco grados y sin embargo se hallan habitantes que andan con los piés descalzos sobre un suelo abrasador; mientras los esquimales persiguen á las focas marinas en un frío de treinta grados bajo cero, sin experimentar gran molestia; con tal de hallarse en activo movimiento. El hombre septentrional, como se observó en Jeniseik en el año 1735, puede suportar un frío de 85 grados centígrados; mientras en algunos puntos de la zona tórrida el hombre ha llegado á resistir una temperatura de 85 grados centígrados. Tan enorme cifra, superior á la de su cuerpo que parece increíble, es sin embargo una verdad y no llega de mucho á ser tan sorprendente como el calor artificial á que puede hallarse sometido. El viagero Caspe, al hallarse en Rusia se metió en un baño, cuya agua tenia la temperatura de 90 grados centígrados. Dos académicos franceses y otros individuos han presenciado como dos muchachas que servían en una tahona, permanecían sin incomodidad en un horno en el cual el termómetro centígrado marcaba 135 grados. Blagden hizo cocer en trece minutos, un pedazo de ternera en el aire de su cuarto soplando con un fuelle para compensar el poco espacio del aire para el calórico. El hombre al hallarse sometido á una temperatura tan elevada, tiene que permanecer en reposo á fin evitar que

una nueva cantidad de aire le preste nuevo calor. Teniendo la mano colocada dentro el agua bastante caliente, se sufre mucho mejor la accion del calórico manteniéndola inmóvil, que moviéndola de un punto á otro en el interior de la vasija. Sea cual fuere la temperatura en que se halle nuestro cuerpo, hace pasar la capa de aire con la cual está en contacto y mientras permanezca en reposo, á una temperatura aproximada á la suya, evitando así la accion que en otro caso podria tener para calentarnos ó enfriarnos. De las experiencias hechas por los sabios, ha resultado que el cuerpo humano, aunque sometido á tan alto grado de calor, solo se eleva unos dos ó tres grados; cuyo fenómeno se conceptúa ser dimanado por la mucha evaporacion que tiene lugar en la superficie de la piel y en los pulmones. Como la ligera capa de humedad que en tal caso cubre el cuerpo al evaporarse tiende á refrescarlo, segun veremos mas adelante, de ahí que se sostenga una especie de equilibrio entre el cuerpo y el medio. Tampoco los frios excesivos, compatibles con la vida, hacen bajar la temperatura del cuerpo humano mas que unos tres grados.

De todos los animales, las aves son las que tienen una temperatura mas elevada, llegando la del pato á muy cerca de cuarenta y cuatro grados; si bien hay otras aves que como el milano solo llega su temperatura á treinta y siete grados y dos décimas.

Los reptiles tienen la particularidad de no poseer como los mamíferos y los pájaros, una temperatura constante; su grado de calor sigue las variaciones de la atmósfera. Por eso el cuerpo de estos animales es de ordinario en nuestros climas, mas frio que el nuestro y tambien al de los animales que llamamos de sangre caliente; sin embargo de pretender que los reptiles tienen la sangre fria, cuando los colocamos al sol se calientan mas pronto que nosotros y los habitantes del África acostumbrados á verlos á una temperatura superior á la que

ellos tienen, se resistirían á creer que pudieran enfriarse hasta el punto de quedar aletargados en algunas comarcas durante la estacion de invierno.

Aplicaciones sobre la dilatacion de los cuerpos por el calor. Al tratar de la dilatacion de los cuerpos ocasionada por el calor, hemos presentado algun ejemplo que demostrára de un modo evidente la verdad de tan importante ley y cuyas aplicaciones mas generales son dignas de ser conocidas; pero á fin de formarse una idea mas exacta sobre algunos fenómenos referentes á la dilatacion de los cuerpos, diremos que se dá el nombre de *coeficiente de dilatacion lineal*, á la prolongacion que adquiere la unidad de longitud, cuando se eleva la temperatura de un cuerpo sólido de 0° á 1 centígrado. Al efecto de conocer la dilacion lineal, se mantiene primero una barra de metal, ó de otra sustancia en una cantidad de hielo que se derrite; colocando luego dicha barra en el agua á la temperatura de 100° . Conocida la longitud que tenia la barra á cero y á cien grados, se toma la diferencia de las dos longitudes y partiendo por 100 el número de grados que han servido para elevar la temperatura de la barra, se tendrá el coeficiente lineal. Suponiendo que una varilla ó una regla de zinc, cuya temperatura se ha elevado de cero á cien grados ha tenido una dilatacion de $0'03$, esta longitud seria solamente de $0'0003$ si el aumento de temperatura fuera de 1 grado. La última fraccion representa el coeficiente de la dilatacion lineal del zinc.

Todos los sólidos presentan una uniformidad de dilatacion hasta la temperatura de 100° ; pero cuando la temperatura es mas alta, en este caso desaparece la proporcionalidad entre la dilatacion y el aumento de temperatura. Cada substancia tiene un coeficiente de dilatacion particutar, segun puede verse con los que contiene la siguiente tabla.

Dilataciones lineales de algunos cuerpos sólidos.

NOMBRES DE LOS CUERPOS.	INTERVALO de temperatura .	COEFICIENTE de dilatacion.
Platina.	0 á 100°	0,000856
Vidrio.	» »	0,000872
Acero no templado.	» »	0,001078
Hierro.	» »	0,001221
Oro.	» »	0,001466
Cobre.	» »	0,001718
Plata.	» »	0,001909
Estaño.	» »	0,002173
Plomo.	» »	0,002848
Zinc.	» »	0,002952
	» »	0,018018

Las dilataciones superficiales serian el doble del coeficiente lineal y las dilataciones de volúmen ó cúbicas, serian triples de los números indicados en la tabla.

Siendo tan considerable, según hemos hecho notar, la fuerza que presentan los metales cuando se dilatan por la acción del calor, obliga á tomar ciertas precauciones cuando se emplean en las artes de construcción. En la colocación de los rails, en las vías férreas, se tiene cuidado de dejar cierto intervalo de uno á otro á fin de que la dilatación se opere sin obstáculo; si así no se practicára, podremos convecernos de lo que sucedería por medio del siguiente ejemplo. El coeficiente de dilatación del hierro á la temperatura de 0° á 100° es 0'001221 partiendo por 100 esta fracción tendremos 0,000012; coeficiente de dilatación correspondiente de 0° á 1° de temperatura; luego una barra de hierro de un metro de

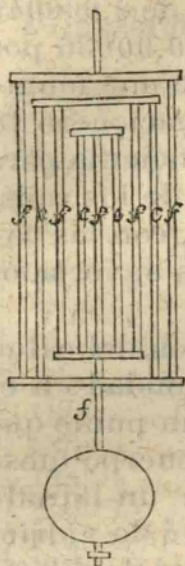
largo por ejemplo sometida á una temperatura de 30 grados centígrados sufrirá una prolongacion de 0,000042 multiplicados por 30 cuyo resultado seria 0,00036 por cada metro. Consideremos una via férrea de una longitud de 50 kilómetros resultaria una prolongacion de 18 metros, aumento de longitud mas que suficiente para destruir la via. Precauciones análogas á las de los rails, deben tomarse con los tubos de conduccion, con las cadenas de los puentes colgantes, con ciertos enverjados etc.

Quando los cuerpos sólidos reciben la accion del calor en una parte de su masa, resulta una deformidad en el cuerpo, que presenta mayor dilatacion en un punto que en otro; pudiendo resultar ruptura si el cuerpo fuese frágil. Por eso cuando se echa bruscamente un líquido que hierve dentro un vaso frio de porcelana ó de vidrio, suele romperse á causa de la desigualdad de dilatacion; porque siendo el vidrio mal conductor del calórico, la pared interior del vaso se calienta mas que la pared exterior. La ruptura no es tan fácil cuando las paredes son muy delgadas, por la facilidad con que el calor penetra toda la masa. Las grietas que se forman en un cristal cuando se aproxima á él una bujía, es debido tambien á la desigualdad en la dilatacion.

Muchas veces los objetos de vidrio se rompen por si solos cuando al abrir una puerta ó una ventana se establece una corriente de aire frio, lo que se explica fácilmente con lo que llevamos dicho.

La influencia de la dilatacion se deja sentir de un modo muy remarcable en las diferentes piezas que entran en la construccion de los relojes, cuya marcha se altera con los cambios de temperatura. Se ha dicho ya que cuanto mas largo era un péndulo, tanto mas lentas eran las oscilaciones, y por el contrario dichas oscilaciones son mas rápidas á medida que disminuye la longitud del péndulo. A fin de evitar el inconveniente que

presentan los relojes de péndulo, formados por una sola varilla terminada por una lenteja, cuyas oscilaciones en verano hacen sufrir retardo al reloj y adelanto en invierno, se han inventado los péndulos de compensacion compuestos de varias barrillas metálicas dispuestas como se vé en la figura. Las barrillas que son de hierro se dilatan de arriba abajo y tienden á que baje la lenteja, cuando hay aumento de temperatura; pero las barrillas c que son de laton, se dilatan de abajo arriba á causa de la disposicion con que están colocadas y tienden á hacer subir la lenteja, estableciéndose por este medio compensacion.



Los gases presentan tambien un gran número de aplicaciones no menos curiosas que las de los sólidos.

La dilatacion rápida que experimentan los gases, condensados puede decirse en las sustancias que entran en la composicion de la pólvora, son debidos los efectos poderosos de la misma.

La corriente de aire que se establece del exterior al interior de las estufas y chimeneas arrastrando consigo el humo y demás productos volátiles de la combustion es debido á la dilatacion. La reunion de muchas personas en una habitacion, calienta y vicia el aire que á causa de su menor densidad sube á la parte superior del local como puede observarse en los teatros, cuyos espectadores si se hallan en las últimas galerías sufren mucho mas, á causa del calor y de la impureza del aire, que los demás concurrentes colocados en el patio.

Las capas de aire que están en contacto con la tierra tomarían algunas veces tal aumento de temperatura, que nos sería muy molesta si la dilatacion no obligára á

dichas capas á elevarse, en virtud de su ligereza, para ser reemplazadas por las capas superiores mas frias y mas densas.

El barómetro sube ó baja segun sea la dilatacion ó contraccion del aire admosférico, dilataciones y contracciones que son la causa de los vientos.

Cambio de estado de los cuerpos. Hemos dicho ya que casi todos los cuerpos podian pasar del estado sólido al de líquido y de este al deriforme ó al contrario. El fenómeno que resulta de pasar un cuerpo del estado sólido al estado líquido se llama *fusion*; cuando por el contrario pasa el cuerpo del estado líquido al estado sólido, el fenómeno toma el nombre de *solidificacion*. La transformacion de los líquidos en vapores se denomina *vaporizacion* y por último tiene el nombre de *condensacion* ó *licuefaccion* al cambio que experimentan los cuerpos al pasar del estado de vapor al de líquido.

Fusion. Como la fuerza de cohesion varia en cada substancia, varia tambien la temperatura á la cual se opera la fusion.

Hay cuerpos, como la madera, el mármol, el papel, etc. que no pueden fundirse por la accion del calor.

De todos los cuerpos simples que no pueden ser descompuestos, porque solo contienen una substancia, únicamente el carbono ha resistido á la fusion aun sujetándolo á las mas elevadas temperaturas.

La siguiente tabla contiene los diferentes grados de calor que necesitan algunas substancias para llegar á la fusion.

NOMBRES DE LAS SUBSTANCIAS.	GRADOS del termómetro centígrado.
Mercurio.	39
Hielo.	0
Sebo.	33
Cera blanca.	68
Azufre.	409
Estaño.	229
Plomo.	332
Zinc.	500
Plata.	1000
Oro.	1200

Al pasar los cuerpos de sólidos á líquidos tienen lugar dos fenómenos importantes: 1.º Para un mismo cuerpo la fusion se opera siempre á una misma temperatura: 2.º Todo el tiempo que dura la fusion de un cuerpo, la temperatura permanece constante. El plomo entra en fusion á 320º; pues bien, por intenso que sea el calor á que se halle expuesto el metal, su temperatura durante la fusion se mantiene constante á 320º. Un termómetro colocado en el hielo que comienza á derretirse, en el cual señala cero, se mantendrá á cero, por calor que se acumule hasta que la última partícula de yelo esté licuada. Rodeando de nieve ó hielo que esté deritiéndose la esferita del termómetro, puede introducirse luego dentro el agua hirviendo y durante algun tiempo la columna termométrica no variará de altura. Se sigue de esto que los cuerpos absorben calor que ocultan puede decirse en su interior. Este calor que queda como escondido en un cuerpo, sin hacerse sensible al termómetro por hallarse todo empleado en producir el cambiode estado, se llama *calor oculto ó latente*.

Para dar una idea exacta de lo que se entiende por calórico latente y demostrar al mismo tiempo que durante la fusión la cantidad de calor absorbido es considerable, mézclese una libra de agua á setenta y cinco grados con otra libra de hielo derritiéndose y se tendrán dos libras de agua á cero ; lo que prueba claramente que todo el calor que mantenía el agua á setenta y cinco grados, ha sido empleado á licuar la misma cantidad de hielo. Si se colocan dos vasijas, que reciban igual grado de calor, dentro de un horno, haciendo que la una contenga agua líquida á cero grados y la otra hielo ó nieve, provistas las dos de un termómetro cada una, se notará que mientras el termómetro inmerso en el agua líquida á cero grados sube, el otro permanece estacionario mientras dura la fusión del hielo. Es seguramente á causa del calórico latente que durante la fusión del plomo podemos meter la mano dentro el metal derritido sin quemarnos, mientras haya una porción de dicho metal que conserve todavía el estado sólido.

Calor desarrollado por la percusion y el roce.—El calor producido por la percusion es tan intenso que batiendo á golpes redoblados el plomo, puede licuarse y una barra de hierro ponerse incandescente. Algunos pueblos salvajes encienden el fuego frotando dos pedazos de madera seca uno contra otro. Hay quien supone que rozándose unas con otras las copas de los árboles agitados fuertemente por el viento, pueden ocasionar incendios en los bosques.

Quando se bota al agua un buque, ó quando se sube un gran peso á cierta altura, se tiene cuidado de ir moviendo las cuerdas para evitar de que se inflamen. Las carretas muy cargadas se encienden algunas veces á causa del rozamiento de los ejes, cuyos accidentes procuran disminuirse por medio de ciertas substancias crasas que se colocan entre las superficies en contacto.

Las muelas de los molinos tienen dispuesta conve-

nientemente una campana para señalar que se ha concluido el trigo que se molia. Si no se colocaba luego otro trigo en la muela, el frote de esta contra las piezas de madera no tardaria en inflamarlas.

El rozamiento de las partículas de ciertos líquidos es en gran parte la causal del desprendimiento de calor que acompaña á casi todas las combinaciones químicas. El espíritu de vino echado en el agua produce un aumento de temperatura y esta se hace mucho mas notable sí en lugar del espíritu de vino se verifica la combinacion con el ácido sulfúrico, aceite de vitriolo.

Despues de habernos entregado á un ejercicio violento, experimentamos cierto calor debido en parte al rozamiento de las diferentes partes de nuestro cuerpo las unas contra las otras.

Aunque de un modo imperceptible algunas veces, basta que dos cuerpos estén en contacto para que su temperatura aumente.

Mezclas frigoríficas.—Hemos dicho que el hielo no podia licuarse sin absorber setenta y cinco grados de calor que le suministran los cuerpos que le rodean; pero sí en lugar de tomar el calor de otros cuerpos, lo tomase de si mismo fundiéndose repentinamente, en este caso se licuaria bajando á una temperatura de setenta y cinco grados. Es imposible el poder realizar un derriti-miento tan instantáneo del hielo, pero la química ha conseguido el modo de acerelarla con bastante prontitud.

Cuando se mezclan dos cuerpos sólidos ó bien uno sólido y otro líquido que puedan licuarse sin que tomen gran cantidad de calor de los cuerpos exteriores, resulta segun llevamos mencionado, un enfriamiento bastante intenso. Mezclando dos partes de nieve ó hielo machacado con una parte de sal marina, estos cuerpos se licuarán rápidamente á causa de la afinidad recíproca que tienen entre sí y absorviendo una cantidad de su calórico latente que no pueden tomar de los demás cuerpos por

la rapidez con que entran en fusion, podrá obtenerse un frio de diez y nueve grados bajo cero.

Pueden producirse mezclas mucho mas frias substituyendo la sal marina por el ácido nítrico ó el ácido sulfúrico. Parece extraño que el ácido sulfúrico combinado con el agua produzca calor, cuando mezclado con el hielo puede resultar un frio que haga bajar el termómetro á setenta grados bajo cero; pero es fácil hallar la causa de tales fenómenos en el derretimiento instantáneo del yelo; si se forma una mezcla de ácido sulfúrico á cero grados con nieve tambien á cero grados, podrá obtenerse una temperatura de 20° bajo cero; pero teniendo cuidado de emplear una cantidad de yelo que sea cuatro veces mayor que la del ácido. Aumentando la cantidad de ácido se produciria un calor que podria llegar á cien grados; mezclando por ejemplo cuatro partes de ácido con una de hielo.

Solidificacion.—Las sustancias que se licuan con el calor pasan de nuevo al estado sólido por medio del enfriamiento. [La temperatura de solidificacion es igual á la de su fusion; es decir que si una sustancia empieza á licuarse á la temperatura de 90°, empezará tambien á solidificarse á dicha temperatura, que será constante hasta que la congelacion sea completa, restituyendo todo el calórico latente que habia absorbido durante la fusion. Hay algunos cuerpos que parece presentan algunas escepciones. El agua se conjela á cero grados; pero cuando es muy pura y está al abrigo de toda agitacion, puede llegar á la temperatura de 12° bajo cero sin conjelarse; si en este estado se imprime á la masa líquida un movimiento cualquiera, se solidifica con prontitud y el termómetro señala luego cero grados.

Cuando la solidificacion de un cuerpo se opera de un modo lento, las moléculas se colocan simétricamente y el cuerpo toma formas geométricas; cuyo fenómeno no se llama *cristalizacion*.

Vaporizacion.—La disminucion de volúmen que experimenta un líquido abandonado al contacto del aire, ó expuesto á la accion del calor, se llama *vaporizacion*; y se designa bajo el nombre de *evaporacion*, á la formacion del vapor á la superficie libre de los líquidos. La vaporizacion, es decir, la transformacion de los líquidos en vapor puede tener lugar de dos maneras distintas: por ebullicion cuando los vapores se forman en el interior de la masa líquida; y por evaporacion, cuando los vapores se forman en la superficie.

Hay líquidos que tienen tendencia á convertirse en vapor no solo á la temperatura ordinaria si que tambien á temperaturas mas bajas; tales como el agua, el ether, el cloroformo, líquidos que expuestos al aire desaparecen prontamente y por cuya razon se llaman *volátiles*, para distinguirlos de los líquidos fijos; es decir, de aquellos que no se evaporan á ninguna temperatura, como el aceite de aceitunas, el de pescado, etc. Los aceites secantes se vuelven espesos puestos al contacto del aire porque absorven oxígeno; pero no se evaporan.

Hay sustancias como el hielo, que dan vapores en el estado sólido. Igual fenómeno presentan los cuerpos olorosos como el alcanfor, etc.

En igualdad de temperatura los vapores se forman mas rápidamente en el vacío que en el aire. En el vacío los vapores no hallan ninguna resistencia y su formacion es instantánea, lo que no sucede al aire libre, á causa de la presion atmosférica. Si se introduce una gota de ether en un barómetro, este líquido en virtud de su poca densidad y al llegar al espacio vacío del barómetro se evapora al instante. La columna barométrica baja por efecto de la presion ejercida por la fuerza elástica de la gota de ether convertida en vapor. La depression que el vapor hace sufrir á la columna barométrica es la medida de la fuerza elástica ó de la tension del vapor. La fuerza expansiva del agua convertida á vapor

es tal, que toma un volúmen mil sietecientas veces mayor. Diez litros de agua reducidos á vapor podrian levantar un peso de 17,000 kilogramos, efecto muy superior al de la pólvora. A la tension que adquieren los vapores cuando se les sujeta á una alta temperatura, son debidos muchos siniestros ocasionados por la explosion de las máquinas de vapor. Los vapores y gases contenidos en los poros de la madera, producen algunas veces chasquidos ocasionados por la tension de dichos gases. Si antes de colocar al fuego las castañas que se quieren cocer, no se practica en ellas una incision, revientan con ruido, por la tension que han tomado los vasos contenidos en el fruto y retenidos por la piel que los envuelve. Aplicando las manos calentadas sobre las paredes de una botella que contenga cerveza, ú otro líquido espumoso, como agua de Seltz, limonada gaseosa, vino de Champaña, etc., el tapon salta con ímpetu y el líquido se derrama en parte á causa de la tension de los gases que contenia el líquido. El gas contenido en los líquidos espumosos, es el ácido carbónico en ellos introducido por medio de un aparato muy sencillo llamado bomba de compresion. Este aparato consiste en un cuerpo de bomba de metal, semejante á una geringa provisto de un piston sin válvula. En la parte superior y lateral del cuerpo de bomba, hay un orificio y á la extremidad inferior, una válvula que se abre de arriba abajo. Al levantar el piston se forma debajo de él un vacío que es llenado instantáneamente por el aire, cuando el piston há llegado á la parte superior del orificio; al bajar el piston, comprime el aire del cuerpo de bomba, abre la válvula y pasa en el recipiente.

La presion que el vapor ejerce en las paredes de los vasos que le contienen es de un kilogramo treinta y tres centigramos, por cada centímetro cuadrado; pero el vapor encerrado dentro la caldera de una máquina de vapor ú otro aparato autoclave, aumenta á medida que su-

be la temperatura. El agua segun sea su temperatura ejerce diferente presion sobre el mercurio y por este medio se ha calculado la tension que tiene convertida en vapor y se ha hallado que á cien grados, ejerce una presion igual á 76 centímetros ó sea una admósfera; es decir, que á dicha temperatura la tension del vapor y la presion admosférica se equilibran; cuando el agua llega á la temperatura de ciento veinte grados, adquiere la tension de dos admósferas, equivalentes á una presion de dos kilogramos por centímetro cuadrado sobre las paredes del vaso. A ciento ochenta grados la presion es de diez kilogramos ó diez admósferas.

Ebullicion.—Cuando un líquido pasa de un modo rápido y tumultuoso al estado de vapor, formando pequeñas burbujas en todos los puntos de la masa líquida, se dice que el líquido está en ebullicion. Haciendo calentar el agua en un vaso de vidrio se observarán unas burbujas, debidas al aire que estaba mezclado con el líquido; luego salen de las capas mas calientes burbujas que hallando todavía frias las capas superiores del líquido se condensan sin llegar á la superficie; pero cuando el líquido ha adquirido cierta temperatura, en este caso las burbujas llegan á la superficie, venciendo la fuerza elástica del vapor, la presion admosférica ejercida sobre el líquido y tambien la presion que ejerce la misma masa líquida. Resulta pues, que cuanto mas considerable es el peso del aire, mas debe calentarse el agua ú otro líquido cualquiera antes de hervir. En los puntos elevados, como la capa de aire es menos densa, el agua hierve á una temperatura mas baja, que en las llanuras situadas al nivel del mar. Cuando la presion es igual á la de la admósfera, es decir de 76 centímetros, como se ha dado á conocer al tratar del barómetro, el agua pura hierve á 100°. A una altura de 2,075 metros, el agua entra en ebullicion á 92 grados, como sucede en el hospital del monte San Gothardo, montaña

de los Alpes. En la alquería de Antisana, en América, que es el punto del globo mas elevado que tenga habitantes, el agua hierve á 86 grados. Como la temperatura de un líquido permanece constante durante todo el tiempo de la ebullicion, esto explica satisfactoriamente la imposibilidad que se experimenta en puntos muy elevados para la coccion de ciertos alimentos. Los cambios admosféricos hacen subir ó bajar la columna barométrica, es decir que para una misma localidad, el aire puede ser mas ó menos denso; por cuya circunstancia han experimentado los cocineros, que en ciertos dias las legumbres secas, tardan mas tiempo en cocer. Aunque sin darse razon del fenómeno, saben remediar el mal, echando una cantidad de sal en el agua antes de empezar la ebullicion del líquido. Siendo el agua salada mas densa que el agua pura, la ebullicion no comienza hasta 109 grados. Las materias crasas, combinadas con el agua retardan tambien la ebullicion.

Aumentando la presion del líquido puede retardarse indefinidamente la ebullicion, y esto es lo que se verifica con la olla de *Papino*, que consiste en un vaso de bronce herméticamente cerrado, por medio de una tapadera con tornillos de presion. El vapor que no puede escaparse como en los vasos abiertos, gravita sobre el líquido que se calienta hasta el punto de fundir el cobre.

La marmita de Papino sirve para extraer de los huesos la gelatina llamada alimenticia. Para evitar la explosion que podria ocasionar la demasiada tusion del vapor, la tapadera tiene un orificio cerrado con una válvula.

Haciendo disminuir artificialmente la presion del aire, el agua puede hervir á una temperatura aproximada á la del hielo, consiguiendo reunir á la vez dos efectos; ebullicion y congelacion, que la naturaleza nos presenta en circunstancias ordinarias como muy separados.

Los mercaderes de instrumentos de física, venden un pequeño aparato de vidrio llamado *hervidor de Franklin*, que contiene espíritu de vino. Aplicando el hueco de la mano á una de las esferas, el líquido entra inmediatamente en ebullicion. Este aparato está purgado de aire.

Evaporacion.—Si se secan las calles cuando están mojadas, si se enjuga la ropa que se tiende en las cuerdas, si disminuye lentamente el nivel de un algibe lleno de agua, estos fenómenos son debidos á la evaporacion, ó sea al vapor que se forma á la superficie de un líquido volátil expuesto al aire libre.

Mientras un líquido para entrar en ebullicion bajo una presion determinada requiere una temperatura tambien determinada, el fenómeno de la ebullicion tiene lugar bajo cualquiera presion y temperatura. Sin embargo, puede ser mas ó menos rápida segun sea la elevacion de la temperatura, la sequedad del aire, la extension de la superficie del líquido, ó bien la renovacion rápida de las capas del aire que están en contacto con el líquido.

Cuanto mas elevada es la temperatura, mas abundante es la evaporacion, cosa fácil de notar segun sea el tiempo frio ó caluroso. Para disecar varios productos, se colocan en aposentos que tengan una temperatura de 40, 50 ó 60 grados sostenida por medio de estufas, teniendo cuidado de ir renovando el aire; porque cuando este se halla saturado la evaporacion es nula. La corriente de aire que se dirige sobre un punto que esté mojado favorece la evaporacion; porqué barriendo ó separando continuamente el vapor á medida que se forma, substituye de continuo una capa de aire seco al aire saturado de vapor; por eso despues de haber llovido las calles se secan con mas prontitud cuanto mas ventiladas estén. Echando agua en el suelo ó en una mesa y dirigiendo sobre un punto dado una corriente de aire por medio de un fuelle se seca fácilmente. La

ropa se seca mas fácilmente cuando el aire está agitado, que cuando está el mismo aire en calma.

La evaporacion será tanto mas rápida, cuanto mayor extension presenta la superficie del líquido; de manera que al aire libre, la misma cantidad de agua que ofrezca una superficie triple se evapora en una tercera parte de tiempo. Conviene muchas veces hacer evaporar un líquido, y en tal caso se procura colocarlo en vasos anchos y poco profundos: esto es lo que se practica cuando se trata de extraer la sal que mantiene en disolucion el agua del mar.

Cerrado herméticamente el frasco que contenga un líquido, se detiene por completo la evaporacion; deduciéndose de esto que la presion ejercida por el aire atmosférico sobre todos los líquidos, debe retardar su evaporacion. Para concentrar los jarabes, es decir para quitarles parte del agua que contienen, se cierran en grandes calderas de forma esférica, de las cuales se extrae el aire por medio de una poderosa máquina neumática facilitando de este modo la evaporacion, y por lo tanto la concentracion de los jarabes, segun puede verse en las refinaciones de azúcar.

Como no hay ningun cuerpo por baja que sea su temperatura que esté absolutamente destituido de calor, resulta que el agua á cero grados y hasta convertida en hielo sufre cierta evaporacion.

Cuanto mas se aleja un líquido del punto de ebullicion, tanto mas disminuye su grado de evaporacion en una temperatura dada: por esto el agua salada colocada en condiciones iguales se evapora menos que el agua pura.

El azogue aunque de un modo lento se evapora tambien. Manteniendo suspendida durante diez ó doce dias una moneda de oro encima de un vaso que contenga mercurio, la moneda será blanqueada por el azogue.

Es de suponer que además del hielo todas las cuer-

pos sólidos por duros que estos sean, experimentan cierta evaporacion, extraiendo de ellos el calor pequeños átomos, algunos de los cuales impresionan nuestros sentidos, como sucede con el olor del almizcle del alcanfor, la fragancia de las flores, etc.

Del frio producido por la evaporacion.—Un gramo de vapor de agua formado por ebullicion ó por evaporacion, absorve una cantidad de calor latente capaz de elevar de 4.º la temperatura de 540 gramos de agua líquida; luego habiendo calórico empleado en la evaporacion, esta no puede tener lugar sin causar cierto enfriamiento en los cuerpos. Cuanto mas rápida es la evaporacion tanto mas intenso es el frio. Cubriendo la esferita de un termómetro con un lienzo mojado en el éter, no tarda en notarse un descenso en el termómetro, descenso que llegará hasta unos quince ó veinte grados, si para hacer mas rápida la evaporacion, se sopla sobre él algunos instantes. El éter para evaporarse no solo ha perdido todo el calórico que en sí tenia, sino que lo ha substraído de los cuerpos inmediatos, y particularmente el de la esferita que estaba con él en contacto.

Si se coloca un poco de éter sobre la mano y se agita esta en el aire, para acelerar la evaporacion, se siente un frio muy intenso en el punto mojado por el líquido. Lo que decimos del éter es aplicable á otros muchos líquidos, como por ejemplo el agua, el alcohol, etc. pero el fenómeno se hace mas sensible usando del éter por ser tan sumamente volátil, que echando por una ventana que tenga cierta altura una copa de este líquido, se evaporizará de tal modo que ni una sola gota llegará al suelo.

Tomando un termómetro que esté á la sombra en un dia de verano y pasándolo luego al sol, despues de haber envuelto la esferita con un lienzo mojado con agua, el termómetro marcará una baja mientras dure la evaporacion. Este fenómeno nos explica porque aun colo-

cadadas en parages calientes, pueden mantenerse frescas las bebidas, si se tiene cuidado de envolver con un lienzo mojado los vasos que las contienen y de cuyo arbitrio saben valerse algunas veces los cazadores.

Las alcarrazas y otros vasos porosos, se usan con frecuencia en los países cálidos para refrescar el agua y otras bebidas. El agua ó el líquido que estos vasos contienen traspira á través de los poros y se evapora al llegar á la superficie: como la evaporacion en este caso es continúa, puede conseguirse por este medio que á una temperatura de veinte y cinco grados, el agua baje á diez y siete.

Envolviendo los vasos, que contengan los líquidos que se tratan de refrescar, con un lienzo empapado en éter, si la capacidad del vaso fuese pequeña, podria llegarse á la congelacion del agua.

Al evaporarse la capa líquida que queda adherida á la piel cuando salimos del baño, explica la sensacion de frio que en tal caso experimentamos: el frio se hará mas sensible, si la evaporacion se verifica al aire libre ó si hace viento; porque el aire facilita como queda dicho la evaporacion, y por eso usan los abanicos las señoras.

Con lo que llevamos dicho referente á la evaporacion se comprenderá porque se riegan las habitaciones y las calles en verano, porque generalmente la lluvia es seguida de una baja temperatura, y en fin porque buscamos con diligencia durante la estacion calurosa, los prados cortados por las aguas, las orillas de los riachuelos y los bosques sombríos, cuyo suelo esté un poco húmedo.

En una misma latitud y en una misma altura puede el termómetro colocado en la orilla del mar señalar treinta grados y subir á cincuenta y dos en otros puntos.

Concluiremos con el enfriamiento producido por la evaporacion, haciendo mencion de un fenómeno que á

primera vista se presenta bastante raro. Observando un termómetro colocado de modo que reciba los primeros rayos solares, se nota que el azogue baja en lugar de subir; esto es dimanado de la evaporacion que sufre la capa imperceptible de rocío de que estaba cubierto.

Condensacion.—La condensacion ó licuefaccion es el regreso de los vapores al estado líquido. Las principales causas de este fenómeno son la compresion y el enfriamiento. Comprimiendo con un piston que funcione dentro un cilindro, el vapor contenido dentro de un vaso cerrado herméticamente se va condensando hasta licuarse. Al tratar de la higrometría hablaremos detalladamente de la condensacion de los vapores por enfriamiento.

Los vapores al condensarse restituyen todo el calor latente que habian absorbido para formarse, y hemos dicho ya que un gramo de agua en estado de vapor era capaz para aumentar de 0° á 1° una cantidad de 540 gramos de agua.

La propiedad de restituir los vapores su calórico latente se ha utilizado para calentar el agua, las habitaciones, los invernáculos, etc., valiéndose al efecto de una caldera, donde se produce el vapor y un sistema de tubos en los cuales circula este vapor, en los cuales se condensa abandonando su calor latente.

Destilacion.—La destilacion de un uso frecuente en la industria, consiste á vaporizar por medio del calor, para hacerlos volver luego al estado líquido por enfriamiento; el principal objeto de la destilacion consiste en separar un líquido volátil de las sustancias que tiene en disolucion, ó en separar dos líquidos de volatilidad diferente. Por medio de la destilacion se fabrica el aguardiente, que se obtiene calentando el vino contenido en un alambique. Como el espíritu de vino hierve á los 78 grados, se evapora abandonando partedel agua que no hierve hasta los 100 grados en la caldera. El vapor

pasa á través de unos tubos inmergidos en el agua, y condensándose por enfriamiento. Por medio de la destilacion es como se obtienen varios aceites esenciales, pero una de las aplicaciones mas útiles de la destilacion es convertir el agua del mar en agua potable.

Aplicaciones del vapor.—Son tan generalizadas las aplicaciones del vapor como fuerza motriz, que difícilmente se hallará quien no haya experimentado los efectos de tan formidable potencia, al contemplar como un buque de vapor avanza sin necesidad de velas á través de vientos y corrientes contrarias; á la locomotora arrastrando sobre los rails de los ferro-carriles wagoes cargados de mercancías y de pasajeros; ó las máquinas empleadas en las artes. Puede decirse que el vapor por sus muchas aplicaciones, es el agente principal de la industria moderna, y de ahí la necesidad hasta cierto punto de conocer el mecanismo por medio del cual se operan tan sorprendentes resultados.

Máquinas de vapor.—Conocida la fuerza de tension que tienen los vapores cuando se les mantiene en un espacio cerrado, servirá para comprender el uso del vapor como fuerza motriz. Supongamos que se trata de poner en movimiento el émbolo de una bomba haciéndola subir y bajar en el cuerpo de bomba por medio de un sencillo mecanismo que consiste en una palanca movable al rededor de su centro, y que en una de sus extremidades tiene arrollada una cadena á la cual se ata el vástago del émbolo. Si se coloca de un modo semejante una cadena á la otra extremidad de la palanca, se concibe fácilmente que el émbolo subirá como subiria el platillo de una balanza que contuviera ciertas pesas si se ejercia cierta presion en el otro platillo. Es evidente que cesando la presion bajará el platillo que contiene las pesas del mismo modo que abandonado á sí mismo bajaria al fondo del cuerpo de bomba el émbolo, suponiéndolo bastante pesado. Ahora bien; si se adapta á

una caldera, que contenga agua en ebullicion, un tubo que ponga en comunicacion el vapor de la caldera con el cuerpo de bomba, es evidente que al llegar el vapor á la parte interior del cilindro, debajo del piston, obligará dicho vapor en virtud de su fuerza expansiva á que el piston suba á la parte superior del cuerpo de bomba. Si no solo se impide la acumulacion del vapor á la parte inferior del piston, sino que se da salida al que contiene el cilindro, el émbolo podria en virtud de su propio peso bajar otra vez al fondo del cilindro; pero suponiendo que no desciende, es decir, que permanece á la parte superior del cuerpo de bomba; en este caso abriendo la llave de un segundo tubo que se halla tambien en comunicacion con la caldera, el vapor al llegar á la parte superior del piston ejercerá una presion de arriba abajo que obligará el piston á bajar hasta la parte inferior del cuerpo de bomba. Acumulando alternativamente vapor á la parte superior é inferior del piston, se tendrá un movimiento continuado de subida y bajada. Ya se comprenderá facilmente que la accion continuada del vapor, imprimiendo un movimiento continuado, este podrá comunicarlo á un volante que á su vez lo transmitirá por medio de poleas ó correas á una infinidad de máquinas.

Las máquinas pueden ser fijas ó móviles, de simple ó doble efecto, con condensador ó sin él y segun la fuerza del vapor se dividen en máquinas de baja, de mediana y de alta presion.

Las máquinas empleadas en la fabricacion se llaman fijas, porque sin cambiar de lugar ponen en movimiento un mecanismo cualquiera. Las máquinas que sirven para recorrer los caminos de hierro ó para hacer andar un buque de vapor se llaman móviles.

Cuando el vapor obra solamente sobre una de las caras del cilindro, se llama de simple efecto; pero si el vapor obra alternativamente sobre las dos caras

del cilindro, se llama de doble efecto.

Una máquina se llama sin condensador, cuando una vez utilizado el vapor, este se escapa en el aire; y por el contrario se dice que una máquina tiene condensador cuando el vapor una vez utilizado pasa á un receptáculo de agua fría, donde se condensa; lo que produce una economía de trabajo y combustible.

Se llama de baja presión una máquina, cuando la tensión del vapor no pasa de una atmósfera $\frac{1}{4}$; de media presión, cuando la tensión del vapor se halla comprendida entre una atmósfera $\frac{1}{4}$ y 4 atmósferas; cuando la tensión del vapor es superior á 4 atmósferas se llama de alta presión.

Como la fuerza de dilatación del vapor llevada á un punto extremo podría ocasionar graves accidentes, á fin de evitarlos se han buscado varios medios entre los cuales figura la válvula de seguridad, que consiste en un cono truncado que cierra una abertura practicada en la caldera y ejerce mas ó menos resistencia, según el peso que se coloca en el brazo de una palanca semejante á una romana. El *silvato de alarma* es otro aparato de seguridad y sirve para indicar cuando el nivel del agua se halla demasiado bajo en la caldera; el *manómetro* que es una especie de barómetro de sifon; cuyo brazo mas corto tiene una cubeta que se halla en comunicacion con el vapor de la caldera, por medio de un tubo de metal; la extremidad superior del brazo largo está abierto y la presión atmosférica gravita sobre el mercurio. Cuando la tensión del vapor de la caldera es igual á la presión atmosférica, el nivel del mercurio es igual el de la cubeta con el del tubo; pues si á partir de este nivel el mercurio sube 76 centímetros, será evidente que la tensión del vapor en la caldera será de dos atmósferas; porque ya se sabe que una columna de mercurio de 76 centímetros representa una presión igual á la de una atmósfera; si el mercurio

rio se eleva en el brazo del manómetro á dos veces 76 centímetros la tension del vapor será de 3 atmósferas.

La fuerza de las máquinas de vapor se mide por caballos. Se llama fuerza de un caballo, á una fuerza capaz de elevar de un modo continuo 75 kilogramos á un metro de altura por cada segundo de tiempo. La fuerza de un caballo-vapor se calcula doble de la de un caballo de tiro ordinario.

Se ha calculado que una máquina de alta presion consume tres kilogramos de hulla por hora y que las de baja presion consumen cuatro kilogramos, para producir la fuerza de un caballo-vapor ; así una máquina que consume cuarenta kilogramos de hulla en una hora, representa una fuerza de diez caballos.

Higrometria.

Se llama higrometria, á la observacion de los fenómenos producidos por la humedad. Cuando un cuerpo cualquiera, despues de haber permanecido mas ó menos tiempo en el agua se halla bien embebido de líquido, hasta el punto de no poder contener mas, se dice que está saturado ; la palabra saturacion se aplica tambien al agua cuando contiene tanta cantidad de sales como puede disolver. Dos cuerpos húmedos al hallarse en contacto, el que esté mas cercano al punto de saturacion cede al otro humedad hasta alejarse ambos igualmente de dicho punto. Esta propiedad de los cuerpos nos ha dado el medio de conocer si son mas ó menos húmedos. Los cuerpos que al absorver la humedad del aire, cambian de forma, de peso, ó de volúmen, se llaman cuerpos higrométricos ; generalmente la humedad alarga los cuerpos y decimos generalmente, porque sucede un

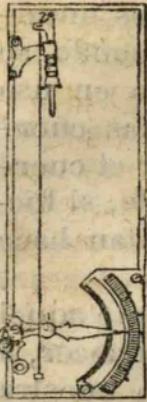
efecto contrario con las cuerdas segun lo hemos anunciado ya; y cuya propiedad de acortarse cuando se introduce en su interior el agua, ha sido puesta en uso para levantar pesos considerables. Sujetando las cuerdas en un punto hácia el cual se quiere dirijir el cuerpo y poniéndolas lo mas tirantes que sea posible, si luego se mojan, el encojimiento que experimentan hace que el cuerpo sea arrastrado.

De todos los cuerpos, el aire es seguramente aquel cuyos grados de humedad, mas nos importa conocer, á causa de la gran influencia que ejerce sobre nuestra organizacion.

Higrómetro. El higrómetro es un aparato que sirve para apreciar la humedad del aire y su construccion está basada en la propiedad que tienen algunos cuerpos de alargarse á medida que van saturándose de humedad y de disminuir cuando emiten el vapor absorbido.

Higrómetro de cabello. Entre los varios cuerpos que pueden emplearse para la formacion de un higrómetro, se escoge ordinariamente un cabello, al que se tiene cuidado de quitarle la grasa que le privaría de la accion de la humedad.

Para la preparacion del cabello, se hace hervir primeramente en el agua que contenga un centésimo de su peso de sulfato de sosa y se lava luego en agua pura, pero hirviendo, para privarle de la materia crasa. Una vez desengrasado, se fija el cabello por su parte superior á una palanquilla y por el otro extremo se enrosca á un pequeño cilindro movible. Sobre el mismo cilindro ó polea de doble garganta se enrolla, en sentido contrario al cabello, un hilo de seda, que lleva un peso de dos ó tres granos á fin de mantener tirante el cabello. En el eje de la polea está fija una aguja que da vueltas con ella y se mueve recorriendo las divisiones de un cuadrante á medida que se acorta ó se alarga el cabello; segunse aproxime ó se separe de su punto de sa-



turación. Para el higrómetro lo mismo que para el termómetro se buscan dos puntos fijos y consisten en una sequedad extrema y en la saturación de la humedad. El primero de dichos puntos se halla colocando el hetro debajo igróm de una campana en la cual se introducen sustancias propias para sacar el aire, escogiéndose con preferencia la cal. El cabello en este caso se va acortando hasta que la aguja queda estacionaria y este es el punto de sequedad extrema. Para obtener el punto de humedad extrema, se coloca el higrómetro debajo de una campana cuyas paredes interior esten mojadas; el cabello absorve la humedad y se va alargando segun lo indica la aguja hasta que permanece estacionaria y este será el punto de saturación de humedad. Se señala 0° en el primer punto y 100.° en el segundo y se divide el arco del cuadrante comprendido entre dichos puntos en 100 partes iguales y quedan de este modo señalados los grados del higrómetro.

Los individuos cuyos cabellos se rizan naturalmente, experimentan que esta propiedad aumenta algun tiempo despues de haberse mojado la cabeza, efecto sin duda de que la humedad al retirarse separa una pequeña cantidad de la sustancia crasa que contienen los cabellos. El peinado de las señoras se descompone en un dia lluvioso á causa de la propiedad que tienen los cabellos de alargarse por efecto de la humedad.

De algunos higrómetros menos perfectos.

El higrómetro de cabello llamado de Saussurre, ha merecido la preferencia de los físicos entre los muchos que se han construido mas ó menos perfectos, utilizando cualquiera de las sustancias que tienen la propiedad de absorver la humedad del aire; como por ejemplo la sal

marina y otras llamadas por esta razon deliquecentes; despues de la sal, el azúcar es el que tiene en mas alto grado la propiedad de pasar del estado sólido al estado líquido por medio de la humedad. El ácido sulfúrico es susceptible de adquirir un peso triple ó cuádruplo colocado en el aire húmedo. Poniendo en el platillo de una balanza uno de estos cuerpos higrométricos, equilibrando el otro platillo con un pequeño peso, es evidente que segun el grado de humedad, se inclinará á uno ú otro lado el platillo que contiene el cuerpo higrométrico; señalando los grados en un cuadrante por medio de una aguja colocada en el fiel, se tendrá un higrómetro que señalará aunque de un modo poco uniforme los grados de humedad. Uno de los higrómetros mas comunes despues del de Soussurre, tiene generalmente la figura de un capuchino, cuya cabeza está provista de un capuchon que se mueve segun se tuerce ó destuerce, por efecto de la humedad, una cuerda de tripa.

El higrómetro no sirve para darnos á conocer la cantidad absoluta de humedad contenida en la atmósfera; pero con dicho instrumento podemos apreciar si el aire que respiramos se halla mas ó menos próximo al grado de saturacion; cosa que nos importa conocer muchas veces, porque cuando respiramos un aire en extremo seco, la traspiracion cutánea es demasiado abundante, la piel se agrieta y experimentamos cierto mal estar. Por esto cuando en invierno se calienta un aposento con las estufas, se coloca sobre ellas un vaso con agua á fin de evitar la excesiva sequedad del aire, aunque la cantidad de vapor fuese la misma. A pesar de que en verano la atmósfera contiene mas vapor de agua que en invierno, eso no obstante en la última estacion el aire es mas húmedo; corroborando lo que hemos dicho anteriormente que el higrómetro nos indicaba no la cantidad de vapor contenido en la atmósfera y si su mayor ó menor proximidad al estado de saturacion. Cuando

el aire es demasiado húmedo, cesa la traspiracion cutánea, resultando una perturbacion que puede ocasionar graves accidentes.

El aire conserva generalmente un término medio entre la humedad y sequedad extrema y Saussurre afirma que jamás ha observado el higrómetro mas bajo de 40° , ni aun en las mas elevadas montañas donde domina la mayor sequedad. Gay-Lusac, en su célebre ascencion aereostática observó, al llegar á una region superior de la en que viven los hombres y los animales, que el aire contenia solamente una octava parte de la humedad necesaria para saturarlo.

Algunos animales son muy sensibles á la accion de la humedad y á falta de verdaderos higrómetros hay quien predice la lluvia cuando los pavos se sacuden las plumas, ó los gatos pasean una de sus patas sobre su cabeza al intento de quitarse la humedad que los molesta.

Nubes, nieblas, lluvia, rocío.

El enfriamiento no obliga á los vapores á pasar al estado líquido hasta que se hallan al estado de saturacion; en cuyo caso basta que un pequeño descenso en la temperatura tenga lugar, para que los vapores pierdan por enfriamiento parte de su fluidez y se depositen sobre los cuerpos que los rodean, ó fluctuen en el aire en forma de gotas sumamente pequeñas. Suponiendo que una masa de aire á la temperatura de 48° se halla saturada de vapor, es fácil deducir que si de repente baja la temperatura á 40° , dicha masa de aire no pudiendo sostener en estado de vapor todo el agua que contenia á 48° , una parte de dicha agua volverá al estado líquido; cuyo fenómeno ú otros basados en este principio, experimentamos todos los dias. Durante la estacion de invierno notamos con frecuencia, que el agua se reúne en los

vidrios de un aposento cuya temperatura es mucho mas elevada que el aire exterior ó sea el de la calle. Las capas de aire del aposento al hallarse en contacto con los vidrios, abandonan una parte del vapor de agua que contienen y se deposita en pequeñas gotitas que podrán llegar á conjelarse, presentando numerosos ramificaciones, si el frio exterior se hallase algunos grados bajo cero. La humedad no se deposita solamente sobre los cristales, sino sobre todos los cuerpos propios para enfriar el aire; por ejemplo el mármol y las paredes. Como el aire calentado saca los vapores de los líquidos personas y animales encerrados en un aposento, es evidente que el fenómeno será tanto mas notable, cuanto mas numerosa sea la reunion; segun se observa en una sala de baile, un teatro etc. Si el aposento permanece largo tiempo en una temperatura elevada, hasta el punto de calentar suficientemente el hierro, los mármoles y las paredes, estos cuerpos cesan de cubrirse de humedad. Por una razon análoga, cuando se verifica el deshielo, se deposita en las paredes interiores de las casas cierta humedad. Como el deshielo tiene lugar cuando el aire sufre una elevacion mas ó menos brusca de temperatura, hallándose además muy cargado de humedad, el vapor en él contenido se condensa al ponerse en contacto con los cuerpos que no han sufrido igual aumento de calor. Un efecto parecido acaece con una botella que en verano se saca de una cueva, ó que se llena de agua fria; se forma en su superficie una especie de rocío debido al vapor del aire caliente que el frio del vidrio condensa.

Seria hasta impropio el dar á una nube el nombre de vapor, porque el vapor es del todo trasparente y por eso no vemos en verano el que sale de nuestros pulmones; pero si el vapor se convierte en agua, debido al enfriamiento, en este caso se hace visible formando una especie de nube; segun se observa en ciertos dias de invierno

en los cuales se ve salir un vaho de nuestras bocas.

Nubes y nieblas, su formacion. La condensacion por enfriamiento de los vapores atmosféricos da lugar á la formacion de las nubes. Exponiendo á los rayos del sol un vaso lleno de agua muy caliente que tenga mezclada una poca de tinta para darle un color negro, se observará que sale del líquido un humo que va desapareciendo gradualmente á medida que se va elevando. Este humo está formado por pequeños globulillos huecos parecidos á las bolas de jabon, que como estas tienen la figura de una esfera, á causa de la igualdad de presion que el aire ejerce en todos los puntos de su superficie.

El aire es un inmenso receptáculo de vapor de agua que el calor del sol eleva constantemente de los mares y de los continentes. Ahora bien, si por una causa cualquiera esos vapores ó vejiguillas sufren un enfriamiento, turbarán la trasparencia del aire y se harán visibles; como sucede al vapor de agua contenido dentro de un cuarto al ponerse en contacto con los cristales, ó las paredes que estén en las condiciones que hemos manifestado ya. Como el vapor de agua elevándose en la atmósfera va encontrando capas de aire cada vez mas frias, sufre una condensacion y acumulándose, nos presenta esas masas llamadas nubes. No falta quien supone que las nubes están formadas por unas gotas pequeñísimas de agua, y no por esferitas huecas, las cuales se sostienen en el aire como el polvo ligero que el viento empuja en varias direcciones.

Las nieblas, son verdaderas nubes que se forman cuando el aire caliente muy saturado de vapor experimenta una baja de temperatura que permite la condensacion de una parte del vapor que contiene, turbando así la trasparencia del aire; como hemos dicho sucede con el aliento que sale de nuestra boca en los dias frios de invierno. Generalmente aparecen las nieblas en las

llanuras bajas y húmedas, ó encima los rios, lagos , estanques , etc., siempre que la temperatura del aire es mas fria que la del agua. Hay nieblas llamadas secas porque cuando se coloca en medio de ellas un higrómetro , este aparato señala sequedad. Estas nieblas cuyo origen es completamente desconocido, despiden comunmente un mal olor , que segun el parecer de hombres científicos puede ser perjudicial á la salud.

Lluvia. Cuando la temperatura del aire en que se halla una nube, es agitado con fuerza, ó la temperatura baja , los vapores condensados por enfriamiento ó por agitacion, se reunen formando gotas que cuando llegan á ser específicamente mas pesadas que el aire caen y forman la lluvia. Muchas veces la lluvia es producida por el encuentro de dos nubes de diferente temperatura saturados ambas de humedad. Acontece tambien con frecuencia que la lluvia es ocasionada por la condensacion rápida que sufren los vapores en las altas regiones de la atmósfera.

Cuanto mas activa es la evaporacion, tanto mayor es en general la cantidad de lluvia que cae en un país, por eso en verano es mas abundante que en invierno; pero si esto nos parece contradictorio, sin una observacion detenida, es porque casi siempre en verano las grandes lluvias caen en chubascos y en invierno aunque mas generales, son menos abundantes.

Se atribuye á la destruccion de muchos bosques la disminucion gradual de lluvia que se viene experimentando cada año segun observaciones practicadas desde el año 1700.

La atmósfera puede mantener, en suspension sustancias extrañas que podrán ser arrastradas por el agua al acto de caer y dar cierto color á este líquido, ocasionando las pretendidas lluvias de sangre, ceniza, azufre, etc.

Rocío. Se designa bajo el nombre de rocío á las pe-

queñas gotas de agua que se depositan sobre las plantas y otros cuerpos. Este fenómeno, que generalmente se produce en las estaciones de otoño y primavera, cuando las noches son calmas y serenas, es debido al enfriamiento que durante la noche experimentan los cuerpos á causa de su radiacion. Ya sabemos que el aire al ponerse en contacto con un cuerpo mas frio, abandona una porcion del agua que contiene y se deposita sobre ellos en forma de pequeñas gotas. Como no todos los cuerpos tienen igual poder emisor, resultan diferencias muy notables sobre la cantidad de rocío que notamos en su superficie, llegando á ser nulo para los metales; mientras sucede lo contrario con las plantas, el vidrio, la tierra cuya radiacion es mucho mayor.

Cuando el tiempo está nublado no hay rocío, porque las nubes radian hácia la tierra y envian á las plantas parte del calórico que de ellas han recibido. Es por esta causa que las plantas que se crían debajo la copa de los árboles no se cubren de rocío.

Cuando el viento sopla con violencia tampoco hay rocío, porque las capas de aire, en contacto con los cuerpos, renovadas con frecuencia, no tienen el tiempo de enfriarse; ó bien porque facilitan la evaporacion de la humedad depositada sobre las plantas.

Sereno. Es una lluvia muy fina que cae en verano despues de puesto el sol, sin que se aperciba en la atmósfera ninguna nube. La disminucion de temperatura que se nota despues de puesto el sol, hace que una porcion de vapor, en él contenido, se condense y se precipite en forma de pequeñas gotas.

Escarcha. Si el rocío depositado sobre las plantas ú otros cuerpos sufre una baja de temperatura hasta 0° se conjelará y á este rocío conjelado se llama *escarcha*.

Verglas. Se designa bajo el nombre de verglas (ó agua nieve), á una capa de hielo unida, delgada y trasparente que cubre la superficie del suelo. El ver-

glas se produce generalmente en invierno, siempre que el aire es bastante caliente para dar origen á la lluvia y al mismo tiempo el suelo bastante frio para conjelar el agua á medida que cae.

Nieve. El agua no cae siempre de la admósfera, en estado líquido; á veces el vapor de agua, se supone que sufre en las regiones superiores, un cambio brusco de temperatura y forma la nieve ó el granizo. Los copos de nieve cuando llegan al suelo, si el aire está tranquilo, se presentan ordinariamente bajo la forma de una estrella de siete radios; pero cuando la admósfera está agitada, los copos se presentan bajo una forma irregular; lo que induce á creer que la figura de estrellas que toma la nieve, no tiene su formacion completa en las regiones superiores, y si que es debida á su descenso.

Granizo. Los fisicos están discordes sobre las causas que determinan este fenómeno; pero es de suponer que su origen es análogo al de la nieve ó sea el resultado de la congelacion del agua contenida en la atmósfera, en masas muy considerables. El granizo se presenta bajo una forma redondeada y algunas veces con concavidades y partes angulares: irregularidades debidas seguramente al agrupamiento de moléculas acuosas que se han ido congelando, á una especie de núcleo que sirve de punto céntrico.

La caída del granizo presenta fenómenos muy notables y precede ordinariamente á las lluvias de tempestad; lo que ha inducido á creer que la electricidad tiene mucha parte en la formacion de este fenómeno. El granizo cae durante poco tiempo, con frecuencia por espacio de algunos minutos; pero este corto espacio de tiempo es suficiente para ocasionar graves desastres, particularmente á la agricultura, destruyendo en un instante mieses y frutos. Aunque por lo comun su tamaño es el de una pequeña avellana, esto no obstante llega á adquirir algunas veces un volúmen de mas de

diez centímetros de circunferencia. Otro fenómeno que precede á la caída del granizo es un zumbido particular que se oye en la atmósfera, comparado al ruido que haria un saco de mueces agitado con violencia.

LOS VIENTOS.

El viento es el aire puesto en movimiento. La formación de los vientos depende de varias causas, sobre las cuales no hay mas que nociones generales; insuficientes en la mayoría de los casos para explicar detalladamente los fenómenos que le son peculiares. Existen sin embargo algunas de dichas causas, de las cuales podemos formarnos una idea bastante exacta.

Cuando en invierno nos hallamos en un aposento bien cerrado y calentado por una estufa, se oye un zumbido ocasionado por el aire que se introduce por las rendijas de la puerta ó de las ventanas. Este fenómeno es debido á que el aire contenido en el tubo ó chimenea de la estufa, una vez calentado se hace mas ligero y sube con rapidez, pasando inmediatamente á ocupar el lugar que aquel ha abandonado, el aire del aposento que se precipita en la chimenea por la boca de la estufa estableciendo una corriente de fuera á dentro. El aire del cuarto es á su vez reemplazado por el aire exterior que penetra, segun hemos dicho, por las rendijas de la puerta y ventanas. Esto nos explica de un modo satisfactorio como los vientos pueden propagarse por impulsión y por absorción. Supongamos por un momento que no hay fuego en la estufa y que el aire se halle en reposo en el aposento, en este caso no se establecerá corriente: pero luego que el aire de la chimenea esté enrarecido por el fuego, abservará las capas inmediatas que serán luego reemplazadas por otras, hasta llegar á las contiguas á la puerta. Es así como se forman los vientos por aspiración. El aire aspirado por la chime-

nea saldrá de ella con mas ó menos impetu y obrará sobre las capas exteriores de aire por impulsión. Ahora bien, cuando en la atmósfera una masa de aire se calienta mas que otras inmediatas, se dilata, se eleva en las regiones superiores de la atmósfera, sigue luego una direccion lateral obrando de este modo por impulsión. El aire dilatado es á su vez reemplazado por otro mas frio que acude de los puntos inmediatos; resultando por esta causa vientos por absorcion y de direccion contraria á los primeros. Este último modo de obrar de los vientos no es tan raro como parece, habiéndose practicado sobre este particular observaciones que no dejan lugar á la duda. Un físico llamado Wargentín, ha observado que cuando el viento en el norte de Europa empieza á soplar del Oeste, se siente en Moscou antes que en Abo, aunque esta última ciudad se halla situada trescientas leguas mas hácia el Occidente que Moscou; sopla en la Filandia antes de sentirse en Suecia.

Entre las varias causas que producen los vientos, es tal vez una de las mas poderosas, la condensacion de los vapores para resolverse en lluvia, ocasionando un vacío que no puede tener efecto sin agitar fuertemente las capas atmosféricas inmediatas al lugar donde el fenómeno se efectua.

Lo que llevamos dicho sobre la formacion de los vientos por la dilatacion del aire, explica las brisas que reinan sobre las costas del mar. Durante el dia siendo la tierra mas calentada que el agua por la accion del sol, el aire sopla de mar á tierra.

Lo contrario tiene lugar durante la noche: la tierra enfriándose mas que el agua, el aire sopla de tierra al mar. Este doble movimiento del aire sobre las costas, hace que en latitudes iguales las comarcas vecinas á los mares experimenten inviernos menos frios y veranos menos calurosos, que los países situados al interior de las tierras.

En los lugares del grande Océano, próximos al Ecuador, soplan unos vientos constantes de levante á poniente llamados *vientos aliseos*, que parece son ocasionados por el fuerte calor del sol y por el movimiento de rotacion de la tierra sobre sí misma. En los mares que bañan los paises calientes, los vientos soplan seis meses en una direccion y otros seis meses en direccion contraria: estos vientos se llaman *monzones*.

A partir de la zona tórrida los vientos van siendo cada vez mas variables; hasta que al llegar á los mares glaciales, se ve con frecuencia que el viento sopla á la vez de varios puntos del horizonte.

El viento puede adquirir una velocidad de 130 á 180 kilómetros por hora y en este caso toma el nombre de huracan. En las regiones del Ecuador los huracanes tienen una violencia tal, que difícilmente podemos formarnos una idea los habitantes de los climas templados; bastará el saber que, la violencia del huracan que devastó la Guadalupe en 25 de julio de 1825 arrancó de sus cureñas 3 cañones de á 24 y los hizo correr hasta dar contra el espaldon de la batería.

El *simoun* que sopla en el interior del Africa, arrastra turbillones de arena fina, llegando á formar olas que llegan á tener 6 metros de altura en los desiertos de Sahara. Algunos suponen que este viento de Africa se deja sentir en Italia conocido con el nombre de *sirocco*.

Los vientos son una de los principales manantiales de salubridad y sin ellos muchos lugares del globo serian inhabitables. Sin los vientos no se sostendria la fertilidad de la tierra; las nubes no serian trasportadas de un lugar á otro; el aire viciado de las ciudades no se renovaria y una parte del globo sin riachuelos ni rios, permaneceria en una completa esterilidad.

De las trombas ó mangas.—Las trombas son una masa de vapores semejantes á una nube densa que gira sobre si misma á impulsos del viento, desciende en pun-

ta hacia las partes bajas de la atmósfera, de modo que forma una especie de cono cuyo vértice está en la parte inferior y la base se apoya en la nube. Los torbellinos de aire, que levanta sobre las carreteras el polvo en nubes, girando sobre si mismos, pueden darnos en pequeño la idea de una tromba. Los efectos de las trombas son mas terribles que el rayo y los huracanes mas violentos y sobre las cuales no se ha encontrado una explicacion satisfactoria. Se ignora si los fenómenos eléctricos, el rayo y el trueno que acompañan con frecuencia á las trombas, son la causa ó el efecto de este meteoro, que algunas veces arroja lluvia, granizo, piedras, ramas de árboles y otros cuerpos que toma ó arranca de la superficie de la tierra, ocasionando estragos de consideracion hasta el punto de arrancar los árboles mas corpulentos y quitar en un instante los techos á veinte y cinco ó treinta casas, llevando á enormes distancias las tejas ú otros destrozos de los edificios.

Las mangas se han observado mas comunmente sobre el mar que sobre la tierra. Cuando se forman sobre el mar se llaman *trombas marinas* y producen efectos análogos á las de tierra; el agua expuesta á la accion de una tromba, se eleva en columna formando un segundo cono que algunas veces tiene una altura de mas de 300 metros. cuyo vértice llega á ponerse casi en contacto con el de la manga.

Los marinos cuando observan una manga, hacen todos los esfuerzos posibles para separarse de ella, á fin de que el buque no sea arrastrado por tan terrible meteoro.

Presiones y equilibrio de los líquidos.

La parte de la física que tiene por objeto el estudio de las leyes del equilibrio de los líquidos y de las presio-

nes ejercidas por los mismos se llama *hidrostatica*. Lo que caracteriza principalmente á los líquidos es la movilidad en sus moléculas, que les permite tomar la forma de los vasos en que están contenidos. Los líquidos están sujetos á la pesantez y pueden experimentar varias presiones además de la presión atmosférica.

Los líquidos están sometidos á un principio de igualdad de presión, es decir que se transmiten igualmente en todos sentidos las presiones que se ejercen en un punto cualquiera de su masa ó de su superficie. En las presiones verticales que sufren los líquidos de arriba abajo, hay un principio, al parecer tan extraordinario, que se designa bajo el nombre de paradoja hidrostática; consiste en que la presión de arriba abajo que un líquido ejerce sobre el fondo de un vaso, no está como parece natural, en relación con la masa total de líquido que el vaso contiene, y si depende únicamente de la anchura del fondo del vaso y de la altura á que se eleva el líquido. Para comprender mas fácilmente el poderoso efecto de las presiones que ejercen de arriba abajo los líquidos, aunque sean en pequeño volumen, mientras estén contenidos en vasos de grande altura, se explica en el hecho siguiente. Se llena de agua un tonel y una vez colocado de pié, se practica al fondo superior un orificio al cual se adapta un tubo de pequeño diámetro; pero que tenga la altura de tres ó cuatro metros. Si se llena de agua el tubo, apesar de la pequeña cantidad que puede contener, revienta el tonel por sufrir el líquido en él contenido igual presión que si el tubo fuera de igual ó mayor diámetro que el del mismo tonel.

Los líquidos no solo ejercen presiones sobre el fondo de los vasos que los contienen, sino que la ejercen tambien sobre las paredes laterales y aun de abajo arriba.

Presiones de abajo arriba. Para demostrar la presión que los líquidos ejercen de abajo arriba, se toma un tubo de vidrio en cuyo extremo inferior se coloca un ob-

turador ó sea un disco tambien de vidrio, el cual tiene un hilo que pasa por el interior del tubo de modo que tirando de dicho hilo quede cerrado el tubo para impedir la entrada al líquido, cuando el tubo se sumerge en el agua. Abandonando luego el hilo, el obturador aunque mas pesado que el líquido, no cae por la presion de abajo arriba que el líquido ejerce en su superficie.

Si se vierte agua en el interior del tubo, el obturador se sostiene hasta que el nivel interior es aproximadamente igual al nivel exterior. A las presiones de abajo arriba se debe que puedan sostener los cuerpos flotantes en la superficie del agua y la violencia con que esta agua penetra en las embarcaciones, cuando se hace una abertura en el fondo de ellas. Para resistir esta clase de presion la quilla de las grandes embarcaciones tiene una construccion particular.

Presiones laterales. Si suponemos un vaso que tenga la forma de un cubo lleno de agua, practicando aberturas á las caras laterales, el agua se escapará por ellas y con tanta mas fuerza, cuanto mayor altura tenga la masa de agua contenida en el vaso y la abertura se halle mas cercana al fondo. Las paredes que retienen las aguas de un estanque, de un canal, etc., ceden muchas veces á la presion lateral del líquido, y una terrible prueba de ello son las víctimas que ocasionó no hace muchos años el pantano de Lorca.

Equilibrio de los líquidos en tubos comunicantes. Cuando los líquidos contenidos en vasos comunicantes son de una misma densidad, el nivel líquido en los tubos, está sobre un mismo plano horizontal; es decir que la superficie del líquido estará á la misma altura. A la tendencia que tienen los líquidos de buscar su nivel, se debe el que los manantiales y fuentes vayan á parar en los rios y estos en los mares; los cuales forman un sistema de tubos comunicantes, donde las aguas estarian en perfecto nivel á no estar agitadas por los vientos, las

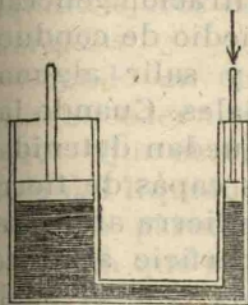
corrientes y las mareas. El nivel de agua del cual se sirven en los trabajos de nivelacion está fundado en este principio.

Cuando los líquidos de diferentes densidades, están contenidos cada uno aisladamente en tubos comunicantes, las alturas de las columnas líquidas que se hallan equilibradas, están en razon inversa de sus densidades. Supongamos que dos tubos en comunicacion contienen líquidos de densidades diferentes; en este caso suponemos que, la densidad de uno de los líquidos es doble de la del otro; para establecer equilibrio, será necesario que la altura del líquido de menor densidad tenga doble altura. Si uno de los tubos contuviera agua y el otro mercurio, siendo el agua aproximadamente $13\frac{1}{2}$ veces menos densa que el mercurio, será preciso que la columna de agua tenga $13\frac{1}{2}$ veces mayor altura que la columna de mercurio para formar equilibrio; así un decimetro de mercurio se equilibra con $13\frac{1}{2}$ decímetros de agua.

Entre las varias aplicaciones que se han hecho de los principios de hidrostática, haremos mencion de algunos cuya importancia es bien conocida.

Prensa hidraulica. Por medio de la prensa hidráulica, que fué inventada por Pascal, un solo hombre puede ejercer presiones considerables. La prensa hidráulica consiste en dos tubos ó cilindros en comunicacion y en los cuales el agua que contienen se halla en un mismo plano horizontal. En cada uno de los cilindros puede moverse un piston que ajusta herméticamente con las paredes interiores del cilindro. El piston del cilindro de mayor diámetro tiene encima una placa metálica muy resistente sobre la cual se colocan los cuerpos que se quieren comprimir. El cilindro de diámetro menor está formado por una bomba que tiene una válvula, la cual se abre de arriba abajo y sirve para dar comunicacion al líquido; en el piston hay otra válvula que se abre tam-

bien de arriba abajo. Cuando por medio de una palanca se levanta el émbolo, se abre la válvula del piston permitiendo la entrada en el cuerpo de bomba de una cantidad de agua contenida en un receptáculo; cuando el piston baja, se cierra la válvula del piston y la presión del líquido contenido en el cuerpo de bomba, abre la válvula que se halla en la parte inferior, y el agua pasa al tubo para llegar al cuerpo de la prensa, ó sea al cilindro de mayor diámetro; ejerciendo allí su esfuerzo contra el émbolo que se ve obligado á subir con el plato comprimiendo á su vez los cuerpos que contiene. Si la base del piston mayor contiene cien veces á la del piston pequeño, en caso de sufrir este la presión de un kilogramo, producirá en el grande una presión de abajo arriba igual á cien kilogramos. Suponiendo que un hombre por medio de la palanca ejerce sobre el piston pequeño un esfuerzo de 200 kilogramos, el émbolo mayor será impelido con una fuerza igual á 200×100 ó sean 20,000 kilogramos.



Conduccion de agua; fuentes. Una masa de líquido con tal que sus diferentes partes tengan continuidad, tendrá su superficie superior á nivel, ya se presenten altos y bajos en su fondo y por irregularidades que presente el vaso que contiene el líquido ó bien que se estrechase en algunos puntos formando ramificaciones ó canales mas ó menos irregulares en diámetro

y en altura; todos estos canales ó conductos que van á parar á un depósito de agua, ó cualquiera otro líquido, pueden ser considerados como un solo vaso, en los cuales el agua se elevará á un mismo nivel. Segun estos principios, para la distribución de aguas en una población, bastará formar ó hallar un depósito que tenga cierta altura y hacerle comunicar por medio de tubos

con los diferentes puntos á donde se trata de conducir el agua. Es evidente que el agua queriendo ponerse en equilibrio, es decir, tomar su nivel, manará por los orificios practicados al efecto.

Surtidores. Suponiendo que el agua al bajar de un depósito por un conducto natural ó artificial halla un obstáculo que la detiene, las moléculas en el punto de su detencion sufren una presion capaz de hacerlas subir á una altura igual á la que tiene el depósito; para esto bastaria el practicar un orificio que les diera salida en la direccion de abajo arriba; pero la resistencia del aire, el roce contra las paredes del tubo y el agua que vuelve á caer del punto mas elevado del surtidor, disminuyen algun tanto la fuerza ascensional del líquido. Como se deja comprender, los surtidores no son mas que una aplicacion de la tendencia que tienen los líquidos de ponerse á nivel.

Pozos artesianos. No toda el agua que cae de la atmósfera corre por la superficie de la tierra; una gran cantidad penetra en el interior, por infiltracion generalmente; pudiendo ser trasportada por medio de conductos subterráneos á distintos puntos y salir algunas veces á la superficie formando manantiales. Cuando las aguas que se hallan debajo de tierra quedan detenidas á cierta profundidad á causa de ciertas capas de tierra impermeables, por ejemplo, capas de tierra arcillosa, para que dichas aguas salgan á la superficie si proceden de puntos elevados, será preciso cavar el suelo hasta atravesar dichas capas impermeables; en cuyo caso el agua saldrá con tanta mayor fuerza, cuanto mayor sea la profundidad á que ha debido llegarse antes de encontrar el agua. Los pozos artesianos reconocen la misma causa y se forman barrenando el terreno hasta que el agua sale á la superficie. En Passy hay uno de estos pozos que tiene 587 metros de profundidad.

Cuerpos inmerjidos en los líquidos.—Peso específico de los cuerpos.—Arcómetros.

Cuerpos inmerjidos en los líquidos. Los cuerpos inmerjidos en los líquidos pierden una parte de su peso igual al peso del volúmen de líquido que desalojan. Para cerciorarnos de que un cuerpo inmerjido en un líquido pierde una parte de su peso, basta suspender un cuerpo cualquier debajo del platillo de una balanza y colocar en el otro platillo las pesas necesarias para establecer equilibrio; si luego se sumerge el cuerpo en un vaso lleno de agua, será necesario para que se establezca equilibrio quitar pesas del platillo que las contiene, y las pesas que se hayan ido quitando nos indicará la cantidad de peso que el cuerpo ha disminuido en la experiencia practicada; disminucion que será igual al peso de un volúmen de líquido igual al volúmen del cuerpo sumergido: la disminucion de peso que experimentan los cuerpos cuando son sumergidos en un líquido, depende de las presiones de abajo-arriba que el líquido ejerce contra la superficie de los cuerpos sumergidos.

Quando un cuerpo está sumergido en un líquido podrán suceder tres casos:

1.º Que el cuerpo sumergido tenga un peso igual al peso del líquido desalojado. En este caso el cuerpo sumergido permanecerá inmóvil cualquiera que sea el punto en que se coloque, suponiendo que el líquido no esté agitado. A esta clase de cuerpos pertenecen entre otros la cera, el ámbar y las resinas en polvo.

2.º Quando el cuerpo sumergido pesa menos que el líquido desalojado, el cuerpo tendrá tendencia á subir á la superficie hasta conseguir el desalojar solamente un volúmen de agua cuyo peso sea igual al suyo. Por eso las maderas en general y otros varios cuerpos flotan á la superficie del agua del mismo modo que flota el mármol y el hierro sobre el mercurio.

3.^o Que el cuerpo sumergido sea mas denso que el líquido. En este caso el cuerpo desciende al fondo del líquido con una fuerza igual á la diferencia entre el peso del cuerpo y la resistencia que opone el líquido con su impulsión de abajo arriba. Así sucede con las piedras y los metales. Sin embargo, los cuerpos por densos que estos sean pueden flotar sobre cualquier líquido, dándoles la forma propia para que el peso del líquido desalojado por la única parte que debe ser sumergida sea igual al peso del cuerpo entero; por esta razon aunque la porcelana tenga en igualdad de volúmen mayor peso que el agua, sobrenada sin embargo sobre este flúido cuando tiene la forma de un plato ó de una sopera. No es otra la causa porque pueden flotar los buques de hierro; el buque se sumerge en parte en el líquido, pero solamente la porcion necesaria para desalojar un volúmen de líquido igual al peso de la embarcacion. Supongamos por un momento un cubo de hierro hueco que tenga de lado dos metros y un peso de mil libras; podemos conocer antes de colocarlo sobre el líquido, que dicho cubo se sumergirá solamente un decímetro, porque teniendo 2 metros de lado ó sean 20 decímetros, la superficie cuadrada de la base será de 400 decímetros cuadrados; para hallar el volúmen de líquido desalojado bastará multiplicar la superficie cuadrada por la altura que tiene la parte sumergida, que en este caso será de un decímetro ó sean 400 litros de agua; ahora bien, cada litro de agua pesa un kilogramo ó dos libras y media catalanas; luego el peso del volúmen del líquido desalojado por el cuerpo, será igual al suyo ó sean mil libras. Ya se entiende que en este caso la inmersión se efectúa en el agua destilada; puesto que en un líquido menos pesado, en el alcohol por ejemplo, el cubo se sumergiria mucho mas y algo menos en el agua salada; por cuya circunstancia los buques tienen menos calado en el agua del mar que en los rios. Un

huevo que en el agua dulce se va al fondo, bastará para hacerle subir á la superficie ir echando sal en el agua.

Los peces suben ó bajan á voluntad por medio de una vejiga, llamada vejiga natatoria, que contraen ó dilatan por un esfuerzo muscular. En el primer caso desalojan menos cantidad de líquido y bajan hacia el fondo; en el segundo caso, dilatándose la vejiga aumentan de volumen, desalojan mayor cantidad de líquido y suben hacia la superficie. Cuando los pescados se sacan del agua perecen; porque los gases interiores faltándoles la presión del líquido, toman cierta expansión, que ocasiona la muerte del animal; lo propio sucedería al hombre si llegaba á faltarle la presión atmosférica.

El cuerpo del hombre es menos pesado que el agua y por lo tanto flota sobre este líquido; si bien tiene que hacer un estudio particular para mantener la cabeza fuera del agua, estudio á que no deben sujetarse los cuadrúpedos y otros animales á causa de la configuración de su cuerpo. En el hombre la cabeza comparado con los miembros inferiores es mucho mas pesada y por lo tanto la que se sumerge primero en las personas que no saben de nadar. Estando el cuerpo del hombre compuesto de partes heterogéneas, tales como los huesos, la carne, los gases, la grasa, etc., es evidente que dos personas de igual peso, nadará mas fácilmente la mas gorda porque desalojará mayor cantidad de líquido. Algunos nadadores cuando principian á aprender de nadar se colocan cinturones de corcho, ó llenos de aire, para aumentar de volumen sin aumentar de peso.

En los gabinetes de Física se halla un aparato por medio del cual se reproducen á voluntad los efectos de inmersión, suspensión ó flotación de un cuerpo sólido. Este aparato consiste en un tubo de cristal que contiene una cantidad de agua y dentro la cual se coloca un pescado de metal hueco, que está suspendido de una esfe-

rita de cristal, la cual tiene en su parte inferior un pequeño orificio para que pueda penetrar ó salir de ella cierta cantidad de agua, segun sea mas ó menos comprimido el aire que contiene. A la parte superior del vaso se halla un cilindro de cobre, con un piston, que puede hacerse subir ó bajar sin esfuerzo. Cuando el piston baja comprime el aire del vaso, cuya presion se trasmite al líquido como igualmente al agua y al aire que contiene la esferita de vidrio. En este caso el aire de la esferita disminuye de volúmen y permite la entrada de una porcion de líquido, cuyo exceso de peso la obliga á bajar al fondo del vaso, juntamente con el objeto que sostiene. Cuando se hace subir el piston, cesa la presion, el aire de esferita aumenta de volúmen, obligando á que salga una cantidad de agua y el cuerpo sumerjido vuelve á subir.

Algunos pescados pueden vivir dentro del mar á grande profundidad, bajo una presion ochenta veces mayor que la que nosotros experimentamos por parte del aire, por hallarse sus cuerpos llenos de líquidos incomprensibles ó capaces de contrarestar la presion exterior, y tambien por la igualdad de presion que sufren todos los puntos de la superficie exterior de su cuerpo.

Si se llena de aire una vejiga y se introduce en el agua á cierta profundidad, la presion del líquido parece, no ejerce en ella ningún efecto sensible, porque la elasticidad del aire que contiene, resiste en virtud de su elasticidad á las fuerzas que le oprimen igualmente en todas direcciones; si la vejiga no estuviese completamente llena de aire no teniendo este la misma elasticidad, que en el caso anterior, la vejiga se notaria comprimida debajo del agua. Esto prueba que en ambos casos, la vejiga experimenta la presion del líquido, y que los efectos de esta presion no son evidentes, cuando dotado de una gran elasticidad el aire es capaz de contrarestar los efectos de esta fuerza. Esto esplica porque un gusano colo-

cado entre una pasta, por mas que esta se apriete entre las manos, no se revienta ni sufre ninguna lesion. La presion apenas se hará sensible al animal por estar repartida de un modo igual en todos los puntos de su cuerpo.

Peso específico de los cuerpos. No todos los cuerpos están dotados de igual peso, porque en igualdad de volúmen unos pesan mas que otros. Se llama peso específico de un cuerpo á la diferencia de peso que tienen los cuerpos bajo un igual volúmen. La unidad de densidad, á la cual se comparan los cuerpos sólidos y líquidos para conocer su peso específico es la densidad del agua destilada tomada á la temperatura de 4.º centígrados. Se dice que la densidad de un cuerpo es igual á 2, 7, 9, 20, etc., cuando comparando el volúmen del cuerpo con otro igual de agua destilada, se halla que el cuerpo pesa 2, 7, 9, 20 veces mas que el líquido. Para hallar el peso de un cuerpo cualquiera, se pesa primero el cuerpo en el aire y luego se vuelve á pesar sumergido dentro el agua destilada y se busca la diferencia entre los dos pesos. Se divide el peso del cuerpo en el aire por esta diferencia, que es igual el peso de agua desalojada por el cuerpo, y el cociente indica la densidad del cuerpo con relacion al agua. Supongamos que un cuerpo pesa 15 kilogramos en el aire, y que una vez sumergido en el agua no pesa mas que 12 kilogramos, es evidente que en el agua ha perdido de su peso 3 kilogramos, que representan el peso de un volúmen de agua igual al peso del cuerpo. Es decir que la diferencia entre el primer peso y el segundo es 3, que está contenido cinco veces en quince, luego diremos que el cuerpo pesa cinco veces mas que el agua en igualdad de volúmen, ó bien que seria necesario un volúmen de agua cinco veces mayor para igualar el peso del cuerpo. La siguiente tabla expresa la densidad de varios cuerpos particularmente de los metales:

(1) Platino.	20,98
Oro fundido.	48,23
Mercurio.	43,38
Plomo.	41,35
Plata.	40,47
Cobre.	8,89
Hierro.	7,78
Acero.	7,76
Estaño.	9,29
Zinc.	7,20
Rubis oriental.	4,28
Topacio oriental.	4,00
Diamante.	3,53
Esmeraldas.	2,77
Perlas.	2,75
Coral.	2,68
Cristal de roca puro.	2,66
Marfil.	4,94
Ambar amarillo.	4,60
Piedra pomez.	0,94
Sal ordinaria.	4,94
Cera.	0,96
Hielo.	0,94
Corcho.	0,24
Agua destilada.	4,00

Peso específico de los líquidos. El procedimiento para encontrar el peso específico de los líquidos es mas sencillo que para hallar el de los cuerpos sólidos. Se toma una frasco bien lleno de agua destilada y se determina su peso. Se llena luego el mismo frasco del líquido cuya densidad se desea conocer, y se busca su peso. El pesode estos líquidos dividido por el peso del agua, dará

(1) El platino es de todos los cuerpos el que tiene mayor gravedad específica, y tiene un precio inferior al oro; pues solo cuesta de diez y seis á veinte y cuatro pesetas la onza. Este metal se encuentra en América y en los montes Ourales en Europa; fué descubierto en 1741.

el peso específico de cada uno de ellos. Supongamos que en una de estas operaciones el peso del agua contenida en el frasco sea de 42 onzas, y que el peso de un igual volumen de otro cualquiera sea de 44 onzas; partiendo 44 por 42 y resultará por cociente 0,94, número que expresa el peso específico del aceite con relacion al agua. Ya se deja comprender que en todas estas operaciones no debe incluirse el peso del frasco.

Peso específico de los gases. Todos los gases tienen un peso que puede apreciarse de un modo análogo al descrito para hallar el peso específico de los líquidos; pero la unidad de medida en este caso es el aire cuyo peso es 770 veces menor que el del agua y en lugar de un frasco se toma un globo de cristal que se llena del gas cuya densidad se desea conocer, y una vez conocido su peso, este se divide por el peso de un volumen igual de aire.

Quando se trata de hallar la gravedad específica de un cuerpo que se disuelve en el agua, como por ejemplo el azúcar y diversas sales es necesario buscar su peso en un líquido en que no se devuelvan y conociendo la gravedad de este líquido será fácil hallar el resultado que se desea obtener.

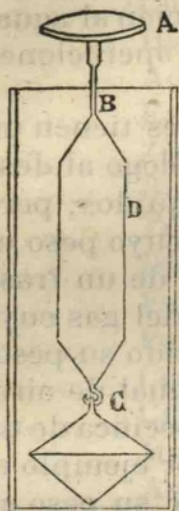
Areómetros. Hemos dicho ya que un cuerpo flotante se hunde tanto mas cuanto el líquido sobre que se halla es mas ligero que él y en este principio descansa la construcción de los areómetros.

Los areómetros pueden ser de volumen constante, es decir que siempre se hacen sumergir hasta un punto dado en todos los líquidos, ó bien de peso constante en cuyo caso la inmersión es mayor ó menor segun sean los líquidos mas ó menos densos.

Entre los areómetros de volumen constante, haremos mención del areómetro de Nicholson que sirve para determinar el peso específico de los sólidos y de los líquidos.

El areómetro de Nicholson se compone de un cilindro

huevo de metal que tiene en su parte superior un vástago muy fino que sostiene un platillo para colocar en él las pesas; en la parte inferior lleva suspendida una cápsula bastante pesada á fin de que pueda servir de lastre para mantener el instrumento en equilibrio.



Para hallar el peso específico de un cuerpo sólido, una vez sumergido el areómetro en el agua destilada, se coloca el cuerpo cuya densidad específica se busca, en el platillo superior agregando al platillo peso de mostacilla ó arena hasta conseguir que el areómetro se sumerja lo bastante para que el líquido llegue al punto B llamado punto de envasamiento. Se retira luego el cuerpo y se colocan en el mismo platillo pesas conocidas hasta que el aparato vuelva de nuevo al punto de envasamiento. En este caso las pesas representan el peso del cuerpo en el aire, ó sea el que se habria encontrado pesándolo con una balanza ordinaria. Luego se traslada el cuerpo á la cápsula inferior que por hallarse en este caso sumergido en el líquido pierde una parte de su peso y el areómetro sube; para reproducir el envasamiento, será necesario colocar pesas en el platillo superior; estas pesas representan la pérdida de peso del cuerpo en el agua peso igual al volumen de líquido desalojado por dicho cuerpo. Para hallar el peso específico bastará dividir el peso del cuerpo en el aire por el peso del agua desalojada. Supongamos que al retirar el cuerpo del platillo superior se ha sustituido por pesas conocidas equivalentes á 6 onzas y que una vez colocado el cuerpo en la cápsula inferior ha sido necesario añadir una onza al platillo superior; partiendo 6 onzas peso del cuerpo en el aire por una onza peso del volumen de agua desalojada por el cuerpo, el cociente 6 es el peso específico del cuerpo.

Para hallar el peso específico de un líquido por medio del areómetro de Nicholson ó bien con el de Fahrenheit que es el que se usa comunmente, es necesario conocer de antemano el peso del aparato. Se coloca luego en el agua y en el líquido cuya densidad específica se trata de averiguar y en ambos casos se procura hacerlo enrasar colocando en el platillo pesas conocidas: El peso del areómetro mas el peso agregado al platillo superior hasta hacer enrasar el aparato, representa en uno y en otro caso el volúmen del líquido desalojado. Para obtener el peso específico del líquido cuya densidad se desea conocer bastará dividir el peso hallado por el peso del agua. Ejemplo: supongamos que el areómetro pesa 50 gramos y que una vez sumergido en el agua se han añadido al platillo para hacerle enrasar 6 gramos; en este caso el peso del volúmen de agua desalojado es igual á 56 gramos; quítense luego del platillo los 6 gramos y colóquese el areómetro en el líquido cuyo peso específico se busca; es evidente que si este es mas ligero que el agua el areómetro se hundirá mas y no será necesario en esta segunda observacion agregar el platillo tanto peso como en la primera; suponiendo que sean 2 gramos los que han tenido que añadirse en el platillo para conseguir el enrasamiento, estos 2 gramos unidos á los 50 que pesa el termómetro forman la suma de 52 gramos; cuyo peso es tambien igual al peso del volúmen del líquido desalojado. Partiendo el peso de este líquido ó sean 52 gramos por el peso del agua, que hemos hallado era el de 56 gramos, el cociente 0'928 representa el peso específico del líquido con relacion al peso del agua destilada.

Areómetros de peso constante. Entre los areómetros de peso constante, el que está mas en uso es el de Baumé y consiste en una bola de cristal colocada á la extremidad de un tubo. A fin de que el aparato flote verticalmente lleva en su parte inferior una bola pequeña llena de mercurio. Este areómetro y otros de peso constante

sirven para conocer las diversas densidades de los líquidos y no el peso específico de los mismos; cuanto mas se hunde el areómetro tanto menos denso será el líquido. El tubo tiene señalados puntos de enrasamiento correspondientes á las diversas densidades de los líquidos.

Segun la naturaleza de los líquidos á los cuales se destina el areómetro se conoce bajo el nombre de pesasales, pesa-ácidos, pesa-licores, etc

Si se quiere tener un pesa-licor para el espíritu de vino, se introducirá el areómetro cuanto sea posible en este líquido y se señalará el punto de enrasamiento; luego se mezclará el espíritu de vino con una centésima parte de agua destilada y se introducirá de nuevo el areómetro en el líquido, que por ser algo mas denso á causa del agua que se le ha mezclado, se hundirá menos y se señalará el punto de enrasamiento. La distancia del primer punto al segundo formará un grado y continuando la mezcla del agua por centésimas partes hasta llegar á igual cantidad de agua que de espíritu de vino, se tendrá construido un instrumento que bastará sumergirlo en el espíritu de vino para conocer su grado de concentracion.

ACUSTICA.

Produccion y propagacion del sonido.

La *acústica* tiene por objeto el estudio de los sonidos y de las vibraciones de los cuerpos sonoros ó elásticos.

El *sonido* es la sensacion que experimentamos cuando las oscilaciones de un cuerpo elástico son transmitidas á nuestro oido por la intermediacion del aire. El aire es pues el vehículo del sonido y esta verdad se hace evidente colocando debajo del recipiente de la máquina neumática, una máquina de reloj á propósito

para hacer sonar una campana. Si una vez establecido el vacío se ponen en movimiento las ruedas por medio de un fiador que puede soltarse, se ve como la campana recibe los golpes del martillo; pero no se oye ningún sonido por no existir aire al rededor de la campana que pueda transmitirlo á nuestro oído. Pero dejando que penetre el aire poco á poco en el espacio en que se halla la campana, el sonido se deja oír aun que de un modo débil al principio, adquiriendo toda su intensidad cuando el aire que rodea la campana se halla en su estado de condensación natural. No es, pues extraño, que en la cumbre de las elevadas montañas dos personas que hablan en voz natural tengan dificultad en entenderse y que un pistoletazo produzca un ruido poco sensible.

El sonido, además de propagarse en el aire, puede también ser transmitido por los gases y vapores según se ha probado, introduciendo en el recipiente de la máquina neumática, hidrógeno, ácido carbónico ó un vapor cualquiera con tal que se hable en alta voz. La experiencia demuestra que el sonido se trasmite muy bien al través de los cuerpos sólidos. Cuando una persona aplica el oído á una de las estremidades de una larga viga, oye perfectamente el ligero ruido que hace otra persona al otro extremo, rascando la viga con un alfiler, apesar de ser tan poco intenso este ruido en el aire, que escapa al que lo produce. De todas las maderas, la de pino es la que propaga el sonido con mayor velocidad llegando á ser diez y siete veces mayor que en el aire; entre los metales, el hierro es el que tiene en más alto grado el poder de transmitir el sonido. Para conocer la velocidad del sonido en los cuerpos sólidos, por ejemplo en el hierro, basta aplicar el oído á la estremidad de una barra de este metal, mientras que otra persona da un golpe con un cuerpo duro al otro extremo; en tal caso la que tiene el oído aplicado á la barra oye dos

golpes ; uno trasmitido por la barra y el otro por el aire; pero con una diferencia notable del tiempo trascurrido entre el primero y el segundo. El paso de un caballo se oye de mucho mas léjos aplicando el oido contra el suelo que no recibiendo la impresion del ruido que hace, al través del aire.

La velocidad del sonido en los líquidos es aproximadamente cuatro veces mayor que en el aire, segun experiencias practicadas en el lago de Génova con una campana sumergida, cuyo martillo al dar un golpe, incendiaba con el mango, la pólvora colocada de intento sobre la superficie del agua.

Velocidad del sonido en el aire. Las vibraciones comunicadas al aire por los cuerpos sonoros tardan mas ó menos tiempo en trasmitirse de un lugar á otro; cuyo fenómeno se observa fijando la vista en una campana al dar las horas ; segun sea la distancia que nos separa de la campana, veremos como el martillo cae y no oiremos el sonido hasta que el martillo está levantado para dar el segundo golpe. Aunque el relámpago y el trueno son producidos simultáneamente, sin embargo el trueno no llega á nuestros oidos hasta algunos momentos despues de haber visto el relámpago, porque el tiempo que emplea la luz para recorrer una distancia tan pequeña es despreciable atendida la velocidad que tiene, puesto que recorre 340,000 kilómetros por segundo. De consiguiente puede calcularse la distancia que nos separa del trueno ó de la esplosion producida por un disparo de cañon, contando sobre un cronómetro el intérvulo trascurrido entre la aparicion de la luz y la sensacion del ruido. Partiendo la distancia por el número de segundos trascurridos, se tendrá el espacio recorrido por el sonido en un segundo que se ha hallado ser igual á 370 metros, á la temperatura de 46° centígrados.

Si observamos, por ejemplo, que entre el relámpa-

go y el trueno media un espacio de tiempo igual á doce segundos , podemos estar persuadidos que el punto donde se dejó oír primero el trueno está de nosotros á una distancia de cuatro mil cuatrocientos metros. Puede, á falta de cronómetro, calcularse la distancia aproximada, por los latidos del pulso , considerando que cada pulsacion es á corta diferencia el intervalo de un segundo.

La celeridad del sonido no puede considerarse absolutamente y sus variaciones dependen del estado atmosférico.

Los instrumentos de viento , las guitarras , violines, los tambores y las campanas , se dice que son cuerpos sonoros porque producen sonidos claros , distintos, regulares y durables ; esta propiedad depende de la elasticidad de dichos cuerpos por medio de la cual pueden propagar en el aire una sucesion de vibraciones concéntricas, parecidas á las que se forman en la superficie del agua en reposo cuando se arroja en ella una piedra , si bien las ondulaciones del aire difieren en algo de las del agua por ser divergentes en todos sentidos á partir del centro ; es decir que dichas ondulaciones en el aire son esféricas mientras en un líquido son solo superficiales. Cuando en lugar de una piedra se arrojan varias en la superficie de un líquido tranquilo , se producen ondulaciones circulares que se van agrandando y pasan las unas sobre las otras sin destruirse, como sucede con varios sonidos producidos á la vez por los diferentes instrumentos de una orquesta, sonidos que se oyen distintamente, llegando á nuestros oídos sin alterarse ni confundirse.

Para que los sonidos que se suceden ó producen á un mismo tiempo hieran agradablemente el oído , es necesario que guarden entre sí cierta relacion; es decir, que formen *concordancia*. Cuando los sonidos afectan el oído de un modo desagradable toman el nombre de *discor-*

dancia. Los acordes mas agradables están formados por la octava , la tercio y la quinta. La relacion ó intervalo que media entre el sonido do de la primera escala y el de la escala siguiente , se llama octava ; el intervalo entre el *do* y el *mi* forma una tercia ; el de *do* á sol una quinta. Por lo que las tres notas do , mi , sol , forman una concordancia perfecta.

Los diferentes sonidos que produce un cuerpo sonoro , una cuerda de guitarra , por ejemplo , depende del número de vibraciones en un tiempo determinado que podremos suponer sea un *segundo*. Aunque la gravedad del sonido sea relativo . se llama generalmente agudo , cuando corresponde á un gran número de vibraciones , y se dice que es grave cuando resulta de un corto número de vibraciones. En la combinacion de los sonidos graves y agudos consiste el arte de la música. Cualquiera que sea la substancia , el grueso y la tension de dos cuerdas producirán el mismo tono si en igual duracion de tiempo verifican igual número de vibraciones ; pero en una misma cuerda el tono depende de la longitud de dicha cuerda , suponiéndola sometida á una misma tension ; asi por ejemplo , cuando se hace vibrar la cuerda de una guitarra , produce una cierta nota ó tono que podrá tomarse por el *do* ; colocando luego el dedo á la tercera parte de la longitud de la cuerda y haciendo vibrar los dos tercios restantes se obtendrá el tono llamado *sol* ; si se coloca el dedo á las cuatro quintas partes de la longitud total de la cuerda , y haciendo vibrar la parte restante de ella , el sonido que resulte , será el *mi*. Se denomina tambien el sonido sol por *quinta* ; el mi por *tercia* ; el *la* por sexta , en razon de corresponder dichas notas á la tercera , quinta ó sexta de las que forman la escala y se llama una octava al intervalo que media entre el *do* de la primera escala y el *do* de la escala inmediata.

El número de vibraciones de una cuerda , está en ra-

zon inversa de su longitud como puede notarse en el siguiente cuadro.

	Notas	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Longitud de las cuerdas	4	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$	
Número de vibraciones	4	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{2}{1}$	

Por medio de la tabla que acaba de presentarse puede hacerse fácilmente el cálculo del número de las vibraciones de que está compuesto cada sonido. Suponiendo que el número de vibraciones sea de doscientas para el do, serán necesarias trescientas para el sol, doscientas cuarenta para el mi, cuatrocientas para el segundo do, que resulta cuando se coloca el dedo en la mitad de la cuerda y á cuyo tono llaman los músicos la octava aguda del tono primitivo.

Segun experiencias practicadas al efecto, se ha conocido que uno de los sonidos mas graves que puede percibir el oido, corresponde á 15 vibraciones por segundo y el sonido mas agudo á 38,000. Tambien se ha hallado que el sonido grave en la voz del hombre, corresponde aproximadamente á 200 vibraciones y á 660 en los sonidos agudos, mientras en las mugeres el sonido agudo corresponde á 4,600 vibraciones y á 560 en los sonidos graves; asi se ha notado que las mugeres cantando una octava mas alta que los hombres, entonan los mismos sonos.

Reflexion del sonido: ecos. Hemos dicho ya que el aire era el vehículo del sonido, y que este se propagaba de molécula en molécula formando ondas sonoras ocasionadas por un cuerpo que se hacía vibrar. Las ondas sonoras son continuas y se pierden á lo lejos, cuando la masa de aire es tambien continua; pero cuando la onda sonora encuentra un obstáculo, como un muro ó una

roca, la onda es reflejada, cual otro cuerpo elástico, un pelota de goma por ejemplo, al chocar contra una superficie, formando un ángulo de reflexion igual al ángulo de incidencia, siguiendo en esta parte la misma ley que la reflexion del calor como queda dicho y de la luz, segun veremos luego. Cuanto mas pulimentada es una superficie tanto mejor refleja el sonido; pero mas que al pulimento, contribuye la forma de esta superficie. Si la superficie es plana refleja el sonido sin hacerle perder casi nada de su intensidad primitiva; las superficies algo cóncavas devuelven un sonido mas fuerte del que reciben; pero las convexas son tan malas reflectoras del sonido como de la luz.

No hay necesidad de que la superficie sea dura y pulimentada para reflejar el sonido; los líquidos en ciertas circunstancias la reflejan tambien, como puede notarse con la superficie del agua en los pozos. En la mar se observa con frecuencia que las nubes forman ecos y hasta en una admósfera despejada, pueden ser las ondas sonoras reflejadas aun que no lleguen á formar eco; pero esto no se opone á que el sonido sea modificado al atravesar capas ó corrientes de aire de diferentes densidades. Cuando las ondas sonoras hallan un obstáculo perpendicular son reflejadas en la misma direccion y hacia el mismo punto del cual habian partido, lo que no sucede cuando encuentran oblicuamente la superficie reflectante, en cuyo caso la honda sonora formará más allá del punto de reflexion, un ángulo igual al ángulo de incidencia, lo que explica porque algunas veces el sonido reflejado hiere de un modo mas intenso el oido que el sonido primitivo.

Para que el sonido reflejado pueda distinguirse del sonido articulado, conviene estar separado cuando menos 34 metros de la superficie que debe reflejarlo; si la distancia fuera menor, como sucede con las habitaciones pequeñas, atendida la velocidad del sonido no podria

formarse eco porque el sonido reflejado y el sonido directo se confunden ; pero en un sitio grande y abovedado, la distancia del que produce el sonido al punto donde debe reflejarse puede ser tal, que al pronunciarse en alta voz una sílaba, se oirá algunos instantes despues el sonido reflejado y se dirá que aquel sitio se forma un eco.

El obstáculo que produce el eco vuelve á nuestro oído todas las sílabas que pronunciamos ; pero si la palabra es bastante larga, las primeras sílabas reflejadas no pueden apreciarse á menos que la causa del eco se halle á una distancia que permita poder articular la última sílaba de una palabra, antes de que la primera haya tenido tiempo de recorrer de ida y vuelta el espacio que nos separaba del obstáculo. Se sabe que articulando rápidamente una palabra puede llegarse á pronunciar con claridad cuatro sílabas en un segundo y se sabe tambien que el sonido recorre con corta diferencia 370 metros por segundo ; ahora bien, suponiendo que el obstáculo reflector se halla á 184 metros es evidente que la primera sílaba de las cuatro, de que hemos dicho constaba la palabra, tardará un segundo en recorrer los 184 metros ó sea medio segundo de ida y medio segundo de vuelta. A esta distancia pues el eco podrá repetir 4 sílabas distintas. Si el punto de reflexion estuviera situado á una distancia 4 veces menor, es decir, á unos 46 metros como el sonido recorrería los 46 metros de ida y vuelta en un cuarto de segundo, el eco repetiría solamente la última sílaba reflejada de las cuatro que hemos supuesto podían pronunciarse en un segundo ; las otras tres se confundirían cada una reflejada con la articulada. Suponiendo que puedan pronunciarse cinco sílabas distintas en un segundo, en este caso el objeto reflector se hallaría á 74 metros, es decir, el sonido tendría que recorrer 37 metros en un quinto de segundo, ó sea la quinta parte de los 370 metros que hemos dicho

equivale la velocidad del sonido en un segundo.

Así como dos espejos opuestos se envían la luz, así también dos obstáculos paralelos se envían sucesivamente el sonido, resultando ecos múltiples, es decir, que repiten muchas veces la misma sílaba. Se cita por varios el eco situado á 3 leguas de Verdun, formado por dos grandes torres distantes una de otra 50 metros, el cual repite 12 ó 13 veces la misma voz. Un eco mucho más notable existe todavía cerca de Milan, que repite hasta 40 veces el mismo sonido.

Con lo que llevamos dicho sobre la naturaleza del eco, será fácil comprender la gran variedad que puede resultar sobre la forma de este fenómeno según el mayor ó menor número de las superficies que reflejan el sonido y según la distancia á que están situadas dichas superficies unas de otras. Pueden construirse aposentos en los cuales los sonidos que parten de un punto dado hacia uno de los extremos de la sala vayan á parar á otro punto determinado del otro extremo; para esto solo es necesario que la figura de la sala sea la de una elipse y que el sonido parta de uno de los focos, en cuyo caso el sonido va á parar al otro foco sin apenas disminuir en nada su intensidad. Se concibe fácilmente que dos personas situadas convenientemente en los focos de la elipse podrían hablarse en voz tan baja, sin que las que estuvieran á una distancia intermedia pudieran oír nada de la conversacion.

Cuando aplicamos cerca del oído un vaso de porcelana. por ejemplo, oímos un ruido particular debido á que la superficie interior del vaso concentra y multiplica las vibraciones que recibe del exterior; del mismo modo que la trompeta acústica recoge los rayos sonoros en número suficiente para hacerse sensibles al oído poco delicado de muchos sordos. Este instrumento lo mismo que la bocina que sirve para transmitir el sonido á grandes distancias, están fundados sobre la reflexión del sonido ó

sobre la manera de propagarse en los tubos. La intensidad del sonido en los tubos es tal, que las experiencias practicadas en una longitud de 4,000 metros, han dado por resultado que las palabras pronunciadas en una de las extremidades del tubo y con una voz lo mas baja posible, se oian de un modo bien claro por el observador colocado á la otra extremidad del tubo. La razon de esto consiste en que la onda sonora cuando se propaga bajo la forma de esfera, se debilita á causa de su acrecentamiento; pero en los tubos se obliga á que dicha onda sonora se propague en un solo sentido. Esta circunstancia ha hecho que las casas de comercio y otros establecimientos usen tubos de goma que pasan de un piso á otro. Las extremidades del tubo se hallan terminadas por un pabellon, que tiene la forma de un embudo, al cual aplica la boca el que habla y el oido el que escucha.

Ya se deja comprender que por medio de la reflexion del sonido y de tubos combinados al intento, pueden ocasionarse sorpresas extrañas á los que desconocen esta parte de la física, ya sea con el arpa encantada, que parece toca por sí sola y la cual da los sonidos por medio de las vibraciones que transmiten á sus cuerdas unos alambres que están en comunicacion con ellas y con un piano. Esto nos demuestra tambien que las vibraciones de un cuerpo sonoro pueden trasmitirse á otro cuerpo, cualquiera que sea su naturaleza ó su forma. Colgando de un aparato, especie de jaula, una esfera hueca de metal de la cual parten cuatro trompetas que sirven para recojer los rayos sonoros de las personas que dirigen preguntas al aparato, el sonido se trasmite por medio de un tubo oculto en una de las colunas que forman el armazon de dicho aparato y pasa á un aposento donde hay una persona encargada de devolver por el mismo tubo la contestacion que luego parece sale de la esfera.

Los sonidos pueden oírse algunas veces teniendo los oídos tapados con tal que se tenga abierta la boca, encargándose en este caso de transmitir el sonido, los conductos interiores que comunican la boca con el oído. Cogiendo, un sordo fuertemente con los dientes, el extremo de una guitarra, oye los sonos del instrumento que le son transmitidos por las vibraciones de los dientes, las encías y quijadas. Lo susceptible que son los dientes de experimentar las vibraciones, hace que se aguzen cuando se recibe la sensación de un sonido desagradable como sucede generalmente cuando se afilan los dientes de una sierra.

De la luz.

Los sábios están todavía discordes sobre la naturaleza de la causa que produce la luz. Según unos la luz nos viene del sol y demás cuerpos luminosos por emisión de partes, es decir que un número infinito de moléculas tan sùtiles como puede considerarse, son lanzadas en todas direcciones con una rapidez extraordinaria, hasta que al llegar estas moléculas al órgano de la vista son la causa de la vision. Según esta *hipótesis*, á la cual el nombre de su célebre autor Newton dió gran autoridad, el sol tendría la propiedad de calentar y alumbrar. Según otros, al contrario, suponen que los cuerpos luminosos, como el sol, comunican vibraciones parecidas á las ondas sonoras, á un fluido infinitamente sùtil llamado éter el cual se supone está extendido por todo el universo: tal fué la opinion de Descartes y de Euler sostenida mas tarde por el físico Fresnel quien por medio de esta teoría de las ondulaciones ha resuelto los problemas mas complicados de la óptica. Admitida esta última hipótesis, tendríamos que así como las ondulaciones del aire transmiten á la oreja el sonido, los movimientos vibratorios del éter hacen que el ojo perciba la luz.

Se llama *rayo luminoso* la direccion que sigue la luz al propagarse, y se da el nombre de *hacecillo luminoso*, á la reunion de varios rayos luminosos.

Cuerpos luminosos. Se dice que un cuerpo es luminoso cuando emite luz al rededor de sí en todos sentidos ; como el sol , la llama de una bujia , etc.

Los cuerpos que no son luminosos por sí mismos pueden ser: 1.º *diáfanos ó transparentes* que permiten ver el color y la forma de los objetos dejándose atravesar por la luz : tales son el aire , el vidrio , etc. 2.º *cuerpos tráslucidos* que aunque dejen pasar en parte la luz , no permiten ver á través suyo los colores y la forma de los objetos, tales son : las telas, el papel , etc. 3.º *los cuerpos opacos* que interceptan enteramente la luz. Los cuerpos opacos cuando se reducen á láminas muy delgadas, pasan á ser tráslucidos.

Velocidad de la luz. Lo primero que nos llama la atencion, cuando se habla de la luz , es la rapidez asombrosa como se propagan sus rayos, rapidez que es cerca nuevecientas veces mayor que el sonido , es decir, que corre 340,000 metros por segundo , unas 80,000 léguas, segun cálculo hecho por el astrónomo danés en 1675, quien observando los eclipses del primer satélite de Júpiter obtuvo este resultado. La luz del sol llega á la tierra en ocho minutos y medio , siendo asi que una bala de cañon conservando siempre el mismo impulso que posee al acto de su partida, tardaría seis años aproximadamente para recorrer el mismo espacio. Sin embargo de la gran velocidad que tiene la luz es de suponer que la que nos envian las estrellas mas cercanas á nosotros, tarda unos tres años en recorrer la inmensa distancia que nos separa de ellas , distancia que se calcula ser mas de 200,000 veces mayor que la del sol. Suponiendo que una estrella se halle treinta veces mas distante que la que tenemos mas cercana en tal caso dicho astro tardaría en enviarnos su luz unos cien

años. Tan enorme distancia que para recorrerse necesita la velocidad de un cuerpo que ande mas de cuatro millones de léguas por minuto pueden darnos solo una pequeña idea de la inmensidad del universo, pero una idea cierta de la sabiduría y poder sin límites del soberano autor de tan maravillosa obra. Una máxima del célebre Pascal, dice: *El universo es una esfera cuyo centro se halla en todas partes y la circunferencia en ninguna.*

Propagacion de la luz en un medio homogéneo. La luz en un medio homogéneo se propaga en línea recta. Para cerciorarnos de que la luz se propaga en línea recta, basta cerrar la ventana de un cuarto y permitir que el sol penetre por un orificio practicado al intento; en este caso vemos que el rayo de luz alumbra el polvillo que se halla en suspension en el aire y que la direccion que sigue el rayo luminoso es una línea recta. Tambien podria probarse que el camino trazado por el rayo luminoso es la línea recta, colocando varias pantallas paralelamente y perforadas en su centro, de modo que las aberturas estén en línea recta. Colocando un bujia frente la primera pantalla se percibe muy bien la llama á través de las aberturas; pero la llama desaparece desde el momento que una de las pantallas se retira á uno ú otro lado.

Refraccion de la luz. El cambio de direccion que experimenta un rayo de luz al pasar de un medio á otro, cuyas densidades sean diferentes, como por ejemplo del aire al agua, del aire al vidrio ó al contrario, se llama *refraccion*. Para que resulte refraccion es necesario tambien que el rayo de luz pase oblicuamente de un centro trasparente á otro, porque si la direccion fuese perpendicular, continuaría su marcha en línea recta; conviene además que la oblicuidad no traspase cierto límite y cuyo ángulo mas ó menos abierto varie segun la sustancia en la cual se verifica la refraccion.

Cuando el rayo luminoso pasa de un medio ménos denso á otro que lo es más, por ejemplo del aire al agua, se aproxima á la normal ; pero si el segundo medio es ménos denso que el primero, el rayo refractado se separa de la normal al punto de incidencia.

Experiencias muy sencillas pueden evidenciarnos la refraccion de la luz. Tomando un vaso que tenga las paredes opacas y en el fondo del cual se haya colocado una pieza de moneda, si se sitúan una ó varias personas de tal modo que el borde del vaso impida ver el borde de la pieza, bastará para hacerla visible, ir llenando de agua el vaso teniendo cuidado de que la pieza no cambie de lugar. Es, pues, evidente, que los rayos luminosos que parten de la moneda que no se aperciba, se hayan inclinado hácia los ojos de los espectadores al pasar del agua al aire, es decir, que se hayan refractado. Esto explica por qué cuando se sumerge oblicuamente una parte de un baston en el agua, el baston parece roto en el punto de inmersion, lo que prueba que hay desvío en los rayos luminosos.

Si se coloca polvo de madera en un vaso lleno de agua y se recibe sobre la superficie del vidrio un rayo de sol que penetre en un aposento al través de un orificio practicado en una ventana, se notará el desvío que el rayo luminoso sufre al atravesar el líquido. El polvillo de madera hace más sensible la direccion que sigue el rayo de luz.

Los rayos del sol y otros astros son refractados por el aire atmosférico, porque dichos rayos pasan del vacío al aire, cuyas capas van aumentando en densidad á partir de las regiones superiores de la atmósfera hácia la tierra. Por esto el sol y otros astros nos parecen más elevados sobre el horizonte que no lo son en realidad.

Pues ya hemos mencionado que las capas más cercanas á la superficie de la tierra son las más densas, por cuya circunstancia los rayos solares al penetrar en la at-

mósfera, se van refractando y formando una pequeña curvatura en lugar de seguir una línea recta. Las capas de aire aumentan el poder de refractar la luz á medida que aumenta su densidad. El crepúsculo de la mañana que precede al día y el de la tarde que precede á las tinieblas de la noche son debidos á la refraccion.

Descomposicion de la luz. La luz á la cual debemos el poder contemplar el magnífico espectáculo de la naturaleza no es un color simple, porque es susceptible de descomposicion en siete colores elementales. Al efecto basta recibir un rayo de luz introducido dentro la cámara oscura, sobre un prisma de cristal de base triangular ; al salir del prisma el rayo de luz blanca, se descompone en una infinidad de otros rayos de diversos colores á causa de no ser estos rayos todos refrangibles de un modo igual. El color rojo y el color violeta ocupan las extremidades, por ser el primero el ménos refrangible y serlo el segundo más que todos los otros. Entre la infinidad de colores que forman la imágen llamada *espectro solar*, al ser descompuesta la luz blanca por el prisma, se distinguen principalmente segun el órden de su mayor ó menor refraccion el rojo, el anaranjado, el amarillo, el verde, el azul, el índigo ó color de añil, llamado tambien azul turquí y el violado. El color blanco se compone de la reunion de todos los colores ; el negro es la carencia de todo color ; ni uno ni otro de estos dos colores puede ser perfecto, porque es imposible hallar un cuerpo que deje de absorver alguno de los rayos en que hemos dicho se descomponia la luz, como es imposible hallar ninguno que los absorva todos para formar el verdadero color negro ó sea la carencia de todo color. Los diversos colores que notamos en los cuerpos son debidos al diferente modo, ó distinta proporcion como reflejan los rayos colorados de que se compone la luz blanca. Un cuerpo que absorve todos los rayos ménos el azul, nos parece azul ; si refleja los colores azules y

amarillos, nos presentará una tinta verde. Los rayos descompuestos por el prisma producen sobre el termómetro efectos diferentes, lo que prueba que cada uno tiene distinto grado de calor. La luz es necesaria á la coloracion de las partes verdes de los vegetales; porque basta privarles de ella, para que blanqueen segun puede notarse con la escrolo, el ápio, etc. Un cuerpo que reflejara solamente los rayos rojos, alumbrado con una luz azul, nos parece negro; siendo los rayos amarillos y verdes los que producen mayor cantidad de luz.

La experiencia anterior ó sea la descomposicion de la luz por medio del prisma, nos manifiesta de un modo convincente que la *luz blanca* consiste en la mezcla ó fusion de los siete colores primitivos. Si se reciben sobre un espejo cóncavo de metal, todos los rayos colorados que salen del prisma, estos rayos reunidos sobre un carton blanco colocado en el foco del espejo, vuelven á formar la luz blanca. El mismo resultado se obtendria recibiendo el espectro formado por un primer prisma sobre otro prisma formado de la misma substancia.

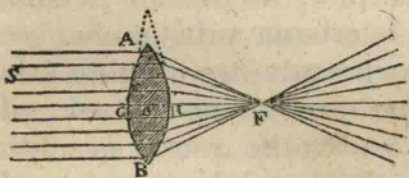
Uno de los fenómenos más sorprendentes debido á la descomposicion que sufre la luz que emana del sol, al atravesar las gotas de agua de una nube que se precipita en lluvia, es el arco iris. Los colores del arco iris son los mismos que los del espectro solar y pueden observarse muy bien cuando nos hallamos inmediatos de un surtidor de agua que recibe los rayos del sol; basta para esto que demos la espalda á dicho astro colocados entre él astro y el surtidor, fijando la vista en las menudas gotas que resultan de la extrema division de la columna principal; igual fenómeno puede experimentarse en un cuarto que de el sol, si colocándonos de espalda á la ventana lanzamos un pequeño chorro de agua.

A las varias y sucesivas reflexiones que experimentan los rayos luminosos en el interior de cada una de las gotas de agua, ocasiona el observarse dos y algunas

veces hasta tres arcos iris á la vez. En tal caso el arco segundo presenta los colores mas apagados que los del primero y colocados en órden inverso á causa de la doble reflexion. Cuando la reflexion produce un tercer arco visible, los colores siguen el mismo órden que en el primero.

Sobre la notable propiedad de la refraccion de la luz, está fundado el empleo y construccion de una infinidad de preciosos instrumentos de óptica, tales como los anteojos, los microscopios, los telescopios, etc. Si bien en los telescopios y algunos microscopios no solo entran en su composicion vidrios destinados á refractar la luz, si que tambien espejos destinados á reflejarla.

Los vidrios que componen un antejo han recibido el nombre de lentes á causa de la forma que tienen; hay unos que tienen mayor espesor en el centro que en los bordes y otros por el contrario tienen mayor espesor en los bordes que en el centro. Los primeros, (véase la figura) han recibido el nombre de convergentes á causa de la propiedad que tienen, de reunir todos los rayos que caen en su superficie, en un solo punto llamado foco.



Los segundos, por el contrario, se llaman divergentes porque los rayos que caen sobre su superficie son dispersados.

Es fácil determinar el foco de un lente convergente; basta para esto recibir con el lente un haz de rayos solares y buscar por medio de un vidrio sin pulimento, el punto donde se forma la imagen mas intensa y mas limpia del sol. La distancia del foco principal al centro del lente se llama *distancia focal principal*. Ya hemos dicho el grado intenso de calor que podia obtenerse por medio de los lentes convergentes al tratar del calórico.

Los lentes divergentes cuyo espesor en los bordes es mayor que en el centro, pueden servir de utilidad á los dibujantes para disminuir las dimensiones de los objetos que se dibujan.

Reflexion de la luz. Cuando un rayo de luz cae sobre la superficie pulimentada de un cuerpo, un espejo por ejemplo, estos cuerpos tienen la propiedad de volver los rayos de luz que reciben, como los espejos metálicos hemos visto que volvian el calórico, como vuelven los rayos sonoros los cuerpos sólidos, cuando producen el fenómeno llamado eco. La reflexion se verifica en la superficie de ciertos cuerpos, particularmente en los opacos y cuya superficie sea bien pulimentada, v. g. r. los espejos de vidrio que usamos comunmente y á los cuales se impide la transparencia por medio de una capa de azogue fijada en la superficie opuesta, por cuya circunstancia vuelven la imagen de los objetos que están en sus inmediaciones. Las imágenes debidas á los rayos luminosos, sobre los espejos planos, son semejantes al objeto y parecen situadas detrás del espejo á una distancia igual á la distancia real del objeto al espejo.

En los espejos esféricos la imagen no es igual al objeto; cuando el espejo es *esférico convexo*, es decir, formado por la superficie exterior ó convexa de una esfera, los rayos reflejados se hallan en el punto de su prolongacion; y las imágenes, que parecen situadas detrás de la superficie del espejo, se presentan mas pequeñas que los objetos, aunque en la misma posicion que dichos objetos representan.

En los espejos *esférico cóncavos*, es decir, á los formados por la superficie interior de una esfera, los rayos luminosos se cruzan despues de ser reflejados por la superficie cóncava, en un punto llamado foco principal del espejo. Si se coloca un objeto delante de un espejo cóncavo, sobre la superficie y su foco, se ve la imagen

recta y abultada ; pero alejando gradualmente el objeto, la imágen va creciendo y volviéndose confusa hasta que al llegar al foco principal desaparece ; pero si se separa mas allá del foco , se hace otra vez visible aunque mas pequeña y colocada en sentido inverso.

Instrumentos de óptica. Por medio de los lentes y de los espejos se han hecho hermosas é interesantes aplicaciones con ciertos instrumentos de óptica, destinados algunas veces para aproximar los objetos , ó bien para darles mayor magnitud ; tales son los microscopios que sirven para hacer visibles los mas minuciosos detalles de los objetos , los anteojos y telescopios destinados á observar los objetos lejanos y la cámara obscura que tantas aplicaciones tiene en el arte del dibujo.

Microscópio simple. El microscópio simple está compuesto de un lente convergente de foco muy corto y sirve para observar pequeños objetos, como los estambres y pistilos de las flores, la máquina de un reloj de faltriquera, los órganos de los insectos , etc. El uso del microscópio simple consiste en colocar el objeto que se trata de examinar entre el lente y su foco principal ; colocando el ojo delante del lente, se observa una imágen ampliada del objeto, por disminuir el lente la divergencia de los rayos luminosos. Es necesario que el observador busque por tanteo el punto en que la imágen se presenta mas limpia.

Microscópio compuesto. El uso del microscópio compuesto es análogo al del microscópio simple. Está formado esencialmente por dos lentes convergentes , uno de los cuales toma el nombre de *objetivo* y se coloca delante del objeto que quiere someterse á la experiencia ; el segundo lente llamado *ocular*, es un microscópio simple al cual se aplica el ojo para ver la imágen abultada del objeto sometido á la experiencia. Es necesario , atendida la magnitud considerable que recibe la imágen , que el objeto reciba mucha luz ; lo que se consigue

colocando á la parte inferior un espejo cóncavo. Como el microscópio puede dar un aumento superficial á los objetos mas de 300,000 veces mayor del que tienen en realidad, ya se deja comprender la importancia de este instrumento en manos del químico, del físico, del fisiologista ó del industrial, que puede emplearlo para conocer las mezclas fraudulentas que pueden introducirse en las telas.

Anteojo de Galileo. Los anteojos que sirven para ver los objetos lejanos, de tal modo que parezcan aproximados al observador, pueden ser simples ó compuestos; siendo el mas sencillo de estos últimos, el anteojo ordinario de Galileo formado por dos lentes, uno biconvexo que es el objetivo y otro bicóncavo que es el ocular. Esta clase de anteojos se han hecho de uso muy comun particularmente para los teatros; cuando son dobles, toman el nombre de *gemelos*.

Anteojo astronómico. El anteojo astronómico destinado á observar los astros y por medio del cual se obtiene un grandor de mil á mil doscientas veces mayor, está formado por dos vidrios, el objetivo y ocular ambos divergentes. El objetivo es un lente de foco muy largo; el ocular sirve para ver la imágen como en los microscópios.

Anteojo terrestre. El anteojo terrestre, llamado por algunos de larga vista, es el mismo anteojo astronómico al cual se añadieran dos vidrios tambien convergentes destinados á hacer la imágen recta. El foco principal de estos lentes, llamados oculares, se halla en un mismo punto.

Telescopios. Los telescopios, aunque destinados como los anteojos astronómicos á observar los astros, tienen una construccion muy diferente. En estos instrumentos se utiliza la reflexion de la luz al mismo tiempo que la refraccion por medio de una combinacion de lentes y espejos. La parte mas esencial de un telescopio, consiste en un espejo cóncavo de metal ó de vidrio coloca-

do al extremo de un largo tubo de madera. Los rayos del objeto, un astro por ejemplo que se trata de observar, caen sobre el espejo y una vez reflejados, van á parar á un segundo espejo donde reciben una segunda reflexion, llevando la imágen hácia un tubo horizontal unido á un lado del instrumento. El tubo horizontal contiene una serie de lentes que hacen veces de ocular y dan un aumento considerable al objeto que se observa.

La utilidad de los instrumentos de dióptrica (1) es tan evidente, que nadie puede ponerla en duda. Los inmensos progresos que la astronomía debe al telescopio, cuyo instrumento ha facilitado el descubrimiento de nuevos astros, permitiendo observar con mas exactitud los cuerpos celestes conocidos, bastan para darnos á conocer toda la importancia de este aparato.

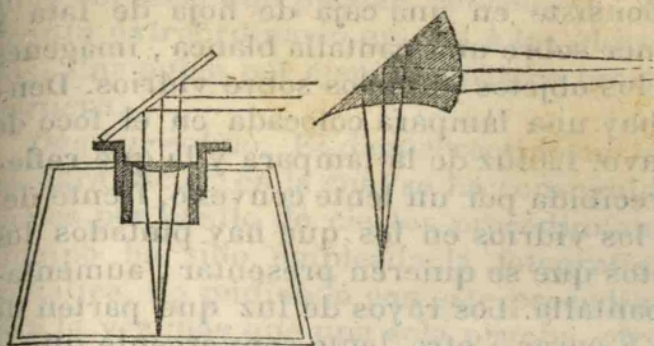
«Galileo sostenia que los planetas giraban al rededor del sol mientras sus adversarios le objetaron que si así fuera los planetas deberian presentar aspectos variables lo mismo que la luna. Y es así que la presentan contestaba aquel grande hombre y os persuadiriais de ello si tuvierais mejores ojos. A los telescopios se debe el habernos proporcionado mejores ojos para probarnos que Galileo tenia razon.»

Mientras el telescopio nos permite observar la marcha constante de los mundos que giran sobre nuestras cabezas, el microscopio nos permite descubrir las mas pequeñas diminuciosidades del reino animal y vegetal. El microscopio nos manifiesta que el número de animales imperceptibles encierra variedades mucho mas numerosas que las de los animales perceptibles.

De algunas recreaciones de óptica.

Cámara obscura. Si en un cuarto que se halla á obs-

(1) Dióptrica es la parte de la óptica que trata de la refraccion de la luz.



una hoja de papel blanco, presentando dimensiones tanto mas reducidas cuanto mas se aproxima el papel al orificio; pudiendo ganar las imágenes en limpieza si se aplica al orificio un lente convergente; pero en ambos casos dichas imágenes se presentan al revés. Si se quiere que la imagen sea recta es necesario que los rayos penetren por el orificio de la cámara obscura después de ser reflejados por un espejo plano colocado con cierta inclinación sobre el orificio.

Se han construido cámaras obscuras portátiles de varias formas; pero la mas sencilla consiste en un trípode de madera que puede cubrirse con una tela negra formando una pequeña tienda de campaña y debajo la cual puede colocarse el dibujante. M. Charles Chevalier fué quien reemplazó con ventaja el lente convergente y el espejo por medio de un prisma menisco que hace veces de ambos, como puede verse en la figura.)

La cámara obscura sirve á los dibujantes para reproducir con toda exactitud la forma y los mas diminuciosos detalles de los objetos exteriores. Si se añade al aparato un nuevo megáscopio permite poder pintar con facilidad los objetos cercanos: lo que hace muy util este instrumento para hacer retratos grandes ó pequeños ó para reducir las dimensiones de un dibujo.

Linterna mágica. La linterna mágica inventada por el padre Kircher hace mas de 200 años, es un aparato

muy sencillo. Consiste en una caja de hoja de lata y sirve para obtener sobre una pantalla blanca, imágenes aumentadas de los objetos pintados sobre vidrios. Dentro de la caja hay una lámpara colocada en el foco de un espejo cóncavo. La luz de la lámpara y la que refleja el espejo es recibida por un lente convexo, frente del cual se colocan los vidrios en los que hay pintados los diferentes objetos que se quieren presentar, aumentados sobre la pantalla. Los rayos de luz que parten de los vidrios van á parar á otro lente convergente que á su vez los trasmite sobre la pantalla destinada á recibir las imágenes.

Fantasmagoría. La fantasmagoría consiste en una linterna mágica; pero así como en esta la imagen recibida por la pantalla conserva siempre el mismo grandor, en la fantasmagoría se aumenta ó disminuye el grandor de dichas imágenes á voluntad por medio de un doble movimiento, que consiste en aproximar mas ó menos de la pantalla el aparato que contiene la lámpara y el lente convexo, al mismo tiempo que se aproximan ó se separan uno de otro dos lentes que reciben los rayos de luz que parten del aparato, á fin de que la pantalla se halle siempre en el foco donde debe formarse la imagen.

Microscópio solar. El microscópio solar tiene mucha analogía con la linterna mágica. El aparato recibe una luz intensa por medio de los rayos del sol reflejados por un espejo plano colocado á la parte exterior de una ventana; estos rayos reflejados caen sobre un lente convergente, en cuyo foco se halla otro lente más pequeño, y en la cual se cruzan los rayos que parten de esta lentilla, formando divergencia para presentar sobre un cuadro colocado á la distancia de 5 á 6 metros la imagen amplificada del objeto que al efecto se ha colocado entre los dos lentes por medio de un vidrio.

Con el microscópio solar se hacen las experiencias

mas curiosas que puedan concebirse, á causa del aumento extraordinario que da á los objetos mas diminutos. Una pulga por ejemplo, parece tan grande como un carnero.

Daguerreotipo. El daguerreotipo no es mas que una cámara oscura en la cual se ha conseguido fijar las imágenes por medio de ciertos procedimientos. Por mucho tiempo ha sido empleada la fotografía sobre plancha metálica, no pudiendo con este procedimiento obtenerse á la vez mas que una sola prueba, ofreciendo además las imágenes una reflexion desagradable. El arte de la fotografía ha recibido de algunos años á esta parte nuevos perfeccionamientos, y ya en 1834 Talbot consiguió fijar las imágenes sobre papel. En la fotografía sobre papel es necesario dar al papel una preparacion á fin de que retenga la imagen como en la plancha metálica; pero en el papel la imagen es negativa ó inversa, es decir, que las partes claras aparecen en negro y las tintas negras ó las sombras del modelo, se presentan blancas; pero es fácil obtener pruebas positivas, es decir, que las tintas estén en su posicion normal, colocando la imagen negativa sobre una hoja de papel preparada con una sal de plata, exponiéndolo luego todo al sol. Este procedimiento tiene la ventaja de que una vez obtenido el primer dibujo se puede dar un número inmenso de reproducciones positivas; mientras con la fotografía sobre plancha metálica cada operacion no produce mas que un solo tipo. Otra de las ventajas que presenta la fotografía sobre papel es la duracion de la imagen que penetra lo suficiente en el papel para que no se borre fácilmente. Ultimamente se ha perfeccionado la fotografía sobre papel obteniendo la imagen negativa sobre vidrio, cuya superficie no presentando las irregularidades que tiene la pasta del papel permite reproducir los mas pequeños detalles de los objetos con una extremada finura. Antes se preparaba el vidrio con una lijera capa

de clara de huevo desleida en agua ; pero desde el año 1851 ha sido sustituida la albumina por el colodion que consiste en una mezcla de algodón-pólvora con el alcohol y el éter ; cuya sustancia aplicada sobre el vidrio permite obtener las imágenes negativas en pocos segundos ; pudiendo por este medio fijar sobre la plancha fotográfica los objetos animados aunque estén dotados de un movimiento bastante rápido.

Entre todos los instrumentos de óptica , el ojo del hombre puede considerarse como uno de ellos y el mas perfecto de todos. Las partes principales y necesarias á la vision son la *esclerótica*, ó sea la parte externa que forma el blanco del ojo ; la parte anterior y diáfana de la esclerótica se llama *córnea* trasparente ; detrás de la *córnea* trasparente se halla una especie de tabique llamado *iris*, y cuyo color varia segun el individuo. Al centro del iris hay una pequeña abertura llamada *pupila* que puede contraerse ó dilatarse segun sea la luz mas ó menos intensa , y segun esté mas lejano ó mas aproximado del ojo el objeto que miramos. Las dilataciones y contracciones de la pupila se hacen de un modo gradual y este es el motivo porque al pasar bruscamente de una luz intensa á la oscuridad, se pasan algunos instantes sin poder distinguir los objetos, y no lo conseguimos hasta que la pupila ha tomado la dilatacion necesaria ; si por el contrario pasamos de la oscuridad á una fuerte luz, en este caso la pupila deja penetrar en el ojo mayor cantidad de luz que no se necesita para que tenga lugar la vision, y experimentamos una sensacion desagradable hasta que la pupila se ha contraido lo suficiente para detener el exceso de luz que molesta el ojo. Detrás del iris se halla un pequeño lente de forma circular encerrado en una membrana que va á unirse á la *córnea* por todos los puntos de su contorno. La membrana que contiene el iris, llamada *cápsula del cristalino*, separa puede decirse el ojo en

dos partes, una de las cuales contiene un líquido llamado *licor acuoso*, y la otra que contiene un humor llamado *vitreo* y llena el espacio contenido entre el cristalino y la retina. La *retina* está formada por las ramificaciones del nervio *óptico* que viene del cerebro. Esta especie de red nerviosa que ocupa la parte posterior del globo del ojo, es casi de una trasparencia completa y en ella van á pintarse las imágenes de los objetos.

La luz al atravesar los diferentes medios de que está formado el ojo recibe varias modificaciones antes de llegar á la retina. Como se deja comprender, los rayos luminosos antes de llegar á la retina tienen que atravesar el humor acuoso, el cristalino y el humor vitreo; es decir, tres medios cuyas densidades siendo diferentes hacen experimentar tres diferentes refracciones á los rayos de luz y que son necesarios, á fin de que los colores de los objetos no sean alterados, y la vision se opere con limpieza. En algunos individuos á causa de cierta deformidad en el órgano de la vista la imagen se forma delante de la retina ó fuera de este órgano. Se cree que esta enfermedad depende ó del achatamiento ó de la demasiada convexidad de la córnea; en el primer caso los rayos de luz á causa de su poca convergencia forman el foco fuera de la retina, en el segundo por el contrario, convergen demasiado y el foco se forma delante de la retina. Los individuos que sufren la primera de dichas enfermedades se llaman *présbites* y es muy comun en las personas de edad avanzada á causa del achatamiento que sufre la córnea. La segunda enfermedad ó sea el miopismo puede acontecer en todas las épocas de la vida, y se corrige muchas veces en una edad avanzada. Ambos defectos pueden corregirse por medio de los lentes; los *présbites* usan lentes convexos que aumentan la convergencia de los rayos luminosos; los *miópes* por el contrario, remedian la gran convexi-

dad de sus ojos usando lentes cóncovas á propósito para disminuir la convergencia de los rayos luminosos.

Intensidad de la luz. La intensidad de la luz decrece como el cuadrado de las distancias aumenta; es decir que la intensidad de la luz está en razon inversa del cuadrado de las distancias: ó lo que es lo mismo; si un cuerpo luminoso se halla, por ejemplo, tres veces mas distante, alumbrá nueve veces menos.

Los aparatos que sirven para medir la intensidad de la luz se llaman fotómetros y consisten generalmente en una pantalla de papel blanco ó un vidrio sin pulimento destinado á recibir la sombra que proyecta un baston colocado verticalmente entre la pantalla y las luces cuya intensidad se desea conocer. Si se coloca una luz frente el fotómetro á tres metros de distancia por ejemplo, y otras tres luces igualmente intensas á nueve metros de distancia la sombra que proyecta la primera, y la formada por las otras tres presentan sobre la pantalla la misma tinta, lo que manifiesta que tres luces colocadas á nueve metros de distancia alumbran del mismo modo que una sola luz colocada á la distancia de tres metros.

La intensidad de la luz varia con la inclinacion de la superficie que la emite. Cuando una superficie inclinada emite rayos luminosos, tienen éstos igual intensidad que si partian todos de un plano llevado perpendicularmente á la direccion de dichos rayos.

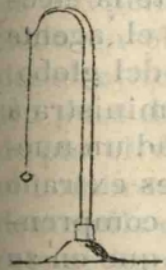
Electricidad.

Thales de Mileto, uno de los siete sabios de la Grecia que vivia 600 años antes de la era cristiana, habia observado que si se frotaba el ámbar amarillo, esta sustancia adquiria la propiedad de atraer los cuerpos ligeros. Este hecho vulgar, tan poco importante á primera vista, era sin embargo el que debia conducir á los físi-

cos modernos á grandes descubrimientos, y decimos á los físicos modernos, porque el estudio de la electricidad no empezó hasta fines del siglo diez y siete, despues que Gilbert, médico inglés, tuvo la idea de estudiar los fenómenos de atraccion que el ámbar producía sobre los cuerpos ligeros. Al efecto, suspendió libremente una aguja muy fina y vió que obedecía con gran facilidad á la mas pequeña atraccion eléctrica, y que el fenómeno podia verificarse no solo con el ámbar amarillo, sino con otras sustancias, tales como el azufre, la resina, el lacre, el diamante, el vidrio, etc., eran capaces una vez frotadas de poner en movimiento la aguja. El agente desconocido, causa de estos fenómenos de atraccion, ha recibido el nombre de *electricidad*, derivado de la palabra griega que significa ámbar amarillo.

Despues de Gilbert, los descubrimientos sobre el estudio de este importante ramo de la física, se han sucedido con extraordinaria rapidez, y se ha notado que el lacre, la resina, el vidrio, etc., frotados en la oscuridad con lana ó con la piel de un gato, producian á mas del fenómeno de atraccion, otros hechos dignos de mencionarse. Si se pasa por la cara uno de dichos cuerpos electrizados por el frote, se experimenta una impresion semejante á la que ocasiona una tela de araña, y muy á menudo se percibe un olor fosfórico; si se le toca con el dedo ó con una bola metálica se ve salir una débil luz acompañada de un pequeño chirrido, fenómeno que se hace tanto mas sensible cuanto mayor es la barra y el aire mas seco.

Péndulo eléctrico. El péndulo eléctrico sirve para distinguir con mas certitud los cuerpos que se electrizan por el frote; consiste en una pequeña bola de médula de sahuco suspendida por medio de un hilo muy fino de seda. Cuando se aproxima un cuerpo electrizado la bolita es atraída separán-



dose de su posición de equilibrio. Sirve además el péndulo eléctrico para reconocer que la atracción disminuye á medida que la distancia aumenta.

Cuerpos buenos y malos conductores. Gilbert en sus observaciones notó que no todos los cuerpos, los metales por ejemplo, aun despues de frotados tenían la propiedad de poner en movimiento la aguja, no porque estuviesen desprovistos de la virtud eléctrica, porque algunas veces la proporcionan; pero es necesario para esto que se hallen en circunstancias particulares. Grey, fisico inglés, llevó mas allá sus experimentos y reconoció de una manera general que los metales y otros cuerpos en los cuales la frotacion no da indicios de ninguna electricidad poseen la facultad de trasmitirla, mientras que aquellos cuerpos susceptibles de electrizarse por el frote oponen á la trasmision de este agente un obstáculo mayor ó menor. Se llaman buenos conductores los cuerpos á través de los cuales se escapa fácilmente la electricidad y *malos conductores* aquellos cuerpos que no le dan libre paso sino que retienen el flúido eléctrico como unido á ellos. La experiencia ha demostrado que á la cabeza de los cuerpos conductores deben colocarse los metales, el carbon calcinado, el agua y particularmente las disoluciones alcalinas ó salinas, los animales, los vegetales, la tierra, que lleva el nombre de *depósito comun* porque absorve toda la electricidad que puede desarrollarse en la superficie de los cuerpos terrestres de manera que si un cuerpo electrizado se pone en contacto con la tierra por medio de un hilo que trasmita fácilmente la electricidad, no produce ningun efecto sensible; el agente eléctrico parece disiparse en la masa entera del globo. Con todo puede considerarse que la tierra suministra á los cuerpos en que se desarrolla la electricidad un nuevo flúido siempre renaciente, por lo que no es extraño se la llame el *receptáculo comun* para dar á comprender que toda electricidad procede de ella y que en su masa parece vuelve á extinguirse.

Los principales cuerpos malos conductores son el vidrio, el azufre, el diamante, la seda, la resina, las plumas, la lana, el aire seco, las piedras, los aceites, la cera, los flúidos elásticos, etc. Es muy importante la propiedad de los flúidos elásticos de oponerse á la trasmision de la electricidad; si el aire por ejemplo, no se opusiera á la trasmision del flúido eléctrico, tal vez nos serian desconocidas muchas experiencias hechas en la admósfera y quizás el meteoro mas sorprendente, el rayo, nos seria tambien desconocido.

Atracciones repulsiones eléctricas. Presentada una barra de lacre despues de frotada con una piel de gato á una bola de sauco suspendida con un hilo de seda, el sauco se precipita hácia el lacre hasta tocarle; pero despues del contacto la atraccion se cambia en repulsion; es decir que la bola se aleja del lacre mientras este conserve su estado eléctrico. Como la electricidad es susceptible de pasar de un cuerpo á otro, es de presumir que la bola al ponerse en contacto con el lacre se ha electrizado y de ahí el cambio de accion recíproca de los dos cuerpos. Si en lugar del lacre se toma un tubo de cristal y despues de frotado se aproxima á la bola de sauco electrizada, veremos como se precipita sobre el vidrio. Iguales efectos tendrian lugar electrizando primero la bola de sauco con el vidrio; dicha bola es rechazada por el tubo de vidrio y atraida por el lacre. Si pues una misma bola de sauco es atraida por la electricidad que el frote ha desarrollado en el lacre y rechazada ó repelida por la electricidad que el frote ha desarrollado en el vidrio es preciso convenir en que existen dos electricidades de diferente origen ó naturaleza. Existen pues dos clases de flúidos eléctricos: uno producido por el vidrio despues de frotado á la que se ha dado el nombre de *flúido vitreo*, y otro que el mismo frote desarrolla en otras sustancias, como la resina y que por esto se llama *flúido resinoso*.

Del experimento que acaba de practicarse se deduce que los flúidos de un mismo nombre se repelen y que los flúidos de distinto nombre se atraen. Si en lugar de una bola de sauco, tomamos dos que estén libremente suspendidas á distancia una de otra de unos tres centímetros y las electrizamos resinosa-mente, tocándolas con la barra de lacre, veremos como se separan de un modo sensible; pero si una de dichas bolas se electriza por medio del tubo de vidrio y la otra con la barra de lacre, se verá que en lugar de separarse, se atraen. El mismo fenómeno de repulsion que se ha notado despues de haber puesto en contacto las dos bolas con el lacre, tendria lugar si ambas se electrizaban con el vidrio.

Para comprender bien las atracciones y repulsiones de los cuerpos electrizados es necesario saber que todos los cuerpos en su estado natural contienen los dos flúidos eléctricos, es decir el flúido vítreo y el resinoso; pero combinados de tal modo, que el uno neutraliza los efectos del otro y su presencia no se hace sensible hasta que entre otras causas, el frote descompone los dos flúidos y los separa; una vez separados los dos flúidos tienden á unirse, á combinarse de nuevo para formar el flúido natural. Si se aproximan pues dos cuerpos el uno cargado de electricidad vítreo y el otro de electricidad resinosa, cada uno de dichos cuerpos tiene tendencia á procurarse el flúido que le falta para formar la combinacion que le es natural y dichos cuerpos se atraerán con mayor ó menor fuerza, segun la distancia ó la cantidad de flúido eléctrico que poseen; es decir, estarán sujetos á las dos leyes siguientes: 1.º las atracciones y las repulsiones eléctricas estan en razon directa de las cantidades de electricidad; 2.º las atracciones y las repulsiones eléctricas estan en razon inversa del cuadrado de las distancias, es decir, que si la distancia á que se hallan dos cuerpos electrizados se hace cuatro veces menor las fuerzas se hacen 16 veces mas grandes; si

dos cuerpos electrizados en un mismo sentido situados á distancia de una pulgada se rechazan con cierta fuerza, los mismos cuerpos colocados á una distancia de tres pulgadas la fuerza repulsiva será solamente un noveno de la primera ; estas leyes se demuestran de un modo evidente por medio de un aparato llamado balanza eléctrica de Coulomb, con la cual se miden con tanta exactitud los grados de tension eléctrica como un peso por medio de la balanza ordinaria.

Volviendo á las causas que ocasionan las atracciones y repulsiones eléctricas, diremos que cuando se frota una barra de lacre con una tela de lana , el frote descompone el flúido eléctrico de estos dos cuerpos ; el flúido vítreo del lacre pasa á la tela de lana y el flúido resinoso de la lana pasa á la barra de lacre ; tenemos pues dos cuerpos electrizados el uno, ó sea el lacre con electricidad resinosa, y la tela de lana con electricidad vítrea. La electricidad que se desarrolla en un cuerpo por el frote defiende no solo de la naturaleza del cuerpo sí que tambien de la naturaleza del cuerpo con el cual se frota ; si en lugar de una barra de lacre se frota con la misma tela de lana un tubo de vidrio dicha tela se carga de flúido resinoso. Con lo que llevamos dicho será fácil comprender porque los cuerpos ligeros son atraídos por otros cuerpos electrizados por el frote. Tomando una barra de lacre y frotándola con la lana se electriza con el flúido resinoso. Veamos ahora lo que sucederá si aproximamos el lacre á una bola formada con médula de sahuco que suponemos se halla en estado natural, es decir que posee como otro cuerpo cualquiera los dos flúidos combinados ; lo que sucederá en este caso será que antes de ponerse en contacto los dos cuerpos, los flúidos en que tiene en combinacion la bola de sahuco sufrirán una descomposicion á cierta distancia, con sola la influencia ejercida por la electricidad del lacre. Como los flúidos de distinto nombre se atraen,

mientras los de un mismo nombre se repelen ; el fluido vítreo de la bola es atraído á su superficie y hácia el punto mas inmediato al lacre ; al mismo tiempo que el fluido resinoso es repelido hácia el punto mas lejano. En este estado ambos cuerpos tienden, el fluido vítreo de la bola y el fluido resinoso del lacre, á combinarse por cuya circunstancia se atraerán con tanta mayor fuerza, quanto menor sea la distancia. Podrá suceder que la atraccion tenga tanta fuerza para que el fluido vítreo arrastre con él á la bola y en este caso la veremos precipitarse sobre el lacre de la misma manera que hemos dicho se precipitaban una sobre otra dos bolas de médula de sahuco suspendidas de un hilo de seda, electrizadas la una con fluido vítreo y la otra con fluido resinoso. Segun lo que acabamos de manifestar se vé que no hay necesidad de poner en contacto dos cuerpos para que uno de ellos electricice al otro sino que basta el acercarlos á cierta distancia, y en este caso se dice que la electricidad se desarrolla por influencia.

Para estudiar los fenómenos de la electricidad por influencia se hace uso de un cilindro de laton aislado sobre un pié de vidrio, y á cuyas extremidades se colocan dos bolitas de médula de sahuco suspendidas con hilos conductores v. gr. el hilo del cáñamo.

Cuando se aproxima al cilindro un cuerpo electrizado que supondremos lo sea positivamente, es decir cargado de electricidad vítrea, su fluido ejercerá una doble accion en el fluido natural del cilindro como lo manifiestan las dos bolitas una de las cuales, la mas cercana al cuerpo estrizado es atraída mientras que la mas lejana es repelida ; lo que prueba que el fluido de nombre contrario, es decir el negativo es atraído y el fluido del mismo nombre al del cuerpo electrizado, es repelida. Acercando á la bolita mas distante del cuerpo electrizado un cilindro de vidrio despues de frotado, dicha bolita será repelida; prueba que se halla cargada de elec-

tricidad vítrea, lo propio sucedería á la otra bolita si se acercaba á ella una barra de lacre despues de haber sido frotada. Estos fenómenos seguirán experimentándose mientras el cuerpo electrizado, se halle inmediato al cilindro ; pero si se aleja , al instante cesa de presentar los fenómenos eléctricos y en este caso se dice que el cilindro se halla fuera de la esfera de actividad del cuerpo electrizado, á causa de la recomposicion de los dos flúidos que solo estaban separados por la atraccion y repulsion que ejercia sobre ellos el flúido víteo.

El mayor grado de fuerza eléctrica del cilindro se halla en sus extremidades ; á partir de dichos puntos, el poder eléctrico va disminuyendo hasta que al llegar en el medio no se presenta ninguna señal eléctrica, por cuya circunstancia se llama á dicha línea divisoria, línea neutra.

Si en lugar de permanecer aislado el cilindro se pone en comunicacion con la tierra, por medio de un hilo conductor, dicho cilindro al presentarle un cuerpo cargado con electricidad vítrea solo poseeria el flúido resinoso, porque el del mismo nombre que seria repelido, hallando por donde escaparse, iria á pasar al depósito comun, que es así como hemos dicho se llamaba la masa entera del globo.

Para poder electrizar un cuerpo buen conductor es preciso aislarle y esto se consigue colocándole sobre cuerpos malos conductores, como el vidrio , la resina á la seda.

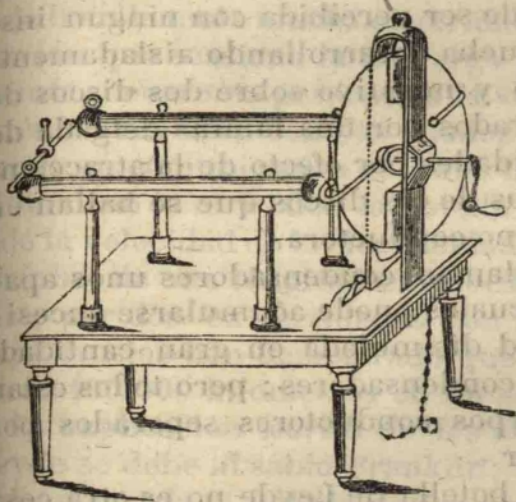
Distribucion de la electricidad en la superficie de los cuerpos. La experiencia ha demostrado que si se toma una esfera de metal hueca con una abertura circular en la parte superior , colocada sobre un aislador y suponiéndola electrizada , mientras la superficie exterior dará señales evidentes de electricidad , el interior no dará ninguna ; el fenómeno de la electricidad es inde-

pendiente de la cantidad de materia que posee un cuerpo, porque dos esferas de igual diámetro que la una esté electrizada y la otra no, la electricidad se repartirá en ellas de un modo igual si se ponen en contacto, sea cual fuere la sustancia de que están compuestas; aun suponiendo que la una esté hueca y la otra nó. Para hacer mas evidente esta propiedad, si se toma una esfera de vidrio y se cubre su superficie con una capa de oro igual á la centésima parte de un grano y se aproxima á otra esfera toda de cobre pero de un volúmen igual, la esfera de vidrio recibirá la mitad de la electricidad; sabiendo que el vidrio es mal conductor del fluido eléctrico, es evidente que dicha cantidad de electricidad se ha fijado en la centésima parte de un grano de oro. Desarrollándose la electricidad en la superficie de los cuerpos, se escapará fácilmente á no hallarse detenida por la presión del aire cuando está seco; porque si está muy cargado de humedad, atrae en poco tiempo la electricidad y la dispersa. Si se coloca un cuerpo electrizado en el vacío de la máquina neumática, pierde fácilmente la electricidad que poseía.

La forma esférica es la mas propia para conservar la electricidad de un cuerpo; á causa de ser la tensión eléctrica la misma en todos los puntos de su superficie. Cuando el cuerpo presenta una forma prolongada, las extremidades de dicho cuerpo son las que poseen mayor cantidad de fluido eléctrico. Si el cuerpo es en forma de cono, la electricidad va siendo cada vez mas intensa á partir de la base y al llegar á la punta adquiere una tensión, capaz de contrarestar la presión del aire y escaparse el fluido sin ruido y sin luz, esparramándose en la atmósfera y sobre los cuerpos inmediatos. La experiencia ha demostrado que si se coloca un apéndice terminado en punta sobre un cuerpo conductor aislado, no pueden retener la electricidad que se le dé porque todo el fluido se escapa por dicha punta.

Cuando se aproximan dos cuerpos de una dimension algo considerable, cargados de electricidades diferentes, podrá suceder que los dos flúidos por la tendencia que tienen de recomponerse ó formar el flúido natural, abandonarán los cuerpos á la superficie de los cuales se hallaban detenidos, precipitándose uno sobre otro; en cuyo caso se apercibe en el espacio intermedio entre los dos cuerpos, es decir, en el punto donde tiene lugar la combinacion, una fuerte chispa, acompañada de un ruido tanto mas considerable, quanto mayor sea la electricidad acumulada sobre la superficie de ambos cuerpos y con los cuales se obtienen descargas eléctricas capaces de matar á los animales. Entre los aparatos que sirven para producir desarrollo de electricidad haremos particular mencion de la máquina eléctrica.

Máquina eléctrica ordinaria. La parte principal de la máquina eléctrica ordinaria, consiste en un disco de vidrio el cual desarrolla por medio del frote la electricidad vítrea y descompone por influencia el fluido natural de los conductores; el de nombre contrario ó sea el negativo es atraído y se escapa á través de los extremos de los cilindros inmediatos y se lanza sobre el disco neutralizando su fluido positivo desarrollado por el movimiento de rotacion; mientras el fluido positivo ó vítreo, permanece acumulado sobre los mismos conductores. Los cogines con los cuales frota el disco, comunican por medio de una cadena metálica con el depósito comun. Además de la máquina eléc-



trica ordinaria existen otras de un solo conductor en el cual se desarrolla á voluntad el fluido positivo ó el negativo ; hay otra máquina de dos cilindros , que no están en comunicacion, y está construida de modo que pueda dar á un mismo tiempo las dos electricidades.

Con la máquina eléctrica se hacen varias experiencias sumamente curiosas é interesantes. Si un persona colocada sobre un taburete aislado se pone en comunicacion con la máquina eléctrica, se electriza lo mismo que los conductores de la máquina ; si una segunda persona que comunique con el suelo aproxima uno de sus dedos á la persona electrizada saca chispas como si hiciera el experimento con los conductores de la máquina.

De la *electricidad latente ó disimulada*. Se dá el nombre de *electricidad latente ó disimulada*, la electricidad cuya presencia no puede ser percibida con ningun instrumento; lo que se prueba desarrollando aisladamente los dos fluidos positivo y negativo sobre dos discos de metal que esten separados por una lámina delgada de vidrio; las dos electricidades por efecto de la atraccion, pasan á ocupar las caras de los discos que se hallan en contacto con la lámina no conductora.

Condensadores. Se llaman condensadores unos aparatos por medio de los cuales puede acumularse sucesivamente la electricidad disimulada en gran cantidad; varias son las clases de condensadores ; pero todos estan formados por dos cuerpos conductores separados por un cuerpo no conductor.

Botella de Leyde. La botella de Leyde no es otra cosa que un condensador y consiste en una botella de cristal cuyo interior está lleno de láminas de oro y forman lo que se llama *armadura interior*; la parte exterior está cubierta hasta unas dos terceras partes de su altura de una hoja de estaño, llamada *armadura exterior*. Una



varilla metálica encorvada pasa á través del tapon de corcho, que cierra el cuello de la botella y comunica con la armadura interior (véase la figura.)

Para cargar la *botella de Leyde* se aproxima el boton de la varilla metálica con el conductor de una máquina eléctrica, sosteniendo con una mano la botella por la parte de la armadura exterior. La botella de Leyde puede descargarse lentamente, como el condensador ordinario, ya tocando la armadura interior ya la exterior ; tambien puede descargarse instantáneamente tocando á la vez ambas armaduras con el *escitador*, especie de compás metálico terminado por dos esferitas. Si en lugar de hacer uso del escitador se tocaba con una mano, una de las armaduras y se acercaba la otra á la otra armadura, se obtendria una viva chispa; y la persona que recibiria la descarga, podria sufrir una conmocion hasta peligrosa si la botella tenia mucha electricidad acumulada; la conmocion que ocasiona la descarga puede hacerse sentir á treinta y cuarenta personas á la vez; basta para ello que estén en contacto con las manos y que la primera se ponga en comunicacion con una de las armaduras y la última con la otra. Con la botella de Leyde se ha calculado la velocidad de la electricidad, tomando al efecto un alambre de una longitud extraordinaria puesto en contacto por dos extremidades con las armaduras. Varias experiencias han demostrado que el fluido eléctrico recorre 400.000 kilómetros en un segundo.

La explicacion teórica de los efectos de la botella de Leyde se debe al sábio Franklin; segun el célebre filósofo, colocada la botella de Leyde en comunicacion con el conductor de una máquina eléctrica por medio de la varilla metálica, este trasmite el fluido, que supondremos sea positivo, á la armadura interior, donde obrando por influencia descompone el fluido neutro de la lámina de estaño ó sea de la armadura exterior. El fluido vítreo es repelido y va á parar al depósito comun ; el

fluido negativo, por el contrario es atraído y no pudiendo pasar al través del vidrio por ser un mal conductor para formar el fluido natural de la armadura interior, queda detenido en la lámina de estaño.

Bateria eléctrica. Cuando se reúnen varias botellas de Leyde, de modo que su armadura interior esté en comunicacion por medio de las varillas metálicas y la armadura exterior por medio de una lámina de estaño, esta reunion de botellas toma el nombre de batería eléctrica.

Los efectos de la batería eléctrica, aunque con mayor intensidad, son los mismos que los de la botella de Leyde. Es necesario, pues, tomar las precauciones necesarias cuando se descarga una batería para evitar una conmocion que podría ocasionar la muerte. Una cinta de raso dorada, puesta en comunicacion por sus dos extremos con las dos armaduras de la batería, mientras el oro se volatiliza la cinta no experimenta ningún efecto calorífero. La descarga de una batería puede fundir un hilo de hierro y de otros metales, inflamar el alcohol, la pólvora y hacer astillas un pedazo de madera; sus efectos aunque en proporciones mas reducidas se parecen á la fuerza del rayo.

Electricidad admosférica. Franklin en 1752 descubrió que no solamente existe analogía, sino identidad, entre la electricidad de las máquinas que acabamos de describir y el rayo. Despues de varias experiencias satisfactorias, la mas importante consistió en elevar, durante un tiempo tempestuoso, hácia una nube que suponía cargada de electricidad, una cometa armado con una punta metálica. Como la cuerda que retenía la cometa fuese poco conductriz, se pasó algún tiempo sin que presentase ninguna señal de electricidad; pero una vez mojada por la lluvia que sobrevino, se hizo bastante conductriz para transmitir la electricidad de la nube tempestuosa á la extremidad inferior. Franklin aproxi-

mó un dedo á la cuerda de la cual salieron chispas como de un conductor electrizado. Esta experiencia repetida, puso fuera de toda duda que la nube tempestuosa que habia electrizado la cometa, estaba tambien electrizada. No son solamente las nubes tempestuosas las que poseen el fluido eléctrico sino que existe en todas partes, habiéndose probado que el aire atmosférico en su mayor estado de pureza y sin nubes se halla mas ó menos cargado de electricidad. Por lo que llevamos dicho, es fácil darse cuenta de los fenómenos eléctricos que tienen lugar en la atmósfera. Cuando dos nubes cargadas de electricidad se acercan una á otra, se repelerán con fuerza si están electrizadas con fluido de un mismo nombre; pero se atraerán, si la una se halla cargada de fluido vítreo y la otra con fluido resinoso, á causa de la tendencia que tienen á combinarse dichos fluidos. Si la distancia que las separa es poca, los fluidos pueden vencer la resistencia del aire y la descarga tendrá lugar; en este caso la chispa eléctrica, pero una chispa poderosa, atraviesa los espacios; este el rayo; la luz brillante que acompaña el movimiento de los fluidos eléctricos forma el *relámpago* y el ruido de la explosion es el trueno.

Aunque la generalidad de las veces las descargas electricas tienen lugar entre las nubes, sucede tambien con frecuencia que se verifican entre las nubes y la tierra. Cuando una nube ó una masa de nubes se halla muy cargada de electricidad, supongamos de fluido vítreo, dicha nube descompone por influencia el fluido neutro de los cuerpos terrestres que tiene inmediatos; es decir, atrae hácia sí el fluido negativo y repele el fluido del mismo nombre; en este caso todos los objetos que tengan alguna elevacion hallándose mas próximos á la esfera de actividad de la nube se hallan expuestos á ser heridos por el rayo y tanto mas, cuanto sean mejores conductores de la electricidad. Suponiendo que en una

llanura se encuentra una casa bastante elevada y que se halla encima de la llanura y del edificio la nube electrizada y que el fluido de que está cargada es el vítreo como lo hemos supuesto ya anteriormente ; en este caso repelará hácia el suelo el fluido positivo y atraerá hácia el punto mas elevado del edificio el fluido negativo que tendrá tendencia á escaparse hácia la nube por la cual es atraído; pero si no puede efectuarlo gradualmente á causa de la resistencia que le opone el aire, una vez acumulado allí en bastante cantidad, por la tendencia que tienen dichos fluidos á combinarse y se aproximan lo bastante para llegar á vencer con violencia la masa de aire que los separa, entonces la chispa eléctrica caerá sobre el edificio que recibirá lo que se llama el choque directo; pudiendo suceder tambien que un hombre situado á bastante distancia del edificio muera sin ser herido por el rayo á causa del choque en revuelta ; este fenómeno se explica bastante satisfactoriamente suponiendo que ántes de caer el rayo á causa de la influencia de la nube, su fluido natural se hallaba descompuesto como en el edificio, es decir, el fluido negativo habia sido llevado á la cabeza y el fluido positivo hácia los piés ; ahora bien, una vez descargada la nube, la recomposicion de los dos fluidos puede ser tan violenta que ocasione la muerte de un individuo sin ser herido por el rayo

Seria imprudente durante la tempestad el guarecerse debajo de los árboles, particularmente debajo de un árbol que se halle aislado, porque las ramas y las hojas que hacen el oficio de puntas y bastante buenas conductoras de la electricidad, una vez mojadas podria ser fácilmente herido por el rayo.

Los terribles efectos del rayo son demasiado conocidos para que nos detengamos en describirlos; cuando para llegar á las masas metálicas subterráneas tiene que atravesar capas de arena, forma en ella tubos de bas-

tante profundidad, cuyas paredes interiores se hallan vitrificadas, vitrificacion formada por la arena fundida por el rayo. Estos tubos se han observado su formacion instantánea en los parajes donde acababa de caer el rayo.

Entre los varios medios buscados por el hombre para librarse del rayo, el mas eficaz, de un éxito seguro, son los pararayos, aparatos inventados por Franklin; pero las personas asustadizas podrian estar tranquilas, si durante una tempestad se cubrian con vestidos de seda que estuvieran bien secos ó mejor se colocarán sobre asientos que tuvieran los piés de vidrio, permaneciendo así aisladas; aunque el rayo cayera en un paraje poco distante de ellas, no podrian ser mortalmente heridas si bien recibirian cierta conmocion.

Pararayos. Un pararayos se compone de una barra de metal terminada en punta que se coloca verticalmente sobre los edificios que se trata de resguardar de los terribles efectos del rayo. Cuando una nube tempestuosa pasa por encima del pararayos, descompone por influencia la electricidad neutra de la barra y del conductor, repeliendo la del mismo nombre de que está cargada la nube y atrayendo la de nombre contrario acumulada al cuerpo que se halla bajo la accion de la nube electrizada; pero estando la barra terminada en punta ofrece libre paso á la electricidad que necesita dicha nube para formar el fluido natural, impidiendo por este medio la descarga eléctrica; con todo si fuera la electricidad acumulada muy considerable podria suceder que cayera el rayo; pero siendo la barra un buen conductor, recibiria la descarga, y la chispa eléctrica seguiria la direccion de una cuerda metálica que pone en comunicacion el pararayos con la tierra yendo á parar á un depósito de agua ó bien en un pozo que contiene cierta cantidad de carbon decoke. Se acostumbra dorar la punta de los pararayos ó construirla de platina para evitar la oxidacion.

Aunque no está bien determinado el límite de acción de los pararrayos, esto no obstante, la experiencia ha demostrado que protegen de un modo eficaz una circunferencia cuyo radio sea doble de longitud de la barra que suele tener 8 ó 9 metros de largo.

Algunas veces durante las tempestades de mar, se ven aparecer en los mástiles y otros puntos de las embarcaciones, unas débiles luces, llamadas fuego S. Telmo ó de Castor y Polux. Este fenómeno se atribuye al fluido eléctrico que se descarga de la nube sobre los masteleros que en tal caso hacen veces de pararrayos evitando una descarga repentina.

Durante un tiempo tempestuoso puede suceder que el aire se halle tan cargado de electricidad, que en la obscuridad todos los cuerpos aparecen luminosos, particularmente el agua.

Se conocen varias especies de pescados eléctricos de cuyo fluido hacen uso á su voluntad para defenderse ó para hacer presa de los pescados que les sirven de alimento. Alguna de las especies de los peces eléctricos se cria en abundancia en varios puntos de la costa de Cataluña, pero no presentan los fenómenos extraordinarios que se notan en los tórpidos y los gimnotes; estos últimos son tan abundantes como tímidos por los habitantes de algunos puntos de la América meridional. Los indios aseguran que cuando se sacan en una misma red jóvenes y robustos cocodrilos y varios gimnotes, estos últimos salen ilesos, impidiendo con sus descargas el ser atacados por los cocodrilos.

Se han hecho observaciones curiosas con gimnotes vivos que se han traído á Europa; en Estocolmo uno de estos pescados vivió cuatro meses.

Las caballerías mueren con frecuencia, al atravesar algun vado que contenga gimnotes, de resultas de las fuertes descargas recibidas; todos los peces, lo mismo que los lagartos, ranas y tortugas procuran hallar para-

ges en donde estar al abrigo de la accion de tan terrible enemigo.

El trueno. El ruido más ó menos intenso que se oye despues del relámpago, se llama trueno. Se supone, si este ruido es ocasionado por la expansion repentina de la capa de aire y tambien por los vapores que atraviesa el relámpago.

Las nubes eléctricas que hemos dicho se atraen ó repelen segun sean sus electricidades, explica los movimientos extraordinarios que se observan en ellas despues de la descarga eléctrica, aproximándose unas veces, separándose otras, ó bien girando sobre sí mismas. Estas perturbaciones segun el sentir de algunos físicos, son las que ocasionan la formacion del granizo, enviándose unas á otras partículas de yelo que pueden llegar á adquirir grandes dimensiones.

Galvanismo.

Además del frote, la electricidad puede desarrollarse por contacto entre dos metales y es al estudio de este nuevo modo de producir ó formar corrientes eléctricas que se llama electricidad dinámica y tambien *galvanismo*, del nombre de Galvani; cuyas experiencias dieron nacimiento á este nuevo é importante ramo de la física.

Ya en 1797 un físico llamado Sulzer habia observado que si se aplican dos pedazos de metal á la lengua, una moneda de plata, por ejemplo, y una pequeña plancha de zinc ó de plomo, de modo que la una se coloque sobre dicho órgano y la otra debajo, arrimadas á la extremidad, de manera que puedan ponerse en contacto dichas piezas, se experimenta al verificarse dicho contacto un sabor particular y bastante pronunciado, cuya sensacion es debida á la electricidad que determina el con-

tacto de los dos metales; pero estos experimentos obtuvieron poca importancia hasta que la casualidad hizo que Galvani, célebre médico, observara las contracciones que experimentaba una rana poco tiempo despues de muerta cuando se ponian en contacto dos de sus miembros con dos metales diferentes unidos por sus extremidades libres. Las experiencias de Galvani se repitieron con entusiasmo por todo Europa; pero se ignoró por mucho tiempo la causa de tan singular fenómeno, hasta que Volta despues de haber sostenido durante seis años una teoría diferente de la de Galvani, inventando la pila que lleva su nombre ó sea pila de Volta puso fuera de toda duda la verdad de sus razonamientos, que consistian en demostrar que el fluido eléctrico no se hallaba encerrado en el cuerpo de la rana como lo sostenia Galvani y si que era desarrollado por el contacto de dos metales heterogéneos. La fuerza que nace de poner en contacto dos metales, fué llamada por Volta *electromotriz*. El aparato de que se servia Volta en sus experiencias y que fué inventado por él, era el electómetro condensador, cuyo instrumento sirve para descubrir las cantidades mas insignificantes de electricidad que poseen los cuerpos. Segun las substancias que se ponen en contacto, la electricidad desarrollada es mas ó menos intensa. Se llaman cuerpos buenos electro-motores á los metales, porque la fuerza electromotriz en ellos desarrollada es muy enérgica, mientras es muy débil en las sustancias no metálicas, tales como el agua y los ácidos, etc., por cuya circunstancia se llaman malos electro-motores á cuerpos conductores no electro-motores.

En las experiencias practicadas por Galvani, los arcos metálicos, especie de compás, eran cuerpos buenos electro-motores: los nervios y músculos de la rana eran malos electro-motores.

Pila de Volta. La pila de Volta está compuesta de

discos de metal de cobre y zinc y de pedazos de carton embebidos en el agua salada y colocados unos sobre otros de modo que formen columna. El disco de zinc está soldado con el disco de cobre y en este caso constituyen lo que se llama un par de la pila; cada par de la pila está separado por un pedazo de carton ó de paño embebido como queda dicho en agua salada. La fuerza desarrollada por la pila depende del número de pares de que se compone. Una de las extremidades de la pila termina en cobre y se llama polo cobre ó negativo; la otra extremidad que termina en zinc se llama polo zinc ó positivo. Cuando la pila está en contacto con el suelo por medio del polo cobre se desarrolla un manantial inagotable de electricidad vítrea en el polo zinc, mientras no sufra alteracion la pila. Si por el contrario se hace comunicar con el suelo la pila por el elemento zinc, la electricidad desarrollada en el otro extremo es electricidad resinosa, manantial de fluido que como el anterior es inagotable y constante.

Cuando la pila se halla aislada, es decir, sin estar en comunicacion con el suelo, en uno de sus extremos se halla fuertemente desarrollada la electricidad vítrea y en el otro la electricidad resinosa. Al centro de la pila la electricidad es nula y á partir de dicho punto va creciendo igualmente por ambos lados hasta llegar á las extremidades.

Si se ponen en comunicacion los dos polos de la pila por medio de un cuerpo conductor, un hilo metálico por ejemplo, los dos fluidos tienden á recomponerse descomponiendo de continuo la electricidad neutra, de modo que el hilo se halla atravesado incesantemente por dos corrientes contrarias. La pila de Volta ha recibido nuevas modificaciones ya en su forma ya en los principios que la forman, destinados todos ellos á desarrollar la electricidad dinámica de que venimos hablando.

Los efectos de la pila de Volta, algunos de los cuales

han tenido las mas importantes aplicaciones, pueden dividirse en tres clases 1.º efectos fisiológicos; 2.º efectos físicos; 3.º efectos químicos.

Efectos fisiológicos de las pilas. Cuando se tocan los dos polos de la pila teniendo las manos mojadas, se experimentan conmociones como sucede cuando se recibe la descarga de una botella de Leyde; pero asi como en la botella la accion es instantánea y cesa luego de la descarga, en la pila es continua por hallarse la electricidad en movimiento, mientras en la botella se halla por el contrario en reposo.

Efectos fisicos de la pila. Los principales efectos fisicos que pueden obtenerse por medio de la pila son el calor, la luz y fuerza mecánica. Si se ponen en comunicacion los dos polos de una pila por medio de un hilo de metal muy delgado, aunque sea de platino, se pone incandescente y se derrite. Cuando los metales mas infusibles llegan no solo á fundirse sino á volatilizarse, podemos estar seguros de que no hay ninguna sustancia que pueda resistir la fuerte accion calorifera que puede desarrollar la pila. Cuando los dos conductores terminan en dos puntas de carbon, colocadas de modo que esten á algunos centímetros de distancia uno de otro, se obtiene la luz llamada eléctrica, cuyo brillo puede solo compararse con la luz solar. Si se coloca bajo la accion de una pila un hilo de cobre enrollado á una pieza de hierro ó de acero, estos metales adquieren una fuerza magnética capaz de atraer masas de hierro de bastante peso. Sucede una cosa singular con la imantacion del acero y del hierro por medio de la corriente eléctrica de una pila y es que mientras el acero conserva su imantacion, el hierro dulce la pierde cuando se interrumpe la corriente. Este hecho, segun veremos luego, es digno de llamar la atencion por ser el principio en que se halla fundada una de las invenciones modernas mas sorprendentes; el telégrafo eléctrico.

Efectos químicos de la pila. Haciendo comunicar los dos polos de una pila con una cantidad de agua, esta se descompone en los dos principios que la constituyen, el oxígeno se dirige hácia el polo positivo y el hidrógeno hacia el negativo. Algunas sustancias que se habían considerado como elementos ó cuerpos simples tales como la sosa, la cal y la potasa, han sido descompuestos por la acción de la pila, con cuyo medio se ha obtenido el sodio y el potasio, metales que poseen la propiedad de poder arder á la temperatura ordinaria del agua. La pila ejerce su poder de descomposición sobre todas las sustancias compuestas.

A los efectos químicos de la pila se debe la invención de la galvanoplastia ó sea el arte de aplicar los metales en capas muy delgadas sobre la superficie de los cuerpos; cuyos procedimientos, particularmente el dorado y el plateado son hoy día un ramo importante de la industria. Sumergiendo los dos polos de la pila en una disolución de sulfato de cobre, el ácido sulfúrico se dirige al polo positivo y el óxido de cobre se dirige al polo negativo, descomponiéndose en sus dos elementos; el oxígeno que pasa en estado de gas al polo positivo con el ácido sulfúrico y el cobre que se deposita al polo negativo. Según lo expuesto, para cobrizar un metal, bastará sumergirlo en una disolución de sulfato de cobre, haciendo comunicar dicho metal con el polo negativo de la pila, mientras que una lámina de cobre igualmente sumergida comunica con el polo positivo. Para dorar ó platear los objetos, se sigue un procedimiento análogo al descrito para cobrizarlos; pero debe sumergirse la pieza ó el objeto que se quiere dorar en una disolución que contiene cianuro de oro disuelto en el cianuro de potasio. Para el plateado se sustituye el cianuro de oro por el cianuro de plata. La lámina de cobre que hemos dicho comunicaba con el polo positivo de la pila cuando se trata de cobrizar un objeto, es reem-

plazada por una lámina de oro ó de plata segun que sea el dorado ó el plateado lo que desea obtenerse. Algunos minutos bastan para la operacion, á menos que se quisiera obtener una capa de oro de cierto espesor, en cuyo caso la inmersion de la pieza debería durar mas tiempo.

Los objetos no metálicos v. g. la madera, el yeso, la guta percha, etc., deben primeramente metalizarse para hacerlos buenos conductores y á cuyo efecto se cubren por medio de un pincel con una capa de plom-bajina ó de otro polvo metálico; se rodean luego los objetos con un hilo de cobre puesto en contacto con la superficie conductriz y se lastran por medio de un peso aislado para hacerlos sumergir; la inmersion debe hacerse de un modo lento para impedir la adhesion de globulos de aire que depositados sobre la superficie de los objetos producirian otros tantos orificios.

La sustancia que se destina generalmente para moldes es la guta-percha que tanto se presta una vez reblandecida por el calor á tomar la forma de los objetos cuyo modelo se quiere reproducir. Cuando en lugar de la guta-percha se emplea el yeso debe antes cubrirse de una capa de cera derretida para hacerlo impermeable. Una vez preparado el molde se hace conductor cubriéndolo segun se ha dicho con una capa de plom-bajina.

Son muchas é importantes las aplicaciones de la galvanoplastia que permite el poderse reproducir por este medio, medallas, estatuas, bajos relieves, etc. Una plancha de cobre una vez grabada se deteriora despues de una tirada mas ó menos larga; pero con esta primera plancha cuando sale de manos del artista pueden sacarse con la galvanoplastia las reproducciones que se quieran y que sirven perfectamente para hacer con ellas la tirada de las láminas, conservándose siempre por este medio el tipo primitivo.

Los procedimientos de Mr. de La Rive perfeccionados por MM. Elkington y Ruolz y aplicados por M. Christoffe á la vasijeria, han dado por resultado que por un precio módico pueden obtenerse las ventajas higiénicas que resultan del uso de la plata para las necesidades domésticas.

Magnetismo.

Ymanes. En el interior de la tierra se hallan unas substancias llamadas óxidos de hierro que tienen la propiedad de atraer el hierro y otros metales, que hace poco tiempo se conocen, tales son el cromo, el níquel y el cobalto.

Se designa bajo el nombre de *magnetismo*, el conjunto de fenómenos que presentan los imanes ó bien á la causa desconocida de tales fenómenos; la mayor parte de los físicos están acordes, según hechos autorizados, á creer que el fluido magnético es el mismo fluido eléctrico obrando en circunstancias particulares.

Los imanes se dividen en naturales y artificiales, los primeros que abundan en casi todos los puntos del globo, son conocidos como hemos dicho con el nombre de óxido de hierro, por ser sus componentes el hierro y el oxígeno.

Los imanes artificiales no son otra cosa que agujas ó barras de acero, á las cuales por medio de sencillos procedimientos se les han aplicado las propiedades magnéticas; pues basta para obtener un iman artificial frotar la barra ó aguja de acero con un iman.

Cuando se hace rodar un iman sobre las limaduras de acero, se las ve unirse en su superficie particularmente en las extremidades sin que puedan hacerse fijar en la línea media. Se ve pues que no todas las partes de un iman ó de una barra imantada atraen con

igual intensidad; por cuya circunstancia pueden distinguirse tres partes bien notables: su parte media, en la cual es nula la atracción, y las dos extremidades, en donde la atracción se ejerce con mayor fuerza. Las extremidades de un imán, que toman también el nombre de polo boreal el uno y austral el otro, á causa de la tendencia que tienen de dirigirse hácia los polos del mundo, ofrecen la particularidad de que los polos de un mismo nombre se repelen y que por el contrario los de nombre contrario se atraen; es decir que si se suspenden dos imanes por medio de dos hilos, ambos dirigirán una de sus extremidades hácia el norte, volviendo á tomar la misma dirección aunque se les separe de ella; aproximando una á otra las dos extremidades que se dirigen hácia el norte, se rechazan; pero aproximando la extremidad que se dirige hácia el sur con la que se dirige hácia el norte, se atraen. En virtud de estas atracciones y repulsiones, es de suponer que se han designado los polos de una aguja imantada en sentido inverso de los polos magnéticos de la tierra.

La fuerza magnética de los imanes, tiene lugar en todos los puntos de la tierra; lo mismo en la profundidad de las minas que sobre la altura de las mas elevadas montañas; lo que obliga á creer que la tierra es un vasto imán cuya línea neutra se halla hácia el ecuador y los polos hácia los polos geográficos.

La atracción mútua del imán y del hierro se ejerce generalmente al través de todas las sustancias que no son magnéticas por sí mismas; cuando se ponen limaduras de hierro sobre un plato, una hoja de papel ó de un vidrio y se coloca debajo un imán, se notará como se mueven las limaduras formando curvas regulares que toman la dirección de los polos del imán.

La influencia que tienen los imanes de atraerse ó de repelerse, es la causa de una multitud de recreaciones físicas, algunos de los cuales sirven de pasatiempo á

los niños. Unas veces es un barquichuelo, otras un pececillo ó una ave la que sobrenadando en la superficie del agua puede ser atraída ó repelida sin tocarla, segun el polo que se acerque á la pequeña bárrita de hierro oculta en el interior de los objetos que sirven de entretenimiento.

Cuando se deja caer horizontalmente una aguja fina de acero en el agua, esta se sostiene á la superficie del líquido y toma sin ser imantada la direccion de la aguja náutica ; si el agua está contenida en un plato, paseando por debajo un iman ó bien acercándolo á uno de los bordes, se verá la influencia que ejerce sobre dicha aguja ; experiencia que no deja de ser muy curiosa.

Una de las aplicaciones mas interesantes que se han hecho con el iman, es la de haber formado con él, el instrumento que se llama brújula que de tanta utilidad sirve á los navagantes para conocer el rumbo que debe tomar la embarcacion para dirigirse á un punto determinado, atravesando la inmensidad del océano.

El plano vertical que pasa á lo largo de la aguja horizontal, se llama meridiano magnético y raras veces coincide con el meridiano terrestre, que es para cada punto, el plano vertical que pasa por el polo norte. El ángulo que forman dichos planos se llama ángulo de declinacion de la aguja y es variable no solo para los distintos lugares de la tierra, sí que tambien varia con los años en un mismo lugar. En Paris al año 1600 la declinacion era nula, es decir, que los meridianos terrestre y magnético coincidian ; actualmente la declinacion es muy considerable hácia el Oeste. Estas variaciones no son un obstáculo para que la brújula sea un guia seguro, por medio de las correcciones que se hacen cada tres ó cuatro años, al efecto de conocer en cada lugar la verdadera declinacion.

Ademas de la declinacion, la aguja imantada presenta otro fenómeno llamado inclinacion, debido á la atraccion

que el polo magnético de la tierra ejerce sobre la aguja. La inclinacion aumenta á medida que uno se aproxima hácia los polos magnéticos de la tierra y disminuye por el contrario aproximándose al ecuador magnético situado hácia el ecuador terrestre ; pero que no coincide con él. En el hemisfério austral el polo sud de la aguja baja, es decir, forma un ángulo con el horizonte; en el hemisfério boreal es el polo norte el que se inclina. La inclinacion llega á ser en los polos de $90.^{\circ}$ mientras en el ecuador magnético toma la aguja una posicion perfectamente horizontal.

Segun parece, la brújula era conocida de los Chinos mas de mil años antes de nuestra era y se ignora quien pudo introducirla en Europa. Las primeras obras que hablan de la brújula datan del año 1831.

La aguja imantada de la brújula, experimenta perturbaciones dimanadas por varias causas, entre las cuales pueden citarse las erupciones volcánicas, los terremotos, el rayo y las auroras boreales, cuyo fenómeno luminoso es uno de los mas extraordinarios que acaecen en la atmósfera. Como las auroras boreales se forman siempre tomando la direccion del meridiano magnético, se cree si la luz de tan vistoso fenómeno es debido á la electricidad. El rayo cambia muchas veces la imantacion de las agujas, haciendo del polo norte el polo sur y al contrario.

Las propiedades magnéticas pueden trasmitirse á algunos cuerpos que no las poseen naturalmente; ya sea por la accion de los imanes naturales, por la accion de la tierra y tambien por la accion de las corrientes eléctricas.

La imantacion artificial puede hacerse por simple contacto y para ello basta pasar varias veces el polo de un iman por la superficie longitudinal de la barra que se quiere imantar manteniéndola en una posicion horizontal.

El hierro dulce es susceptible de imantarse por la acción magnética del globo terrestre y para ello basta sostener una barra de dicho metal en la dirección de la aguja de inclinación, para que quede imantada por influencia. Basta también para electrizar una barra de acero ó de hierro el hacer pasar alrededor de la barra una corriente eléctrica.

Telegrafía eléctrica.

No bien tuvieron los físicos conocimiento de los fenómenos eléctricos, que trataron de aplicar la electricidad á la transmisión de signos ó letras de un lugar á otro; pero los varios ensayos practicados desde el año 1850 en algunos países de Europa, no dieron resultados satisfactorios hasta después de haberse descubierto la pila de Volta. O Erstedt en 1820 observó que las corrientes desarrolladas por la pila de Volta, tenían la propiedad de obrar sobre la aguja imantada y separarla de su posición natural. Poco tiempo después, Arago descubrió que la electricidad circulando al rededor de una lámina de hierro dulce, daba á dicha lámina las propiedades de un iman.

La propiedad que tiene el hierro dulce de imantarse cuando se halla bajo la influencia de la corriente de una pila y de desimantarse cuando cesa dicha influencia, conduce á poder formar imanes de mucha fuerza, llamados electro-imanés. Un electro-iman está formado por una barra de hierro dulce encorvada en forma de herradura; los dos brazos paralelos, tienen arrollado un hilo de cobre cubierto de seda de manera que las dos extremidades libres que quedan del hilo después de arrollado formen los dos polos de nombre contrario. En este caso bastará poner en comunicación las dos extremidades libres con los polos de una pila, para for-

mar instantáneamente un imán del hierro dulce, capaz de atraer á cierta distancia un hierro. La imantacion cesa, desde el momento que se interrumpe la corriente y el hierro cae en virtud de su peso. En un segundo se puede por este medio transformar varias veces el hierro en imán y devolverle sus propiedades naturales. Segun sea la potencia de la pila y el número de veces que está arrollado el alambre á la barra de hierro, podrá obtenerse un imán artificial capaz de sostener un peso de doce y mas quintales.

El principio en que descansa la construccion de los telégrafos eléctricos consiste en la imantacion pasagera del hierro por la corriente eléctrica. Por este medio puede conseguirse á través del espacio y á distancias incalculables, con una velocidad extraordinaria, un efecto de atraccion y repulsion, poner en movimiento una palanca y producir por lo tanto un movimiento de vaiven del cual puede sacarse partido, aplicado al juego de los telégrafos.

Para comprender el mecanismo de un telégrafo eléctrico, supondremos que se trata de poner en comunicacion instantánea, Barcelona y Madrid. Al efecto se colocará en Barcelona una pila. El hilo conductor se prolonga hasta Madrid en cuyo punto se arrolla la extremidad del hilo alrededor de una lámina de hierro. El fluido eléctrico producido por la pila que está en Barcelona parte con la velocidad del rayo, imantando la lámina de hierro que se halla en Madrid; si dicha lámina tiene colocada delante de ella un disco de hierro movible, este disco será atraído y se adherirá al imán artificial. Suprimiendo en Barcelona la comunicacion del hilo conductor con la pila, queda desimantada la lámina de hierro dulce que hemos supuesto se halla en Madrid y cesa la adherencia del disco de hierro, que vuelve á su posicion primitiva, auxiliado por un pequeño resorte. Así, pues, cada vez que se establece ó interrumpe la

corriente, se pone en movimiento el disco de hierro unas veces atraído y otras repelido, por la sola acción de la pila, con cuya acción mecánica se operará un movimiento de vaiven necesario á producir las señales convencionales que se tengan establecidas. Diversos procedimientos han sido puestos en práctica para aprovechar este movimiento que han dado por resultado un número considerable de aparatos de telegrafía eléctrica, entre los cuales han merecido la preferencia el telégrafo de cuadrante y el de Morse, físico de los Estados-Unidos, que escribe los despachos en caracteres de imprenta ó en signos coloridos.

El telégrafo de cuadrante consiste en un cuadrante circular que contiene además de las letras del alfabeto las cifras de la numeración y una cruz que se llama el final. El cuadrante que debe transmitir el despacho es parecido á otro cuadrante colocado á la estación de llegada y el cual puede repetir con exactitud los movimientos que se operan en el primero. Cuando se quiere transmitir un despacho, se hace dar vueltas á la manecilla del cuadrante que se halla á la estación de partida; á medida que la manecilla va pasando sobre las muescas, que corresponden cada una á una letra, la corriente es sucesivamente establecida y luego interrumpida. Las letras que se van indicando aparecen sobre el cuadrante de la estación de llegada.

El telégrafo inventado en 1837 por Morse, posee la ventaja de ir trazando sobre una tira de papel los signos á medida que se van transmitiendo. El manipulador tiene una palanca por medio de la cual se establece ó interrumpe la corriente eléctrica, según la presión que se ejerce sobre ella, produciendo á voluntad sobre el papel del aparato que ha de recibir el escrito, signos que consisten generalmente en varios puntos ó líneas, que combinados pueden representar las letras del alfabeto ó las cifras. La letra A está representada por un punto

y una línea (.—); la letra B por una línea y tres puntos —... etc.

La electricidad se trasmite tambien á través de los líquidos ; pero como el agua es un buen conductor de la electricidad, hasta el año 1849, que se hizo aplicación de la guta percha para aislar el hilo eléctrico, no quedó resuelto el problema de los telégrafos submarinos, que en pocos años tanto se han generalizado.

Los cables eléctricos están formados generalmente de cuatro hilos de cobre, cubiertos cada uno de por sí con una capa de guta percha ; una vez reunidos estos cuatro hilos se cubren con una nueva capa de guta percha, fijando luego este conjunto, con diez ó mas hilos de hierro que tienen un baño de zinc ; por este medio se consigue el preservar á los hilos conductores ó sean los cuatro alambres, de los efectos exteriores que podrian deteriorarlos. Varios son los telégrafos submarinos que funcionan actualmente y se trata por este medio de poner en comunicacion la Europa con la América por medio de un cable cuya longitud no bajará de 800 leguas.

Relojes eléctricos. La causa-física que sirve para trazar los signos por medio del telégrafo de Morse es aplicable para señalar las divisiones del tiempo. En el telégrafo eléctrico, la mano del operador es la que interrumpe ó establece la corriente eléctrica ; en los relojes eléctricos, la corriente eléctrica es interrumpida ó establecida, con intervalos iguales, por medio de las oscilaciones del balancin .

Difícil seria poder calcular el porvenir que está reservado á electricidad , cuyas admirables aplicaciones se van sucediendo con exiraordinaria rapidez ; tal vez no está lejano el dia que aplicada á las máquinas como á fuerza, reemplace al vapor en la mayoría de sus aplicaciones.

FIN.

ÍNDICE.

	Pág.
PRÓLOGO.	5-6
<i>Nociones preliminares.</i> —Objeto de la física.—Fenómenos. —Cuerpos.—Moléculas átomos.—Diversos estados de los cuerpos.	7
<i>Propiedades generales de los cuerpos.</i> —Extension.—Impe- netrabilidad.—Divisibilidad.—Prorosidad.—Compresi- bilidad.—Elasticidad y sus aplicaciones.	8-14
<i>Gravedad ó pesantez.</i> —Caída de los cuerpos.—Pesantez, peso.—Atraccion.—Movimiento acelerado de los cuer- pos en su descenso.	17
<i>Del movimiento y de la inercia.</i> —Movimiento y reposo.— Movimiento uniforme, acelerado, retardado.—Veloci- dad.—Inercia.—Aplicaciones.	19
<i>Composicion y descomposicion de las fuerzas.</i> —Fuerza cen- trífuga y centípetra.—Aplicacion de la fuerza centrí- fuga.	24
<i>Centro de gravedad.</i> —Modo de hallar el centro de grave- dad de los cuerpos.—Equilibrio de ciertos cuerpos.— Ejemplos de equilibrio estable.	32
<i>De la palanca.</i> —Palancas de primer, segundo, y tercer género.—Aplicaciones.	41
<i>Polea polipastos.</i>	44
<i>Torno cabrestante.</i>	46
<i>Plano inclinado.</i>	47
<i>Del péndulo.</i> —Oscilaciones y aplicaciones del péndulo.	47
<i>De algunas propiedades particulares de los cuerpos.</i> —Du- reza.—Tenacidad.—Ductilidad y maleabilidad.	49
<i>Acciones moleculares.</i> —Cohesion.—Afinidad.—Adhesion.	51
<i>Fenómenos capilares.</i>	53
<i>Del aire atmosférico.</i> —Pesadez del aire.—Presion atmos-	

ferica.—Hemisferios de Magdebourg.—El chupador.	
—Barómetro.—Varias clases de barómetros.	54
<i>De las bombas y otros aparatos fundados sobre las propiedades del aire.</i> —La geringa.—Bomba aspirante.—Bomba aspirante é impelente.—Bomba impelente.—Sifon.—Sifon intermitente.—Fuelle ordinario.	66
<i>Globos aereostáticos.</i> —Invencion de los globos, su construccion y modo de llenarlos.	71
<i>Calórico.</i> —Nociones generales sobre el calórico.—Cambio de estado de los cuerpos por el calor.—Dilatacion de los cuerpos por el calor.	75
<i>Medida del calórico.</i> —Termómetro.—Modo de construir el termómetro.—Termómetro Reaumur.—Termómetro Farenheit.—Termómetros sólidos.—Termómetros de aire.—Termómetro diferencial.	82
<i>Irradiacion del calórico.</i> —Leyes de la radiacion.	90
<i>Reflexion del calórico y leyes de la reflexion.</i>	92
<i>Poder absorbente de los cuerpos por el calórico.</i>	93
<i>Equilibrio móvil de temperatura.</i> —Reflexion aparente del frio.—Poder reflectante de los espejos cóncavos.—Foco de calor producido por la concentracion de los rayos solares.—Varias aplicaciones.	97
<i>Trasmision del color radiante al través de los cuerpos.</i> —Conductibilidad de los cuerpos por el calor.—Conductibilidad de los gases.—Aplicaciones sobre la conductibilidad.	101
<i>De la temperatura del cuerpo humano.</i>	108
<i>Aplicaciones sobre la dilatacion de los cuerpos por el calor.</i> —Coeficiente de dilatacion.	111
<i>Cambio de estado de los cuerpos.</i> —Grados de calor que necesitan algunos cuerpos para llegar á la fusion.—Calor latente.	115
<i>Calor desarrollado por la percusion y el roce.</i>	117
<i>Mezclas frigoríficas.</i>	118
<i>Solidificacion.</i> —Cristalizacion.	119
<i>Vaporizacion.</i> —Líquidos volátiles y líquidos fijos.—Formacion de los vapores en el vacío.—Tension ó fuerza elástica de los vapores.—Líquidos espumosas.—Bomba de compresion.	120

	Pág.
<i>Ebullicion.</i> —Causas que retardan ó aceleran la ebullicion.—Marmita de Papino.—Hervidor de Franklin.	122
<i>Evaporacion.</i>	124
<i>Del frio producido por la evaporacion.</i> —Aplicaciones.	126
<i>Condensacion.</i> —Destilacion.	128
<i>Aplicacion del vapor.</i> —Máquinas de vapor: su clasificacion.	129
<i>Higronometria.</i> —Higrómetros.—Nubes.—Nieblas.—Lluvia.—Rocío.—Serenó.—Escarcha.—Verglas.—Nieve.	132
<i>Granizo.</i>	132
<i>Vientos.</i>	142
<i>De las trombas ó mangas.</i>	144
<i>Presiones y equilibria de los liquidos.</i> —Presiones de abajo arriba.—Presiones laterales.—Equilibrio de los líquidos en los tubos comunicantes.—Prensa hidráulica, sus usos.—Conduccion de aguas: fuentes.—Surtidores.—Pozos artesianos.	145
<i>Cuerpos inmergidos en los liquidos.</i> —Peso específico de los cuerpos Areómetros.	151
<i>Acústica.</i> —Produccion y propagacion del sonido.—Velocidad del sonido.—Vibraciones de los cuerpos sonoros.—Reflexion del sonido: ecos.—Trompeta acústica; bocina.	160
<i>De la luz.</i> —Cuerpos luminosos; cuerpos no luminosos.—Velocidad de la luz.—Propagacion de la luz en un medio homogéneo.—Refraccion de la luz.—Descomposicion de la luz.—Reflexion de la luz.—Instrumentos de óptica.—Microscopio simple.—Microscopio compuesto.—Anteojó de Galileo.—Anteojó astronómico.—Anteojó terrestre.—Telescopios.	170
<i>De algunas recreaciones de óptica,</i> —Cámara oscura.—Linterna mágica.—Fantasmagoria.—Microscopio solar.—Daguerreotipo.—Fotografía.—Estructura del ojo.—Intensidad de la luz.	180
<i>Electricidad.</i> —Péndulo eléctrico.—Cuerpos buenos y malos conductores.—Atracciones y repulsiones eléctricas.—Distribucion de la electricidad en la superficie de los cuerpos.—Máquina eléctrica ordinaria.—Electricidad latente ó disimulada.—Botella de Leyde.—Explicacion	

teórica de la botella de Lóyde.—Batería eléctrica.—
 Electricidad atmosférica.—Rayo.—Trueno.—Efectos
 producidos por el rayo.—Choque directo.—Choque por
 retroceso.—Pararayos. 186

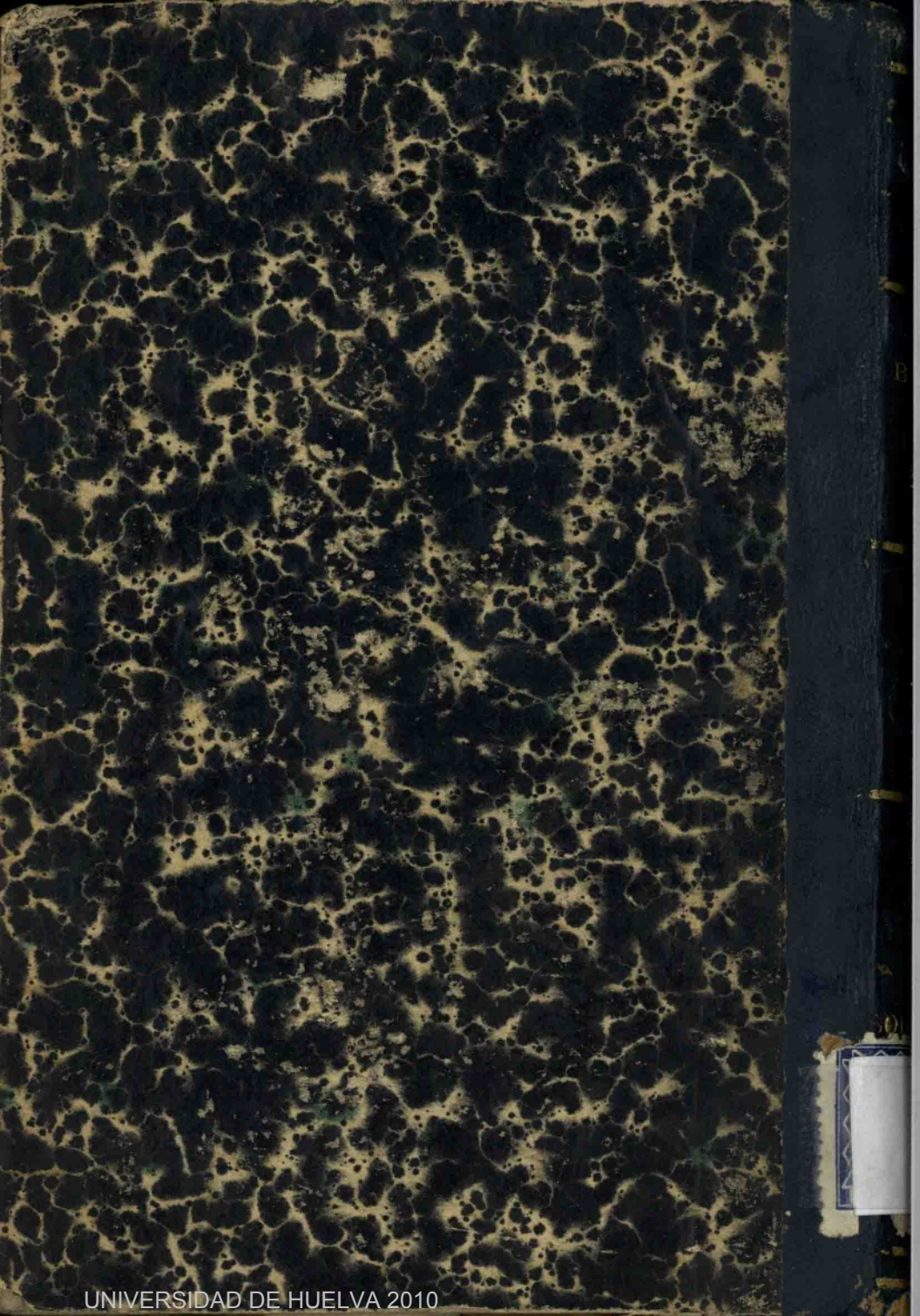
Galvanismo.—Experiencia de Galvani.—Experiencia de
 Volta.—Pila de Volta.—Efectos fisiológicos de las pi-
 las.—Efectos físicos.—Efectos químicos.—Galvano-
 plastia. 188

Magnetismo.—Imanes.—Atraccion magnética.—Polos de
 los imanes.—Brújula.—Inclinaclon.—Declinacion.—
 Ecuador magnético.—Imantacion artificial.. . . . 209

Telegrafia eléctrica.—Principio en que se funda la cons-
 trucccion de los telegrafos eléctricos. 216

Reloges eléctricos. 216





BIBLIOTECA

ECONOMICA

FISICA

ORDOS-MUDOS

FA XIX

A 3

17

UNIVERSI