

contra los sortilegios; pero esta virtud preservativa tiene tanta realidad como los males imaginarios que se pretendian curar con él.

§ XLV. ¿Qué es la esponja? — ¿Donde se la halla? — ¿Cómo se la prepara? — ¿Qué es el coral? — ¿Qué forma tiene? — ¿De qué color es? — ¿De qué naturaleza es la sustancia de que está formado? — ¿Dónde se le halla? — ¿Cómo se le desprende de las rocas? — ¿Qué se hace con él?

## FÍSICA

### I. Definición de la física; estados de los cuerpos.

Los cuerpos se distinguen entre sí por ciertas maneras de obrar los unos sobre los otros que les son peculiares y que constituyen sus propiedades.

Todo cambio que se verifica en el estado de un cuerpo se llama *fenómeno*: el fenómeno es *físico* si no se altera la naturaleza del cuerpo, y *químico* si por el contrario varía su naturaleza. Así, la caída de una piedra, la fusión del hielo, son fenómenos físicos, y hay en cambio acción química cuando el hierro se cubre de orin y el cobre de cardenillo, por el aire húmedo, porque estos dos metales se unen entónces á un cuerpo extraño robado al aire, para formar una substancia nueva.

La física tiene por objeto el estudio de los fenómenos que no ocasionan cambio en la naturaleza de los cuerpos, y dá las leyes de estos fenómenos y sus aplicaciones á las artes y á la industria.

Los cuerpos se nos presentan bajo tres estados diferentes: son sólidos, como la madera, la piedra, los metales; ó líquidos, como el agua, el espíritu de vino; ó gaseosos, como el aire, el vapor de agua, etc. Un mismo cuerpo puede presentarse sucesivamente en estos tres estados, como por ejemplo el agua, que el frío cambia en hielo y el calor transforma en vapor. Puede decirse que todos los cuerpos se hallarian en el mismo caso si se pudiera producir un calor ó un frío bastante intenso, ó bien si estas mismas causas, que debieran determinar su cambio de estado físico, no produjeran al mismo tiempo una alteracion en su naturaleza química.

§ I. ¿Qué se llama fenómeno? — ¿Qué es un fenómeno físico? — ¿Qué es un fenómeno químico? — ¿Cuál es el objeto de la física? — ¿Cuáles son los tres estados bajo los cuales puede presentarse un cuerpo? — ¿Puede un mismo cuerpo presentar los tres?

## II. Gravedad; caída de los cuerpos en el vacío.

Se dá el nombre de *gravedad* á la fuerza que hace caer los cuerpos hácia la tierra desde el momento en que no se hallan sujetos. Esta fuerza obra lo mismo sobre todas sus partes. Una piedra ó una bala de plomo atada á una de las extremidades de una cuerda, sujeta por el otro extremo, dá á esta cuerda una direccion siempre la misma en un mismo sitio, y que si se la prolongase pasaria por el centro de la tierra. Esta direccion es lo que se llama la *vertical*, y el sencillo aparatito que sirve para hallarla lleva el nombre de *plomada*. Todo el mundo conoce el uso que de ella hacen los albañiles para probar si las paredes se hallan perfectamente verticales.

Hay circunstancias en que los cuerpos abandonados á sí mismos, no solamente no caen, sino que toman un movimiento de abajo á arriba, como sucede con el aire caliente que se eleva sobre el aire frío, y con un tapon de corcho sumergido en el agua, que al soltario, sube á la superficie. Sin embargo, estos son tambien efectos de la gravedad, y pronto veremos que si el corcho sube sobre el agua es precisamente porque esta, en igual volúmen, es más pesada que el corcho, de la misma manera que el aire frío, en volúmen igual, pesa más que el aire caliente. No debe esto causar asombro si nos fijamos en una balanza y vemos que el platillo más cargado hace subir al otro.

La gravedad hace caer todos los cuerpos de la misma manera. Sin embargo, el plomo y la piedra caen, en circunstancias normales, con más velocidad que el papel, la nieve y la pluma. Pero no hay más que hacer caer una hoja de papel desplegada y repetir la operacion con la misma hoja hecha una pelota, para conocer que la primera vez embaraza el movimiento una causa extraña, cual es la resistencia del aire. En efecto, si por medio de una doble bomba de aire, llamada *máquina neumática*, se retira el aire de un tubo grande, que contenga perdigones y plumas, se vé, al invertir el tubo, que estos dos cuerpos caen juntos y sin separarse. Si se deja entrar el aire,

al invertir el tubo de nuevo, vuelven á aparecer las diferencias de velocidad.

Los cuerpos caen con velocidad creciente. Un cuerpo recorre próximamente 5 metros en el primer segundo de su caída; 15 metros,  $6\ 5 \times 5$  en el segundo; 25 metros,  $6\ 5 \times 5$  en el tercero; 35 metros,  $6\ 7 \times 5$  en el cuarto, y así sucesivamente. En virtud de esta progresion una piedrecilla que cayera sobre un individuo desde una gran altura, podria herirle gravemente.

§ II. ¿Qué es la gravedad? — ¿En qué direccion obra? — ¿Cómo se llama esta direccion? — ¿Qué es la plomada? — ¿Para qué sirve? — ¿Hay cuerpos que parecen exceptuarse de la gravedad? — Citar estas excepciones aparentes. — ¿Caen todos los cuerpos de la misma manera en el aire? — ¿En que consisten estas diferencias de movimiento? — ¿Cómo se demuestra que la gravedad obra de la misma manera sobre todos los cuerpos? — ¿Por qué procedimiento puede conseguirse que los cuerpos caigan en el vacío? — ¿Cuál es el resultado de este experimento? — ¿Qué camino recorre un cuerpo en el primer segundo de su caída? — ¿Es el mismo este valor en los segundos siguientes?

## III. Peso; la balanza; doble pesada.

El *peso* de un cuerpo es la suma de las acciones que la gravedad ejerce separadamente sobre cada una de las moléculas de que se compone dicho cuerpo.

Para comparar los pesos entre sí, se hace uso de un instrumento llamado *balanza*: en Francia el peso adoptado como unidad es un centímetro cúbico de agua pura, el cual se llama *gramo*.

La balanza (fig. 115) se compone de una barra recta, de metal, dividida en dos partes, exactamente iguales, por una barrita de acero colocada perpendicularmente en el medio, cortada en bisel y que descansa en una horquilla adaptada al extremo de la columna que forma el pié del instrumento: de los extremos de la barra se cuelgan, por medio de unos ganchitos, dos platillos.

Cuando una balanza es exacta, es decir, cuando tiene los dos brazos perfectamente iguales de longitud, volúmen y peso, y sus platillos, así como las cadenillas que los sostienen, son tambien exactamente iguales y del mismo peso, la barra se

mantiene en una posición horizontal y guarda esta posición cuando se ponen en los platillos cuerpos de igual peso. Precisamente en esta posición horizontal de la barra se conoce la igualdad de carga de los platillos.

Las leyes castigan severamente á los comerciantes que usan balanzas notoriamente falsas ó pesos que no estén reconocidos

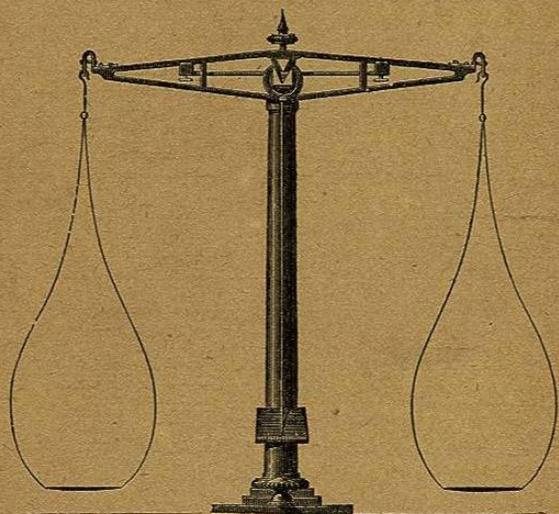


Fig. 115.

y contrastados por agentes del gobierno. No deben tampoco usar más que el gramo, sus múltiplos y sus divisiones legales.

Se usan con frecuencia, desde hace algunos años, balanzas cuyos platillos se hallan encima de la barra. Esta disposición permite poner en los platillos cuerpos voluminosos, lo que no podría hacerse en las balanzas ordinarias, en las que las cadenas que sostienen los platillos embarazan siempre las operaciones del peso.

Para llevar á cabo una pesada ordinaria, se coloca en uno

de los platillos el cuerpo cuyo peso se quiere conocer, y en el otro se ponen pesos marcados en cantidad bastante para que al barra tome y conserve la posición horizontal: la suma de estos pesos indica el peso del cuerpo, pero para esto es necesario tener seguridad de la exactitud perfecta de la balanza.

Hay otro método que dá resultados exactos, aun con un instrumento imperfecto, con tal de que tenga movilidad: se le llama por el nombre de su inventor, *método de Borda* ó de la *doble pesada*: consiste en equilibrar el peso del cuerpo, colocado en un platillo, con arena ó perdigones que se ponen en el otro platillo; se quita después el cuerpo y se le reemplaza con pesos marcados hasta que la barra adquiere la posición horizontal. La suma de estos pesos indica el peso del cuerpo, puesto que colocados en el mismo platillo equilibran la misma carga.

Este método no se emplea, sin embargo, más que para pesadas de precisión, puesto que sería muy largo para las pesadas ordinarias del comercio.

§ III. ¿Á qué se llama peso de un cuerpo? — ¿Cómo se comparan los pesos entre sí? — ¿Cuál es la unidad de peso en Francia? — ¿Qué es el gramo? — ¿De qué se compone la balanza? — ¿Qué se entiende por una balanza exacta? — ¿En qué se conoce que lo es? — ¿Cómo se conoce en una balanza que dos pesos son iguales? — ¿Cómo se hace una pesada ordinaria? — ¿La pesada hecha por este método necesariamente el peso exacto? — ¿Qué debe hacerse para obtener una buena pesada aun con una balanza defectuosa? — ¿Cómo se llama este método de pesada? — ¿Se usa en el comercio? — ¿Están siempre los platillos suspendidos de la barra?

#### IV. Equilibrio de los líquidos; presión.

Cuando un líquido se halla en reposo en una vasija su superficie es horizontal.

Si la vasija contiene á la vez varios líquidos que no se mezclan, se colocan estos unos sobre otros, los más densos debajo, siendo horizontales sus superficies de separación.

Si muchas vasijas que contengan el mismo líquido comunican entre sí por su parte inferior, todas las superficies libres se hallarán en un mismo nivel. El nivel de agua de que se sirven los agrimensores para sus trabajos de alineación y nivelación, es precisamente una aplicación de este principio.

Los líquidos, como cuerpos graves, tienen que ejercer una presión sobre el fondo de las vasijas que los contienen: también ejercen otra sobre las paredes laterales.

La presión de una masa de líquido sobre el fondo de la vasija que la contiene no depende absolutamente sino de la altura y de la densidad del líquido, siendo independiente de la forma de la vasija. Así es que dos vasijas que tengan el mismo fondo, el uno de forma ensanchada y el otro, por el contrario, termine estrechándose hasta figurar un tubo, sufrirán en el fondo la misma presión si se las llena de la misma clase de líquido hasta una misma altura, á pesar de la gran diferencia en las cantidades que contienen, y esta presión será la misma que si la vasija tiene sus paredes verticales.

En este principio se halla la aplicación del hecho siguiente. Si se llena completamente de agua un tonel derecho, y si después de haber practicado un agujero redondo en la tapa superior, se adapta á este agujero un tubo de un diámetro muy pequeño y de dos ó tres metros de altura y se vierte en este tubito la escasa cantidad de agua que puede contener, reventará el tonel como si se le hubiera añadido la presión de una columna de agua que tuviera por base el fondo mismo del tonel y dos ó tres metros de altura.

§ IV. ¿Cómo es la superficie de un líquido en reposo? — Cuando en una misma vasija hay muchos líquidos que no se mezclan, ¿en qué disposición se colocan? — Cuando un mismo líquido se distribuye en varias vasijas que comunican entre sí por su parte inferior, ¿cómo se establecen los niveles?

— ¿Á qué instrumento se aplica este principio? — ¿Para qué sirve el nivel de agua? — ¿Cómo se gradúa la presión que un líquido grave ejerce en el fondo de la vasija que lo contiene? — ¿Se puede producir una gran presión con muy poco líquido?

#### V. Principio de Arquímedes; equilibrio de los cuerpos sumergidos ó flotantes; densidad; areómetros.

Cuando un cuerpo se halla sumergido en un líquido, como este líquido sea pesado, ejerce una presión perpendicular sobre todos los puntos de la superficie del cuerpo; pero esta presión es más fuerte sobre los puntos más próximos al fondo y como allí obra de abajo á arriba, resulta que el cuerpo experimenta

una *empuje* que tiende á elevarlo al mismo tiempo que su peso tiende á hacerle descender. Este empuje, como lo ha demostrado Arquímedes el Siracusano, equivale al peso del líquido que el cuerpo desaloja.

Como consecuencia de este principio, si el cuerpo es más pesado que el volumen líquido que desaloja, venciendo su peso, deberá caer al fondo del recipiente. Si el cuerpo pesa exactamente lo mismo que el líquido desalojado, quedará sin subir ni bajar. Por último, si pesa ménos que el líquido desalojado, siendo el empuje superior á su peso, se elevará y saldrá en parte del líquido hasta que no desaloje más que un volumen cuyo peso sea igual al suyo: el cuerpo entonces será flotante.

Así se explica que el corcho, la cera, más lijeros que el agua, en igualdad de volumen, floten en su superficie, como el hierro nada en la superficie del mercurio y como el mismo hierro puede flotar sobre el agua, si está hueco y lleno de aire, segun sucede con los buques modernos.

Que se halle enteramente sumergido ó únicamente flotante, el cuerpo pierde siempre una parte de su peso equivalente al del volumen de líquido que desaloja.

Se dice que un cuerpo es mas *denso* que otro, cuando tiene un peso mayor en igualdad de volumen. Ordinariamente se comparan con el agua todos los demás cuerpos, y así cuando se dice que la *densidad* del plomo es 11, la del oro 19 y la del hierro 7, se quiere significar que un fragmento cualquiera de plomo, de oro ó de hierro, pesa 11, 19 ó 7 veces tanto como un volumen igual de agua.

El principio de Arquímedes conduce muy sencillamente á la medición de las densidades. Supongamos que un cuerpo tiene de peso en el aire 200 gramos y que después se le pesa de nuevo sumergido en el agua, suspendido por un hilo muy fino del platillo de una balanza, resultando entonces que no pesa más que 150 gramos: habrá perdido 50 gramos, que representan el peso de un volumen de agua igual al suyo. Su densidad está pues representada por la relación de 200 á 50, ó sea por 4.

Para hallar la densidad de un líquido, basta llenar un frasco, cuyo peso se conoce ántes, primero con dicho líquido y despues con agua, pesando cada vez el frasco lleno y deduciendo el peso del frasco: de esta manera se halla el peso del líquido y el peso del agua en igualdad de volúmen, no siendo necesario ya más que dividir el primer peso por el segundo.

Cuando no se quiere más que un resultado aproximado se emplean los *areómetros*, que permiten operar con más rapidez.

El areómetro se compone de un tubo hueco de cristal, de un calibre bastante grande, lastrado por debajo con mercurio ó plomo, y que tiene encima otro tubo cilíndrico y de diámetro menor (fig. 116). Como el aparato está hueco y lleno de aire, flota verticalmente. Se señalan entónces en el tubo estrecho los diferentes puntos de flotacion, que corresponden á las diversas densidades de los líquidos. Pero lo más frecuente es usar graduaciones convencionales suficientes para las necesidades de la industria, pero que no dan la densidad: tales son las graduaciones de Baumé, de Cartier, etc.

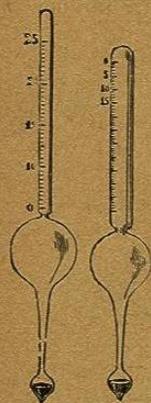


Fig. 116.

Se designan los areómetros, según la naturaleza de los líquidos á los cuales están especialmente destinados, con los nombres de pesa-ácidos, pesa-sales, pesa-jarabes, pesa-vinos, pesa-espíritus, etc.

Para los alcoholes se emplea, por la administración de contribuciones indirectas, el alcoholómetro centesimal de Gay-Lussac, cuya graduación está arreglada por experiencia de modo que dé inmediatamente la proporción del alcohol contenido en el espíritu. Por un sencillo cálculo se averigua el derecho que hay que pagar.

§ V. ¿Cómo obra un líquido sobre el cuerpo que se halla sumergido en él? — ¿Cómo se llama la fuerza que tiende á elevar el cuerpo? — ¿A qué es equivalente? — ¿Cómo se llama este principio? — ¿En qué caso se mantendrá el cuerpo en reposo en el líquido? — ¿En qué caso caerá al fondo? — ¿En qué caso subirá á la superficie? — ¿En este último caso saldrá completamente

del líquido? — ¿Qué volúmen de líquido desalojará cuando flote en equilibrio? — ¿Cuándo se dice que un líquido es más ó ménos denso que otro? — ¿Qué es la densidad? — ¿Qué quiere significarse al decir que la densidad de un cuerpo es 10? — ¿Cómo puede medirse la densidad de un cuerpo sólido aplicando el principio de Arquímedes? — ¿Cómo se halla la

densidad de un líquido? — ¿Cómo se hallan construidos los areómetros? — ¿Cómo se usan? — ¿Las graduaciones de los areómetros dan las densidades? — ¿Qué nombres se dan á los areómetros según sus usos especiales? — ¿Cuál es el instrumento que sirve para los alcoholes? — ¿Dá la densidad? — ¿Qué resultado dá?

## VI. Globos aereostáticos.

Si se pesa un gran globo de cristal de diez litros de capacidad, primero lleno de aire y despues vaciado por medio de la máquina neumática, se halla una diferencia de 13 gramos entre las dos pesadas. El mismo experimento hecho con gas hidrógeno, que se obtiene por la descomposición del agua, daría solamente una diferencia de 89 centigramos en el peso de 40 litros. El hidrógeno es por lo tanto 14 veces ménos denso que el aire, aproximadamente.

Así es que si se llena de este gas una cubierta lijera de tela engomada ó de tafetan, se vé á este aparato, levantado por el empuje del aire, elevarse á una gran altura. Cuanto mayores son sus dimensiones más alto se eleva y mayor es también la carga que puede levantar. Esto es lo que se llama un *aerostático* ó un *globo* (fig. 117).

Los globos se hallan cubiertos por una red cuyas cuerdas se unen por debajo á una barquilla en la que puede colocarse una persona, llamada el aereonauta.

A medida que un globo se eleva, son cada vez ménos densas las capas de aire que atraviesa; el empuje se vá debilitando gradualmente y cuando llega á ser igual al peso del aparato se detiene el movimiento ascensional. Si el aereonauta quiere subir aun más, arroja una parte de la arena que lleva en su barquilla para que le sirva de lastre, haciendo de este modo más lijero su globo. Si por el contrario quiere descender, abre por medio de una cuerda una pequeña abertura, llamada válvula, practicada en la parte superior del globo;

por ella se escapa una porción del hidrógeno, al que reemplaza el aire, mucho más pesado, en cuyo caso el globo triunfa del empuje del aire, resultando un movimiento de

descenso, cuya rapidez puede moderarse arrojando un poco de lastre al aproximarse á tierra.

Gay-Lussac se elevó en globo, en 1804, hasta 7,000 metros. Á aquella altura el frío era extremo y tan grande la sequedad del aire, que el pergamino se retorcía como si estuviera expuesto al fuego; la respiración era penosa y precipitada y la detonación de una pistola no producía más que un ruido muy débil. En la batalla de Fleurus, en 1794, hicieron uso los franceses de globos



Fig. 117.

cautivos por medio de cuerdas, para inspeccionar la posición y movimientos del ejército enemigo.

Las ascensiones en globo ofrecen siempre graves peligros.

Puede estallar el globo por la presión del gas dilatado que encierra y puede también precipitar al aereonauta, en su movimiento de descenso, sobre edificios, ó en medio del mar ó en un río. La historia registra el desastroso fin de Rozier, de Madama Blanchard y de otros muchos.

El paracaídas puede disminuir las probabilidades de peligro; se despliega en forma parecida á la de un paraguas y sostenido por el aire que se introduce por debajo, modera el movimiento de descenso.

La invención de los primeros globos se debe á los hermanos Montgolfier, fabricantes de papel en Annonay, los cuales hicieron su primer ensayo en 1785. Hinchaban su globo con aire caliente, más ligero que el aire frío, y mantenían este calor por medio de un hogar suspendido bajo la boca abierta del aerostático. Se dió á estos aparatos el nombre de montgolfieres: el físico Charles substituyó el aire caliente con gas hidrógeno, que al ménos evita toda probabilidad de incendio, y en la actualidad el hidrógeno se reemplaza con gas de alumbrado, que también es más ligero que el aire.

§ VI. ¿Cómo se demuestra que el aire pesa? — ¿Cuánto pesa un litro de aire atmosférico? — ¿Cuánto pesa un litro de hidrógeno? — ¿Por qué se eleva en el aire una cubierta ligera hinchada con gas hidrógeno? — ¿En virtud de qué principio? — ¿Qué es un aerostático? — ¿Cómo se halla construido un globo? — ¿Se eleva el globo indefinidamente? — ¿Cuándo se detiene? — ¿Hay medio de elevarlo á más altura? — ¿Cómo se le hace descender? — ¿Á qué altura llegó Gay-Lussac en 1804? — ¿Qué observó á aquella altura? — ¿Cuál es el peligro de las ascensiones aerostáticas? — ¿Cómo puede disminuirse? — ¿Cómo se hinchaban los primeros globos? — ¿Qué nombre se les dió? — ¿De qué proviene el nombre de montgolfieres? — ¿Quién imaginó hinchar los globos con hidrógeno? — ¿Qué gas se emplea en la actualidad en sustitución del hidrógeno?

## VII. Barómetros; medida de alturas.

El aire que respiramos forma alrededor de la tierra una gran capa de 100 kilómetros próximamente de altura y que se llama la *atmósfera*. Ejerce por su peso, sobre la superficie del suelo y sobre todos los cuerpos que con ella están en contacto, una presión bastante considerable, puesto que equivale á poco más de 10,000 kilogramos por metro cuadrado de

superficie. Nuestros órganos, los de los animales y los de las plantas, están formados de manera que pueden soportar sin perder su forma esta enorme presión, y como esta se ejerce en todos sentidos, no perjudica en nada á los movimientos que se ejecutan en el aire.

Un experimento de los más curiosos y que demuestra claramente la existencia de esta presión, se llevó á cabo á mediados del siglo xvii, en Francia por Pascal y en Italia por Torricelli, discípulo de Galileo, en la misma época y poco más ó menos por los mismos medios.



Fig. 118.

Si se llena de mercurio un tubo de cristal cerrado por un extremo y de un metro de largo, y despues tapándolo con un dedo, se le sumerge en una cubeta que contenga tambien mercurio, se vé al líquido descender y fijarse á una altura de 76 centímetros sobre el nivel del mercurio contenido en la cubeta (fig. 118). Con un tubo de 11 metros lleno de agua se obtendria una columna de 10<sup>m</sup>,40 de altura. Este fenómeno se debe á la presión que la atmósfera ejerce sobre el líquido de la cubeta y que mantiene en equilibrio, en el tubo, una columna cuyo peso produce una presión equivalente. Si el tubo estuviera abierto por los dos extremos, la columna debería descender á la cubeta de tal suerte que el nivel fuera el mismo en el tubo y fuera del tubo, puesto que la presión se ejercería entonces sobre las dos superficies. Si el tubo lleno de agua tuviera menos de 10<sup>m</sup>,40 quedaria completamente lleno, que es lo que acontece con una botella

que se sumerge en un cubo lleno de agua y que se vuelve con el cuello hácia abajo. Pero si en esta posición se saca fuera del cubo, entónces el aire divide la columna de agua, sube á la botella y desaloja el líquido que la llenaba, á menos que

el cuello sea muy estrecho ó se halle tapado con una hoja de papel : en este caso el aire no puede dividir el líquido, que queda suspendido en la vasija.

El tubo de un metro de largo, lleno de mercurio y despues colocado verticalmente con el extremo abierto sumerjido en una cubeta llena de mercurio, es precisamente el instrumento conocido con el nombre de *barómetro*, inventado por Torricelli en 1643 (fig. 119)

Nuestra atmósfera se halla en un estado de continua agitación, debido principalmente á las diferencias de temperatura de los diversos puntos de la superficie del globo : por esto en un mismo sitio es el aire unas veces más denso y otras menos denso, de lo cual resultan variaciones en la presión atmosférica, que se marcan por la mayor ó menor altura de la columna mercurial, en el barómetro. Cuando el tiempo es bueno y seco, el barómetro sube y puede llegar á los 79 centímetros, y cuando por el contrario está el tiempo lluvioso ó tempestuoso, baja el barómetro con frecuencia de una manera bastante considerable : una violenta tormenta, una tromba, hacen algunas veces descender súbitamente muchos centímetros la columna mercurial.

Sin embargo, el bueno ó el mal tiempo no dependen únicamente de la mayor ó menor densidad de la atmósfera : por esto es preciso no conceder siempre una confianza absoluta á las indicaciones del barómetro, no pudiendo exigírsele, en realidad, más que la medida de la presión del aire.

La medida de la altura barométrica se hace por medio de una escala métrica trazada en la tablilla vertical que sostiene el tubo. Se inscriben las indicaciones *fijo*, *buen tiempo*, *variable*, *lluvia* ó *viento*, *tempestad*, al lado de los puntos



Fig. 119.

de la escala que corresponden más comunmente á estos diversos estados de la atmósfera.

Se emplean tambien con mucha frecuencia barómetros en los cuales la cubeta está al lado del tubo con el que comunica por su parte inferior; estos se llaman *barómetros de sifon*. Un instrumento de este género es el que se halla oculto detrás de los cuadrantes de los barómetros de salon y el que por



Fig. 120.

medio de un sencillísimo y pequeño mecanismo hace girar una aguja. Otra especie de barómetro, muy usada hoy dia, es el barómetro sin mercurio ó *barómetro aneroide*. La presión atmosférica ejerce su acción sobre una caja de fondo acanalado y muy flexible que se deprime merced á ella; ó bien, segun otra disposición, se emplea un tubo metálico muy delgado, cerrado, vacío y encor-

vado en forma de media luna (fig. 120) cuyas puntas se acercan ó se separan, por virtud de la presión atmosférica. Un aguja móvil, sobre un cuadrante, que se gradúa, por comparación, con un barómetro de mercurio, indica la presión correspondiente.

Cuando se sube á una montaña no hay que soportar la presión del aire que se deja debajo, y por esta causa descendiendo el barómetro, como Pascal lo comprobó en el Puy-de-Dôme. En la cúspide del Mont-Blanc, la altura de la columna mercurial no es más que de 48 centímetros, y si se pudiera llegar al límite superior de la atmósfera entraría entonces el mercurio

completamente en la cubeta. Los físicos tienen métodos de cálculo que les permiten medir la altura de una montaña ó de un edificio, segun el descenso que experimenta la columna mercurial.

§ VII. ¿Qué se entiende por atmósfera? — ¿Cuál es su espesor? — ¿Qué acción ejerce sobre la superficie del suelo? — ¿Cuál es el valor de esta presión sobre un metro cuadrado de superficie? — ¿Por qué no nos aplasta esta presión? — ¿En qué consiste el experimento de Torricelli? — ¿A qué altura se detiene la columna de mercurio? — ¿Si el mercurio se reemplaza con agua á qué altura se mantiene la columna líquida? — ¿Qué sucedería si se rompiera la extremidad superior y cerrada del tubo? — ¿Cómo puede mantenerse llena cuando se la invierte una vasija de cuello muy estrecho llena de agua? — ¿Qué sucedería si el cuello fuera más ancho? — ¿Qué es el barómetro? — ¿Para qué sirve? — ¿Cómo indica las variaciones de la presión atmosférica?

— ¿Cuáles son las circunstancias que hacen bajar la columna de mercurio? — ¿El tiempo bueno ó malo depende únicamente de la presión atmosférica? — ¿La observación del barómetro únicamente es bastante para obtener indicaciones precisas sobre el tiempo? — ¿Cómo se mide la altura barométrica? — ¿Tiene la escala divisiones métricas? — ¿Cuál es la diferencia entre el barómetro ordinario y el de sifon? — ¿Qué es lo que pone en movimiento la aguja del barómetro de cuadrante? — ¿Qué es el *barómetro aneroide*? — ¿Qué hace el barómetro cuando se le traslada á un punto elevado? — ¿Qué acontecería si se pudiera llevar el barómetro al límite superior de la atmósfera? — ¿Qué utilidad se reporta de estas observaciones hechas en las montañas?

### VIII. Ley de Mariotte. — Bombas; bombas contra incendios.

Hemos dicho ya en el párrafo primero de la física, que una masa gaseosa, contenida en una cavidad cerrada, la ocupa por completo, por muy grande que sea, y ejerce sobre sus paredes una presión comparable al de un resorte, siempre tenso; de tal modo que solo la resistencia de esta pared ó la presión del aire exterior, si la pared es flexible, pueden impedir que el gaz ensanche indefinidamente la cavidad.

La presión del gas sobre las paredes se llama su fuerza elástica y es tanto mayor, cuanto menor es el volumen á que se reduce la masa gaseosa, disminuyendo por tanto á medida que dicho volumen aumenta. Estas dos cantidades « la fuerza elástica » y « el volumen » están en razón inversa, si la temperatura es constante, es decir, que el volumen de la masa gaseosa haciéndose doble ó triple, la fuerza elástica se hace dos ó tres veces más pequeña. Esta constante relación, lla-

mada *ley de Mariotte*, del nombre del físico francés que la descubrió con sus experiencias, tiene consecuencias y aplicaciones muy importantes, entre las cuales se cuentan el mecanismo de las bombas, y el de la máquina pneumática de que vamos á hablar.

Cuando se introduce en el agua el extremo de una jeringa

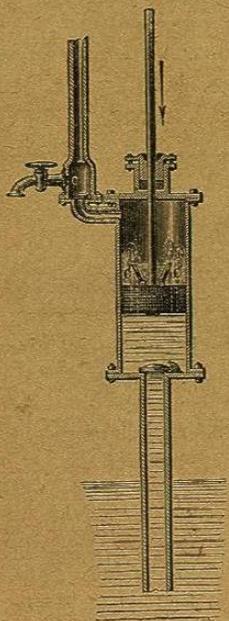


Fig. 121.

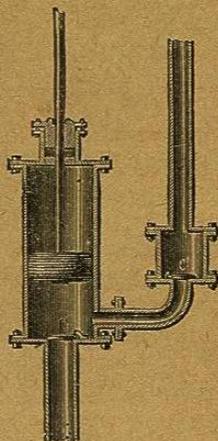


Fig. 122.

y se tira del mango que tiene el émbolo forrado de estopa, llamado *piston*, á medida que el aire se dilata hace ménos presión sobre la superficie del agua, y esta siempre comprimida en el exterior por la atmósfera, sube progresivamente en la jeringa. Si se empuja en seguida el piston, el aire infe-

rior se encuentra comprimido y rechaza el agua, que vuelve á su primer nivel.

Supongamos ahora, en el punto de union del cuerpo de la jeringa y el cañon estrecho, una válvula pequeña que se abra de abajo á arriba, que el piston esté tambien taladrado y provisto además de otra válvula que se abra en el mismo sentido; si se empuja el piston no volverá el agua al depósito y se verá obligada á pasar por el piston levantando la válvula: si se retira segunda vez el piston, penetrará una nueva masa

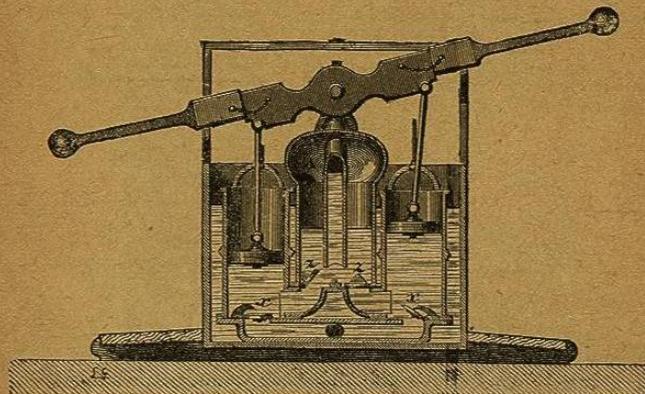


Fig. 123.

de agua en la jeringa de la misma manera y pasará tambien por el piston cuando este vuelva á descender.

Esta disposicion es exactamente la de todas las bombas aspirantes (fig. 121). En las bombas impelentes (fig. 122), el agua, en vez de pasar á través del piston, es arrojada en un tubo soldado en un lado del cuerpo de la bomba, y penetra en este tubo rechazando una válvula que le cierra despues la retirada. En las primeras, el agua sube al cuerpo de la bomba cuando se eleva el piston; en las segundas sube por el tubo lateral, cuando el piston descende.

Las bombas contra incendios (fig. 123) están formadas por

un par de bombas colocadas en un mismo depósito y cuyos pistones se ponen en movimiento por medio de una barra grande, de manera que cuando uno sube, el otro baja, obteniéndose así un chorro continuo. La primera bomba contra incendios que funcionó en Paris hizo su aparición en 1705.

En las lámparas de Carcel, el aceite para empapar las mechas sube por la presión de bombitas impelentes puestas en movimiento por medio de un mecanismo de relojería.

§ VIII. ¿Á qué se llama fuerza elástica de un gas? — ¿Cómo varía respecto del volumen de la masa gaseosa? — ¿Cómo se llama esta ley? — ¿Por qué sube el agua en una jeringa cuyo cañon está sumergido en ella cuando se retira el piston? — ¿Cuál es la disposición de una bomba aspirante? — ¿Para qué sirve la válvula del piston? — ¿Qué diferencia hay entre las bombas aspirantes y las bombas impelentes? — ¿Cuál es la disposición de las bombas contra incendios? — ¿En qué época se emplearon por primera vez? — ¿Cómo está hecha la lámpara de Carcel?

### IX. Máquina neumática.

La *máquina neumática* (fig. 124) se compone de un sistema de bombas aspirantes gemelas, cuyo tubo de aspiración, en vez de aspirar el agua de un depósito, vá á tomar el aire de un recipiente en el cual se quiere hacer el vacío. La disposición de las válvulas es la misma y la máquina funciona absolutamente de la misma manera que en las bombas para agua.

Cada uno de los dos cuerpos de bomba encierra un piston forrado de cuero y provisto de una válvula que se abre de abajo á arriba. Estos pistones tienen un árbol dentado. Una rueda tambien dentada, colocada entre estos dos árboles, engrana con ellos. Haciendo girar la rueda en sentido alternativo por medio de una barra doble, se comunica á los árboles y por consecuencia á los pistones, el movimiento alternativo de ascenso y de descenso. El tubo de aspiración desemboca en el centro de un platillo bien nivelado, sobre el cual se aplican las campanas en que se opera el vacío.

Con auxilio de esta máquina se pueden estudiar los fenómenos que presentan los cuerpos colocados en el vacío, pro-

bándose, por ejemplo, que los animales no pueden vivir sin aire, y que privada de él la llama de una bugía, se extingue necesariamente. Tambien puede dar una idea de los efectos de la presión atmosférica: así que se ha hecho el vacío en la

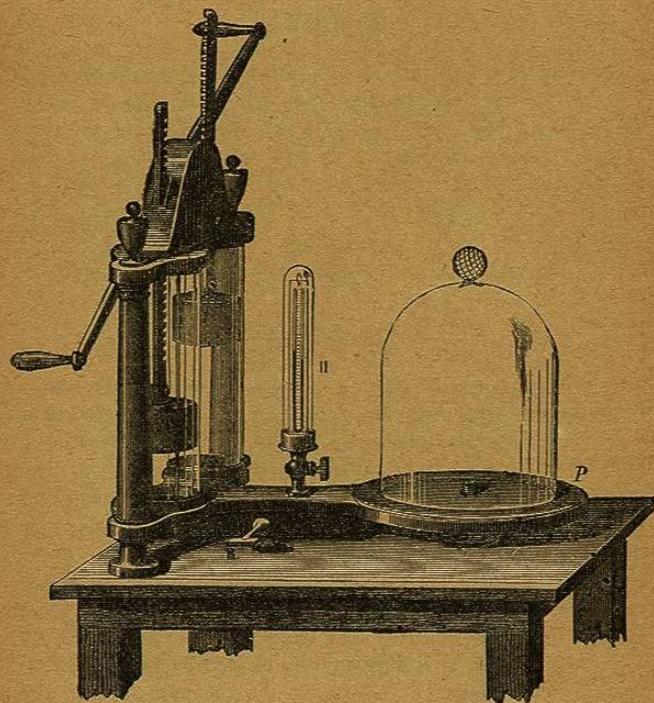


Fig. 124.

campana, no es posible separarla ya del platillo, porque la presión que sufre su superficie exterior no está contrabalanceada por una presión igual ejercida al interior.

La invención de esta máquina tan útil, se debe á Otto de Guericke, de Magdeburgo, que dió á conocer sus maravillosos resultados en Ratisbona, en 1654.