

33  
542

CARTILLAS CIENTÍFICAS.

---

NOCIONES DE FÍSICA

POR EL PROFESOR

BALFOUR STEWART

(CON LÁMINAS)

---

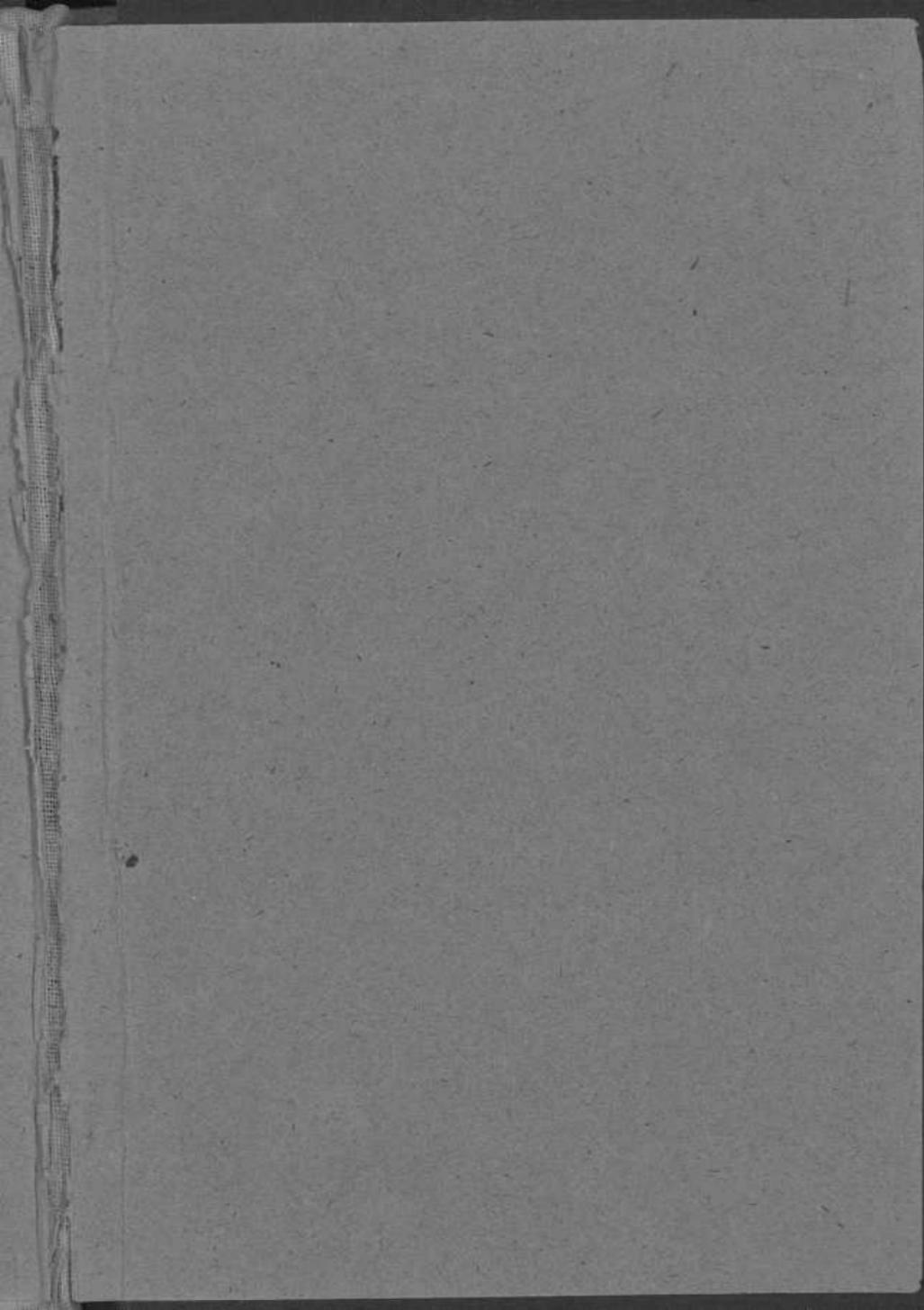
MADRID  
CÓRDOBA Y COMPAÑÍA

14—PUERTA DEL SOL—14

1883

8

16108  
~~2579~~



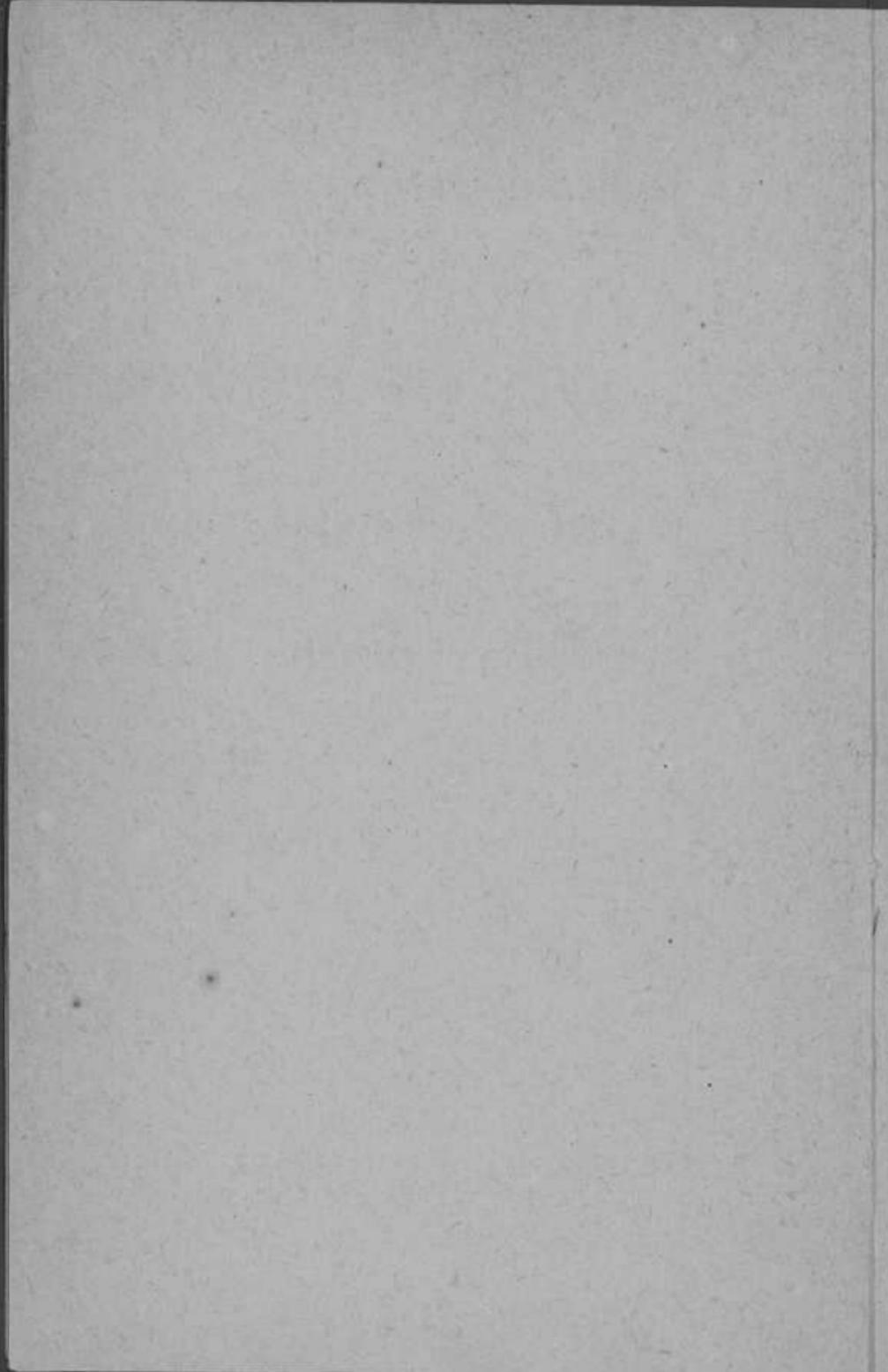


29  
—  
542

CARTILLAS CIENTÍFICAS.

PRIMERA.

*NOCIONES DE FÍSICA.*



76  
CARTILLAS CIENTÍFICAS.

---

# NOCIONES DE FÍSICA

POR EL PROFESOR

BALFOUR STEWART

(CON LÁMINAS)

---

MADRID  
CÓRDOBA Y COMPAÑÍA

14—PUERTA DEL SOL—14

1883

Tip. del Asilo de Huérfanos del S. C. de Jesús.

68 — Atocha, — 68.

## CARTAS A GUISA DE PRÓLOGO

---

MADRID, Noviembre 1.º, de 1882.

SR. DR. D. FERNANDO LOZANO.

*Muy señor nuestro* : La mayor parte de los profesores con cuya clientela se dignan honrar nuestro establecimiento, nos han manifestado el deseo de ver traducidas al castellano las obras que forman la colección de los «Science Primers» (Cartillas científicas) tan populares en los países Hispano-Americanos y en Inglaterra.

Á nadie mejor que á V. podemos acudir para que juzgue si dichos trataditos serían convenientes para las escuelas de nuestro país, y á este fin le suplicamos se sirva examinar el primer volumen que nos tomamos la libertad de enviarle, y comunicarnos su opinion.

Dígnese dispensarnos la molestia y quedamos con la mayor consideracion de V. SS. atentos SS. y amigos

CÓRDOBA Y COMPAÑÍA.

MADRID, Noviembre 8, de 1882.

SEÑORES CÓRDOBA Y COMPAÑÍA.

*Muy Señores míos*: Los nombres de los distinguidos Profesores bajo cuya direccion se han preparado y publicado los libros de ciencia elemental acerca de los cuales se sirven Vds. pedirme opinion, bastan para recomendarlos: sin embargo, he querido examinar por mí mismo el que me remiten, y que forma parte de la coleccion, para poder contestar á Vds. con mi propio juicio.

Puedo afirmarles que rara vez se ven consignados en tan breve espacio y con tanta simplicidad los principios rudimentarios de una ciencia. La precision y claridad de las definiciones, y la sencillez, facilidad y eficacia de los experimentos sugeridos, nada dejan que desear para su objeto. Creo, pues, que la publicacion en español de estas cartillas científicas, como Vds. las llaman, será un servicio importante para los pueblos rurales de España, y particularmente para las Repúblicas Sud-Americanas. La teoría de que la instruccion científica debe comenzar en la escuela primaria, para desenvolverse en los grados ascendentes de

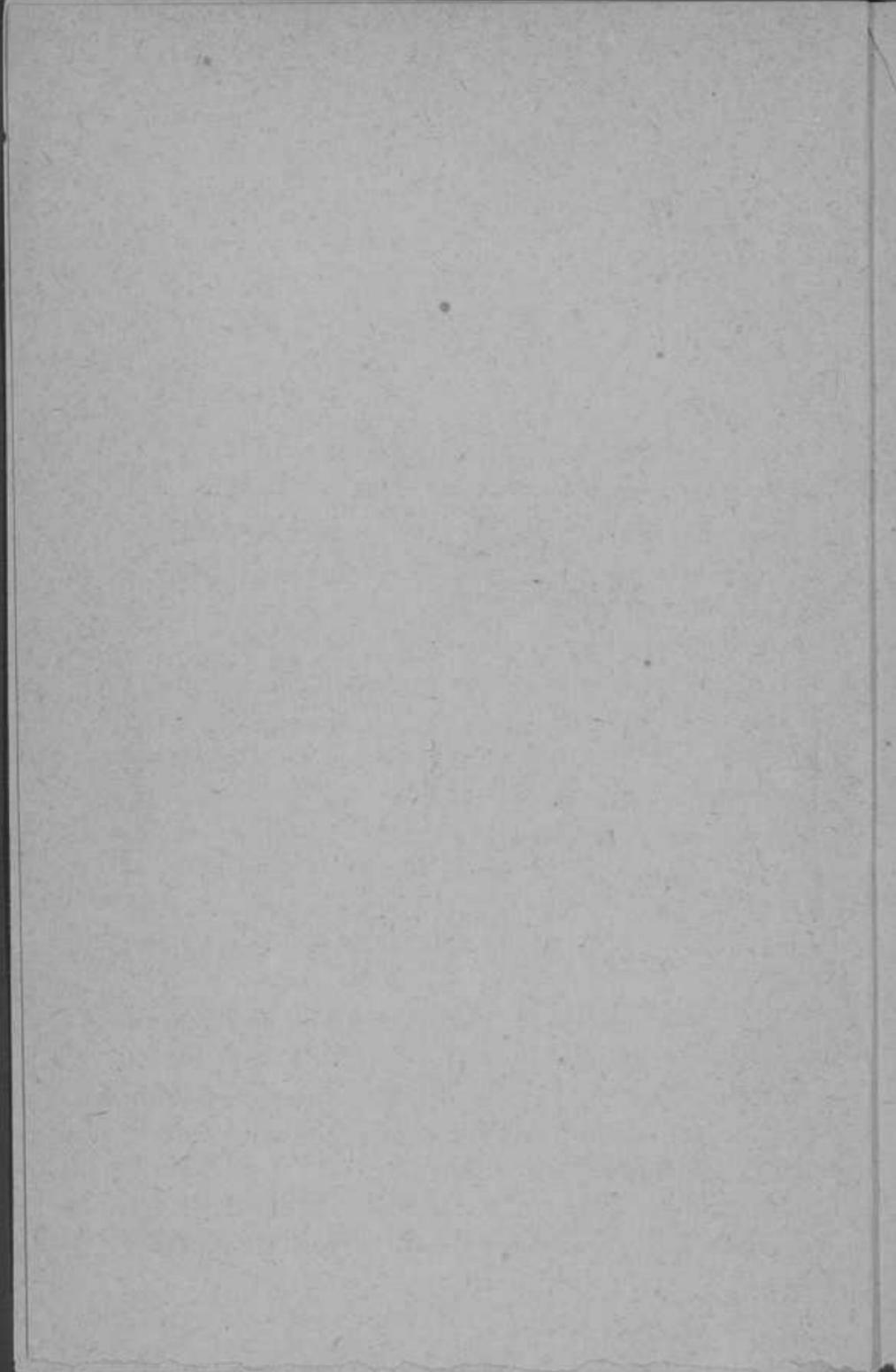
la enseñanza, está prácticamente adoptada en los programas de educación común en la República Argentina, y tal vez en algunas de las otras de Sud-América: de suerte que la publicación que Vds. intentan va á servir directamente para una necesidad ya sentida.

Agregaré que estimo en tanto el mérito de estos libritos, como elementos de ciencia popular, que me permito anunciarles favorable acogida, no sólo en las escuelas, sino también en las familias, entre las cuales pueden difundir los útiles conocimientos y el espíritu de investigación que ellos encierran.

Contestada así la carta que se han servido Vds. dirigirme, quedo, con toda consideración,

De Vds. atento Servidor,

F. LOZANO.



JUICIO ACERCA DE LAS  
«CARTILLAS CIENTÍFICAS.»

---

CARTA DEL SR. D. J. ALVAREZ GUERRA.

Mayo 16 de 1883.

SEÑOR D. JUAN IRIGOYEN.

Apoderado general de los Sres. Córdoba y Compañía.

*Estimado señor y amigo*: La lectura de los nuevos textos suele ser para mí un deber penoso: le doy las gracias por haberme proporcionado una tarea agradable.

Una de las obras que me ha mandado, es debida al profundo investigador de la «*Conservacion de la energía*»; el autor de la segunda es el sucesor, el heredero intelectual de Cobden, en Manchester. Además, los editores Madrileños ostentan en la primera página, á guisa de premio honorífico, el *satisfecit* del Dr. Lozano. En tales condiciones, la aprobacion de un desconocido tiene algo de impertinente.

Sin embargo no se trata aquí tanto del mérito absoluto de aquellas obras, cuanto de su adaptacion á nuestra enseñanza. Puedo entónces dar mi opinion, como lo haria un trabajador acerca de la calidad de sus herramientas.

Mi primera impresion es envidiar la suerte de los niños de hoy ¡tan diferente de la nuestra! Desde

que Pestalozzi declaró sagrados los instintos naturales, y de valor inapreciable para la educación el misterioso aletear de las facultades infantiles, —artistas y pensadores procuraron á porfía, hacerles cada vez más suaves y floridas las sendas del saber.

En tiempos pasados, se azucaraba la ciencia *ad usum Delphine*. La edición destinada á un Luis de Francia, inepto y rudo, costó cuatrocientas mil libras: entre tanto morían los hijos de los pobres sin conocer más libro que el misal, cuyas tapas les era dado contemplar una vez por semana en misa.

Hoy, son nuestros *delfines* todos los hijos del pueblo —y por centenares de millones se cuentan las sumas anualmente invertidas en su educación.

Libros lujosos, mapas, grabados, colecciones, llenando escuelas alegres que parecen hogares, y universidades que parecen palacios; métodos luminosos y fecundos; tratados clásicos interesantes como cuentos de hadas, juguetes que son maravillas del arte; aparatos científicos cien veces más divertidos y sorprendentes que juguetes: todo eso dado gratuitamente, nos parece apenas suficiente, y cuando aún así se resisten á ilustrarse, culpamos á nuestros textos y aparatos de áridos é imperfectos.

Grandes talentos coronan su gloriosa existencia, dedicándoles las sabrosas producciones de su otoño: Guizot y Michelet les enseñan historia, y Víctor Hugo, el viejo luchador, enseña *el arte de ser abuelo...*

Hé aquí ahora que Huxley, Jevons, Spencer, Stewart, Roscoe —una pléyade de pensadores—

abandonan sus laboratorios para dedicarles los « Cuentos del hogar » de la ciencia.

En verdad, lo repito, ¡nuestros hijos han llegado á buena hora!

No hemos sido quizás ménos queridos que ellos —pero seguramente hemos sido ménos respetados.

De ese respeto profundo por el niño (*Puero reverentia*), es nuevo testimonio la « cartilla científica » que tengo á la vista: excelente bajo cualquier aspecto que se la examine. La impresion esmerada, los grabados, hasta el papel algo sombreado: todo está calculado sábiamente y ejecutado como por esos inventores del *comfort*. La traduccion no se parece, ni mucho ménos, á esas garzales de barbarismos de tantos textos clásicos; es correcta y hasta elegante.

El estilo es perfecto: refleja el objeto descrito con la exactitud luminosa de un espejo. Ha escrito Taine, que Thiers era capaz de hacer entender la Economía Política á un muchacho iletrado: Jevons ha resuelto el problema.

Creo poder afirmar que en nuestras escuelas, con el texto de Jevons y la explicacion oral de un profesor medianamente inteligente, los niños de doce á catorce años llegarán á *saber*, á *comprender* las leyes económicas más culminantes.

De las doctrinas no hay que hablar. Jevons ha sucedido á Ricardo Cobden en el Ateneo de Manchester: cuna de la gran liga libre-cambista: en ese emporio industrial donde todos los coeficientes de

la riqueza son cuestiones vitales, sometidas al examen escrupuloso y al diario experimento.

Será tal vez conveniente omitir en nuestras escuelas, los capítulos referentes á las huelgas y salarios, que dan la solución de un problema social (exceso de población) exactamente opuesto al que tenemos que resolver.

Las « Nociones de Física » no son menos dignas de encomio. Puede decirse que Balfour Stewart se ha mostrado inventor en la simplificación. Modelos de exposición científica y de sagacidad son las explicaciones y experimentos acerca de las fuerzas naturales.

Sólo los sábios de esa talla saben inclinarse y ponerse á nivel de las frentes infantiles.

Sé que los tratados subsiguientes están concebidos en el mismo espíritu y confiados á hombres no menos ilustres.

Ved ahí realizado el deseo de Herbert Spencer: la introducción de la enseñanza científica en la escuela primaria. La ciencia, « *que es el saber más útil,* » según este pensador inglés, no será ya para los pequeños, un misterioso palacio inaccesible, cuyas ventanas alumbradas están más arriba que el vulgo á quien deslumbran sin utilidad. Ahora las puertas se abren para los profanos, y las ventanas se bajan á su nivel.

Ese mundo de elaboración humana, formado con los elementos del mundo de Dios, y parecido á éste, como el bosquejo del aprendiz al cuadro

sublime del gran maestro, sirve para admirar más al segundo y comprenderlo mejor. El péndulo del reloj ha servido para dar la mejor demostración del movimiento diurno, la causa de los vientos no ha tenido demostración más clara y grandiosa que el túnel del Mont-Cenis. En este siglo, no hay más explicación satisfactoria que la científica, sin referirme á las grandes conquistas científicas, que debería ser vergonzoso emplear diariamente sin comprenderlas, — ¡cuántos experimentos efectuamos ciega y maquinalmente, en un solo día y sin salir de nuestra casa! — La tuerca del péndulo que se levanta para apurar al reloj perezoso; las gotas que resbalan en verano á lo largo del botellon de agua *frappée*; el terron de azúcar que embebe la gota de café: hé aquí tres incidentes diarios que por vulgares no llaman la atención. Sin embargo, el primero contiene la inmensa teoría del centro de gravedad; el segundo revela el misterio del rocío, y el tercero obedece á la misma ley que el fenómeno fisiológico de la absorción. Me atrevo á creer que muchos padres de familia, aún de los que van á la Bolsa y á la Ópera, no darían de aquellos hechos una explicación satisfactoria á un niño curioso y pregunton.

En adelante, los niños que no pasen por las universidades, no llegarán á hombres sin conocer algo de la naturaleza y de la humana labor: no habrá, por ejemplo, estancieros que acepten resignados la influencia despótica de la luna nueva sobre nuestra

atmósfera, ó negociantes que ignoren la periodicidad decenal de las crisis comerciales.

Las nociones científicas adquiridas en la escuela no son ménos importantes para los futuros estudiantes de enseñanza secundaria y superior: desde luégo se diseñarán las aptitudes; la eleccion de la carrera será ménos librada al acaso y al capricho, —pudiendo así aplicarse con provecho, el principio económico de la division del trabajo segun la adaptacion personal.

La iniciacion temprana en la ciencia, la familiaridad de sus hechos culminantes facilita sobremodera su completa adquisicion ulterior.

Creo firmemente que para surcar el desierto de la ignorancia, debe el educacionista imitar á los grandes canalizadores del istmo de Suez. Abrióse primero, de Port-Said al Serapeum, una acequia estrecha que facilitó el trasporte del enorme material y fué como el vivo trazado del futuro canal de cien metros de ancho; tomándose así un *avant-gout* de los beneficios que la obra colosal reportaría, y de los obstáculos que el genio del hombre habria de vencer.

Felicito por tal iniciativa al hombre de estudios que hay en V. bajo el hombre de negocios, y me repito

S. S. S. y affmo. amigo

J. ALVAREZ GUERRA.

# NOCIONES DE FÍSICA.

---

## INTRODUCCION.

1. Definicion de la Física.—En las *Nociones de Química* se os ha dicho qué clase de cosas tenemos á nuestro rededor. Habeis visto lo que hace el químico; cómo pesa las cosas y averigua la cantidad que representan, y tambien cómo descubre que ciertas cosas son compuestas, y pueden dividirse en dos ó más, al paso que otras son simples ó elementales y no pueden dividirse.

De hecho, se os ha hablado de varios géneros de cosas que tenemos en el mundo; pero aun no habeis aprendido mucho acerca de los modos ó afecciones (apariencias) de esas cosas. Vosotros mismos estais sujetos á cambio de modos, pues á veces os presentais con la sonrisa en los labios; y á veces, quizá con el rostro lleno de lágrimas ó ceñudo; ya tambien, os sentís activos y vigorosos, ya pesados é indiferentes.

Pues si pensais un poco, veréis que las cosas que os rodean están sujetas á modos muy semejantes á los vuestros. Hoy aparece brillante, risueña y

feliz la faz de la naturaleza; la misma faz está mañana nublada y oscura; cae la lluvia, ruge el trueno, y el mar tormentoso está agitado por las olas. O de otro modo: tomemos del suelo una bala de hierro; está fría y es pesada al tacto; pero pongámosla al fuego, y cuando éste se desarrolla, la sustancia es la misma, pero su estado es muy diferente, y si intentais tocarla, estad seguros de que os quemareis los dedos. O de otro modo: si, en vez de ponerla al fuego, la echamos en un cañón, y lo descargamos, saldrá con tremenda velocidad, y despedazará cuanto toque.

Así veis que una bala fría es cosa muy diferente de una caliente; y también, que una bala en reposo es cosa muy diferente de una bala en movimiento. Si os vemos llorosos y desgraciados, os preguntamos cuál es la causa de vuestra tristeza y llanto, y siempre encontramos que hay una causa; ó si os vemos indiferentes, soñolientos y faltos de energía, nos informamos de lo que eso significa, y averiguamos que tiene una significación y una causa. De igual manera, cuando hallamos cambio en los modos ó cualidades de la materia inerte, inquirimos la causa de esos cambios, y siempre hallamos que tienen una causa. Esas inquisiciones ó averiguaciones son [las que vamos á hacer en las páginas siguientes, y debéis atender á las respuestas ó resultados que alcancemos. Ya se os ha dicho que esa manera de inquirir ó de interrogar á la naturaleza se llama experimento.

2. Definicion del Movimiento.—En primer lugar, debeis tener una idea clara del movimiento. Movimiento significa cambio de lugar. Algunos de vosotros habeis podido oir que esta sólida tierra en que habitamos, está en realidad moviéndose muy rápidamente alrededor del sol; pero podemos alejar enteramente de nuestro ánimo esa idea, pues aunque la tierra está moviéndose muy rápidamente, nos lleva consigo, y todo va tan llana y tranquilamente como si la tierra estuviera quieta. Pues bien, si me siento en una silla, puedo decir que estoy en reposo; pero si paseo de arriba abajo por el aposento, estoy en movimiento. Ahora, para entender mis movimientos, teneis que saber algo más que el mero hecho de que estoy moviéndome de un lado para otro; teneis que saber la *direccion* ó *línea* en que estoy moviéndome, y teneis tambien que saber la *proporcion* ó *velocidad* con que me muevo. Debeis tratar de entender claramente el significado de esa palabra «*velocidad*»; y para hacéroslo entender, supongamos que salgo á la calle y que camino dos ó tres horas por un camino recto, y siempre al mismo paso. Entónces veo que me he alejado 4 kilómetros de mi punto de partida, y que en dos horas he andado 8 kilómetros; y, por lo tanto, digo que voy andando en proporcion, ó con la *velocidad* (que ambas palabras significan lo mismo) de 4 kilómetros por hora.

Pero ¿qué diría, si la proporcion no fuera siempre la misma? Suponed que un tren de ferro-car-

ril se acercara á un paradero y empezara á aflojar su marcha : el tren andaba desde su partida á razon de 40 kilómetros por hora; pero realmente disminuye á cada paso su velocidad, hasta que al llegar al paradero hace casi una parada. Y entón-ces ¿cómo podemos averiguar la velocidad, cuando siempre está cambiando? ó ¿qué intentamos decir cuando decimos que el tren, ántes de aflojar su marcha, se movia á 40 kilómetros por hora? Sencillemente intentamos decir que si se hubiera dejado al tren andar una hora entera en la misma proporcion en que lo hacía al partir, ó ántes de aflojar su marcha, se hubiera movido á razon de 40 kilómetros. Efectivamente, si en vez de empezar á detenerse en el paradero, hubiera sido un tren expreso que hubiera proseguido, una hora despues de verlo nosotros habría estado á 40 kilómetros. Hay diversas maneras de expresar la velocidad : á veces nos referimos á ella por medio de kilómetros., como acabo de hacer, pero á veces es mejor considerarla por metros y segundos. Así, si dejo caer una piedra desde lo alto de una muralla, digo que cae 4.9 (ó  $4\frac{9}{10}$ ) metros en el primer segundo. Todos sabeis que sesenta segundos son un minuto, y sesenta minutos una hora.

En este librito, al hablar de velocidad emplearemos metros y segundos más frecuentemente que kilómetros y horas, y hablaremos, segun el caso, de cuerpos que se mueven á razon de diez, veinte, ó 30 metros por segundo.

3. Definición de la fuerza. — Y aquello que pone en movimiento lo que ántes estaba en reposo ¿qué es? O ¿qué es a quello que pone en reposo lo que ántes estaba en movimiento? La fuerza produce ambos efectos. Fuerza es lo que pone en movimiento un cuerpo, y fuerza (si bien aplicada en sentido inverso), es lo que vuelve á ponerlo en reposo; pues, si requiere una fuerza para moverse, todo cuerpo requiere otra fuerza para reposar. Dándole un manotazo, podeis poner en movimiento una bola, que con otro manotazo podeis detener. Mas un cuerpo macizo, como un tren, necesita una gran fuerza para moverse, y otra gran fuerza para pararse; porque todo cuerpo que requiera gran fuerza para ponerse en movimiento, requiere tambien gran fuerza para quedarse en reposo. Lo que es fácil de impulsar, es fácil de contener; lo difícil de impulsar es difícil de contener. Ahora veis que la fuerza actúa no sólo cuando pone un cuerpo en movimiento, sino tambien cuando lo pára. En efecto: lo que cambia el estado de un cuerpo se llama fuerza, ya sea de reposo ó de movimiento ese estado.

EXPERIMENTO 1.º — Para probarlo, poned unos cuantos frijoles en un jarro de hojalata y sostened con una mano el jarro. Ahora, levantadla de pronto con el jarro, hasta que se detenga ó sea detenida, en la barra de madera expresamente fijada al alcance, poco más ó ménos, de la mano. Lo que habeis hecho es levantar rápidamente el jarro con la

mano, y dar repentinamente en una parada. Primero, con la fuerza del brazo habeis dado un movimiento de abajo arriba al jarro, y el jarro ha forzado los frijoles á subir con él, pues claro es que no podian quedarse atrás. Entónces, cuando el brazo subia con el jarro, lo detuvo inopinadamente la barra, y el brazo, á su vez, forzó al jarro, que sostenia firmemente, á detenerse. Pero esa fuerza paralizante no afecta á los frijoles que hay sueltos en el fondo del jarro, y así es que continúan moviéndose hácia arriba despues de contenido el jarro, y muchos de ellos se caen por el borde y se desparrraman por el suelo.

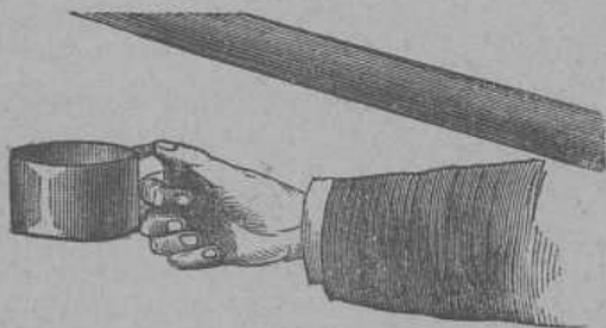


FIG. 1.

EXPERIMENTO 2.º—Poned ahora algunos frijoles más para sustituir en el jarro los que se saltaron, y, en vez de subir, bajad el brazo tan rápidamente como podais. Aquí, la fuerza del brazo hace que el jarro baje con mucha rapidez, pero no afecta á los frijoles sueltos en el fondo del jarro, y el resultado es que los frijoles no siguen el movimiento veloz

del jarro, sino que se quedan atrás y se arremolinan y concluyen por derramarse todos en el suelo.

Detengámonos aquí, pues, un momento, y veamos lo que realmente aprendemos en esos dos experimentos. En el primero aprendemos que, una vez puestos en movimiento los frijoles, aún después de detenido el jarro, continúan moviéndose hacia arriba, pues la fuerza paralizante no los afecta. Requieren fuerza para contener su movimiento ascendente, y la barra de madera no podía suministrar la fuerza adecuada á ese objeto; así fué que continuaron subiendo hasta que, fuera ya del jarro, la fuerza de la tierra concluyó por atraerlos al suelo. Ya veis, pues, que se necesita fuerza para detener un cuerpo en movimiento.

En el segundo experimento comunicamos al jarro un movimiento hacia abajo; pero la fuerza del brazo que eso hace, no afecta á los frijoles del jarro, que, por lo tanto, se mantienen quietos, ó más bien, atrasados en el movimiento, y se arremolinan hasta que la fuerza de la tierra concluye por atraerlos y desparramarlos. Por consecuencia, ya veis que se necesita fuerza para mover un cuerpo en reposo.

Así pues, la fuerza puede hacer dos cosas: puede detener un cuerpo en movimiento, ó puede poner en movimiento un cuerpo en reposo. Pero es muy frecuente hallar una fuerza que, aunque presente, no aparece. ¿Por qué es eso? Porque otra fuerza opuesta se lo impide. Así, tengo en la mano un

cuerpo pesado; si abro los dedos, la fuerza de la tierra, ejerciéndose sobre el peso, lo atraerá muy pronto; pero mientras conservo el peso, esa fuerza de atracción de la tierra está contenida por la fuerza de retención de mi mano. Pero figuráos que el mismo peso está sobre la mesa: si no hubiera mesa, el peso hubiera caído al suelo; pero la fuerza de la tierra que le da una tendencia á caer, deja de actuar ó es resistida por la mesa. El peso hace presión sobre la mesa, pero la mesa resiste la presión. De modo que tenéis dos fuerzas que se resisten una á otra: una que es el peso; otra que es la fuerza de resistencia de la mesa.

De todo eso deducimos que fuerza es lo que cambia el estado de reposo ó movimiento de un cuerpo; pero que muy á menudo la fuerza es resistida ó estorbada por una fuerza igual y opuesta; de modo que no es capaz de hacer nada ni de producir efecto alguno.

#### LAS FUERZAS PRINCIPALES DE LA NATURALEZA.

4. Definición de la gravedad.—Ya os he dicho cuál es el significado de la palabra «fuerza:» miremos ahora á nuestro rededor para saber cuáles son las fuerzas principales que hemos de tomar en consideración, y para ver también qué papel representa cada una de ellas, y cuál es su uso. La fuerza más prominente es la atracción de la tierra. Si soltamos

de nuestras manos una cosa pesada, ya sabemos dónde buscarla, pues sabemos que no sube hacia arriba, ni se mueve á los lados en direccion alguna, sino que caerá al suelo ó á tierra. Decimos que cae hacia abajo; y las palabras *arriba* y *abajo* corresponden exactamente á la accion de la fuerza terrestre; de modo que, si la tierra no tuviera fuerza, no emplearíamos absolutamente esas palabras. La palabra «arriba» denota un movimiento difícil contra la fuerza de la tierra; la palabra «abajo» denota un movimiento espontáneo y natural, determinado por la fuerza atractiva de la tierra. Es difícil trepar una colina ó ir *arriba* de ella; pero es muy fácil descender ó pasear por ella de alto *abajo*.

Así, cuando decimos que la tierra atrae cosas, no habeis de pensar que todas, ó casi todas las cosas que vemos se mueven hacia la tierra ó se caen. Vosotros y yo no estamos cayéndonos, ni desearíamos encontrarnos en tan peligrosa condicion. ¿Por qué no estamos cayéndonos? Porque estamos sobre un pavimento; pero si no hubiera tal pavimento, nos caeríamos á tierra, y el pavimento tiene que ser suficientemente fuerte para soportar nuestro peso; de otro modo, cederia y caeríamos. Alguna vez se ha agrupado tanta gente sobre un pavimento ó plataforma, que ha cedido, y la gente ha caido, y alguna ha muerto ó salido contusa.

Así veis que la tierra lo atrae todo; y sin embargo, muchas de las cosas que vemos no se mueven hacia la tierra, porque las contiene alguna po-

tencia capaz de resistir su peso. En realidad, esa propiedad de las cosas que se llama «peso» es causada por la atracción de la tierra.

Esa fuerza que la tierra ejerce se llama **gravedad** ó **gravitacion**.

5. **Definición de la cohesión.**—Pero además de esa fuerza que la tierra ejerce, hay otras. Si tomamos un pedazo de estambre ó de alambre, y tratamos de romperlo en dos partes, ejerce una fuerza para impedir la que empleamos al querer romperlo; y sólo cuando es mayor la fuerza empleada por nosotros que la que nos resiste, es cuando logramos romper el alambre ó el estambre. En efecto, las diferentes partes ó partículas del estambre ó del alambre se mantienen juntas ó adheridas por una fuerza que resiste todo intento de separarlas. Y así son las varias partes ó partículas de todo cuerpo sólido, como la madera, la piedra, los metales, y otros. Con frecuencia es difícilísimo despedazar una sustancia ó combarla, ó pulverizarla, ó cambiar su forma ó tamaño en cualquier sentido. Pues esa fuerza que liga las varias partículas de un cuerpo se llama **cohesión**.

Ahora podeis ver la diferencia que hay entre «gravedad» y «cohesión.» Gravedad es aquella fuerza que la tierra ejerce para impeler hácia sí, ó atraer los cuerpos, y que actúa ó se ejerce á gran distancia: así la luna, distante 377.000 kilómetros de la tierra, es atraída por esta. La cohesión es aquella fuerza que las partículas integrantes de un cuerpo

ejercen unas sobre otras para mantenerse unidas, pero esa fuerza no actúa sino cuando las partículas están muy cerca unas de otras; pues una vez rotas ó reducidas á polvo, sus partículas no pueden fácilmente volver á reunirse.

6. Definicion de la atraccion química.—Además de esas dos fuerzas, hay otra que se llama fuerza de atraccion química ó afinidad. En la Química de este curso (artículo 4.<sup>o</sup>), se os dice que el carbono y el gas oxígeno se juntan químicamente, y que el resultado de la union es el gas ácido carbónico. El carbono y el oxígeno son impelidos uno hácia otro, y reunidos por una fuerza que uno y otro ejercen mutuamente, tan ciertamente como una piedra es impelida hácia la tierra. En virtud de esa fuerza, se apresuran á unirse, y el resultado es algo que difiere completamente de uno y otro. Pues esa fuerza es la que llamamos atraccion química, y que tiene la peculiaridad de ejercerse sólo entre cuerpos diferentes; pues en química, sólo cuerpos de diferente especie son los que se precipitan uno hácia otro y se unen de ese modo.

7. Uso de esas fuerzas.—Habiéndoos hablado ya de las fuerzas principales de la naturaleza, tratemos de averiguar qué papel hacen, y por qué existen: y creo que pronto veremos que, sin ellas, la vida sería imposible. Empecemos por suponer que no hubiera tal fuerza como la de gravitacion ó gravedad, y que la tierra no atrajera hácia sí las cosas. Cuando trepamos una áspera colina, ten-

tados estamos de pensar que sería cosa agradable el poder ir hácia arriba tan fácilmente como hácia abajo : entónces, ¡cómo deseamos que no hubiera gravedad! Pero ¡qué terrible desgracia sería que nos oyera quien pudiera suprimir la gravedad! No habiéndola, es claro que no habría peso ó pesantez, y subiríamos con harta facilidad una colina; pero si nos lanzáramos al aire, nos quedaríamos en él, y acaso podríamos dejar enteramente este mundo. No habiendo gravedad ni pesantez, los muebles de nuestras casas se hallarían unos sobre el suelo, algunos en el techo, otros flotando por el aire, y nosotros mismos podríamos pasearnos tan cómodamente por el cielo raso como por el pavimento. Miétras tanto, no estando ligada la luna á la tierra, nos abandonaria para siempre; y no estando tampoco ligada la tierra al sol, se alejaría de él y divagaría por entre las estrellas.

Por lo que respecta á la gravedad, ya basta. Veamos ahora lo que acaecería si no hubiera cohesion. De faltar esta fuerza, las partículas de los cuerpos sólidos no se adherirían unas á otras, sino que todas ellas caerían en pedazos, ó más bien, en polvo. La madera de nuestras mesas y sillas se haría polvo, y no tendríamos muebles; y como los ladrillos de nuestras casas harían lo mismo, no tendríamos casas. A nosotros nos sucedería lo mismo, y en fin, todas las cosas se resolverían en una enorme masa de polvo.

Concluyamos por ver lo que sucedería si no hu-

biera una fuerza tal como la afinidad. En primer lugar, el fuego dejaría de arder, porque el carbono del carbon dejaría de unirse con el oxígeno del aire. Despues, dos cuerpos simples ó elementales no se unirían ya para formar una sustancia compuesta, sino que tendríamos que contentarnos con unos sesenta simples, de los cuales un gran número son metales, y un corto número gases. En un mundo semejante no habría variedad; y en verdad, que tampoco habría vivientes, porque nuestros propios cuerpos son compuestos químicos, y si se destruyera la afinidad química, parte de ellos se subiría al aire á mezclarse con él, al paso que la parte compuesta de carbono, de un poco de fósforo y de uno ó dos metales, caería al suelo y así dejaríamos de ser.

### CÓMO ACTÚA LA GRAVEDAD.

8. Centro de Gravedad. EXPERIMENTO 3.<sup>o</sup>—Esforcémonos ahora por indagar qué suerte de fuerza es la gravedad. Y para ese fin tomemos una lámina irregular de hierro (figs. 2 y 3), y colguémosla de un hilo. Como veis, pende de un modo particular; y como tambien veis, la línea ya señalada en ella con tiza está en la misma direccion de la línea del hilo. Colguemos ahora libremente por cualquier punto la lámina: tambien aquí teneis otra línea

de puntos en directa prolongacion del hilo, y podeis ver que esas dos líneas de puntos se cortan en el punto marcado G.

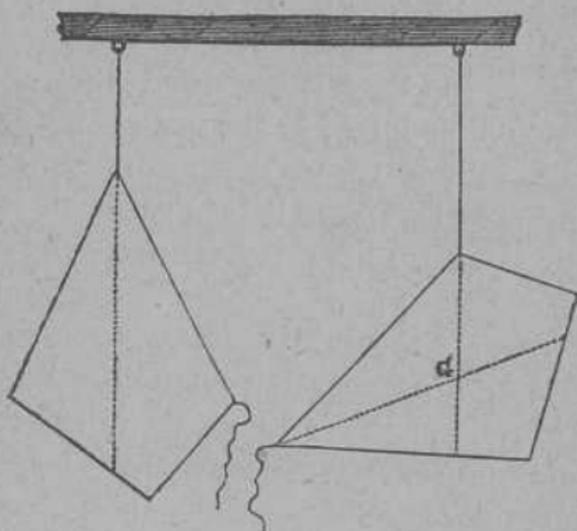


FIG. 2.

Colguemos ahora la lámina por un tercer punto de su borde. Lo mismo que ántes, teneis ahora una prolongacion del hilo. Ahora vereis fácilmente que esas tres líneas de puntos se cortan una á otra en el mismo punto G; efectivameete, si suspendeis la lámina por cualquier punto, y trazais una línea de puntos en direccion, ó como prolongacion del hilo, todas las líneas que traceis se cortarán una á otra en el mismo G, de modo que ese punto estará siempre directamente bajo el punto de que pende la lámina; y si ladeais la lámina, volverá á su primera posicion: ahora bien ¿qué cosa es ese punto

peculiar  $G$ ? Para descubrir lo que sea, dejadme que ponga un hilo en  $G$ , y que cuelgue de él la lámina; veréis cómo el hilo se balanceará alrededor de  $G$ , en todas direcciones, exactamente lo mismo que si en el punto  $G$  se hubiera condensado su peso todo. Pues ese punto  $G$  es lo que llamamos el **centro de gravedad** de la lámina. Y si cuelgo por cualquier punto la lámina, se pondrá en tal posición, que su centro de gravedad  $G$  esté tan bajo como sea posible. Si en vez de colgar de un estambre la lámina, la suspendo de una clavija, de modo que quede floja, tratará de colocar el punto  $G$  lo más bajo que pueda, y concluirá por quedar fija, y no fluctuará como en la figura 3.

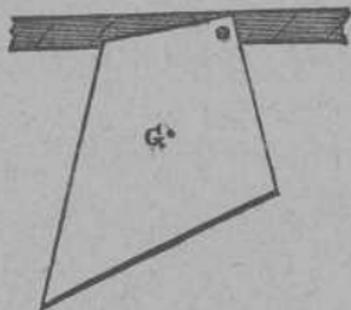


FIG. 3.

9. **La Balanza.**—Cada sustancia tiene un punto  $G$  de esa especie, que se llama su *centro de gravedad*. La balanza que se ve en la página 33, tiene, como cualquier otro cuerpo, su punto  $G$ —su *centro de gravedad*; y, lo mismo que la lámina de hierro de la fig. 2, procura colocar ese punto lo más bajo que le sea posible.

Ahora bien: si pongo en los platillos pesas iguales, toman aquellos por sí mismos la posición de equilibrio, y el punto *G* se halla precisamente debajo del punto de apoyo de la cruz; si, pues, desvío con la mano los platillos de esa posición de equilibrio, vuelven á ella por sí mismos, después de varias oscilaciones. En efecto, cuando hay pesas iguales en ámbos platillos, la cruz se mantiene bien horizontal, correspondiendo la aguja llamada *fiel* al centro del pequeño arco graduado. De suerte, que, para pesar alguna sustancia, se la pone en uno de los platillos, y en el otro pesas hasta que el *fiel* corresponda exactamente al centro del arco: se sabe entónces que las pesas representan el peso cabal de la sustancia; porque, si fuesen demasiado pesadas ó demasiado ligeras, la cruz se inclinaría del lado del peso superior.

EXPERIMENTO 4.<sup>o</sup>—Supongamos que coloco un pedazo de metal en uno de los platillos, y en el otro pesas hasta 150 gramos; el platillo que contiene el metal se bajará, probando así que el metal es más pesado que las pesas. Dejadme ahora que ponga 250 gramos en el platillo de las pesas, y vereis que baja, al paso que ántes fué el otro el que bajó. De modo que el peso del metal se halla entre 150 y 250 gramos. Ensayemos una pesa de 200 gramos, y vereis cómo el *fiel* corresponde exactamente al centro del arco, y la cruz se mantiene horizontal, mostrando así que el peso del metal es exactamente de 200 gramos.

## LOS TRES ESTADOS DE LA MATERIA.

10.—Habeis visto que, sin las varias fuerzas de la naturaleza, no podríamos vivir; y que si una partícula de materia no fuera solicitada, tirada ó atraída por otra partícula, no habría mundo. Habeis visto tambien que, si no hubiera cohesion, no habría más que polvo. Ahora puedo proseguir diciéndoos que si cada cuerpo tuviera una fuerza ilimitada de cohesion, sufriríamos tanto como en los casos precitados, porque en éste no tendríamos ni líquidos, ni gases, ni agua, ni aire. Las partículas de una barra de hierro ó acero poseen grandísima cohesion, y es difícilísimo forzarlas á separarse. Pero el agua y el mercurio casi no tienen cohesion de especie alguna, y el más ligero contacto derramaría en todas direcciones una cantidad de agua ó mercurio. Sin embargo, ámbos á dos, esos líquidos tienen cierta cohesion, como van los siguientes experimentos á enseñárnoslo.

EXPERIMENTO 5.º—Tomad de la botella del mercurio una cantidad muy pequeña, y colocadla en la superficie lisa de un espejo. Apretándolo, podeis dividirlo en globulillos: esos globulillos prueban que las partículas de mercurio se adhieren entre sí. Poned otra superficie de cristal sobre la primera, y podeis aplastar las partículas, que volverán á su propia forma globular en cuanto levanteis el cristal.

EXPERIMENTO 6.º.—Verted unas cuantas gotas de agua sobre una superficie aceitosa ó grasienta, y vereis que tienen una forma redondeada, no distintas de las gotas de mercurio, con lo cual prueban que las partículas se adhieren una á otra. Por otro lado, las partículas de gases, como el aire que respiramos, no tienen propension á mantenerse unidas, sino más bien á lo contrario; y por cierto, que se separarían unas de otras, si no hubiera alguna fuerza que se lo impidiera.

De suerte que, como veis, teneis tres estados muy diferentes de materia: el sólido, el líquido y el gaseoso; y cada uno de esos estados tiene ciertas propiedades que sirven para distinguirlo.

11. *Definicion de los sólidos.*—Un cuerpo sólido, tal como un pedazo de hierro ó de madera, resiste cualquiera tentativa que se haga para alterar su forma ó su tamaño, conservando siempre el mismo tamaño ó volúmen y la misma forma, á ménos que lo destruyan con violencia.

12. *Definicion de los líquidos.*—Los líquidos, por motivo de su pequenísimas cohesion, toman fácilmente la forma de las vasijas en que se vierten, y mantienen siempre nivelada su superficie; pero son poco comprensibles, es decir, que apenas se puede reducir su volúmen por la presion. Así, pues, es de todo punto imposible hacer que un litro de agua quepa en medio litro.

13. *Definicion de los gases.*—Los gases no tienen superficie; pues en virtud de su fuerza expan-

siva ó tendencia á tomar siempre un volúmen mayor, llenan por completo las vasijas en que se introducen. A diferencia de los líquidos, sin embargo, los gases son muy compresibles; y una cantidad de gas contenida en una vasija de un litro, fácil sería reducir su volúmen por compresion de modo que cupiese en medio litro, ó en menor espacio aún, mediante una fuerza suficiente. En una palabra, los gases son compresibles, y los líquidos no lo son.

### PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS.

14.—La peculiar distincion de un sólido es que insiste en mantenerse, no sólo en espacio determinado, sino con determinada forma.

EXPERIMENTO 7.<sup>o</sup>—En la fig. 4 teneis dos vasijas de diferentes formas, pero del mismo tamaño. Si llenais una exactamente de agua y la verteis en la otra, veréis que el agua la llena exactamente.

Ahora veis aquí dos pedazos de madera que tienen la misma forma; pero el uno es mucho mayor que el otro; tienen diferente tamaño.



FIG. 4.

Sabéis lo que se entiende por espacio ó tamaño ó volúmen (pues las tres palabras significan una misma cosa), y

lo que se entiende por forma. Bien : vosotros no podeis tomar un sólido que tiene la forma de una de las botellas y forzarlo á caber en la forma de la otra, aunque el tamaño ó volúmen de ambas vasijas es el mismo ; tampoco podeis tomar un sólido del tamaño ó volúmen del primer pedazo de madera y encogerlo en el del segundo, aunque la forma de ambos es la misma. Un sólido perfecto conservará su forma y su tamaño.

Sin embargo, tened presente que cuando decimos que no podemos hacer una cosa, en realidad pensamos que no podemos hacerla sin muy gran dificultad, y entónces no por completo, sino solamente en muy corta extension. En realidad, lo que pensamos se explica mejor haciendo una serie de experimentos.

EXPERIMENTO 8.<sup>o</sup>—Tomo una barra de hierro. Ante todo, trataré de romperla en pedazos, dándole un golpe ; pero la barra no se deja romper. Despues trataré de estirla, colgándola firmemente

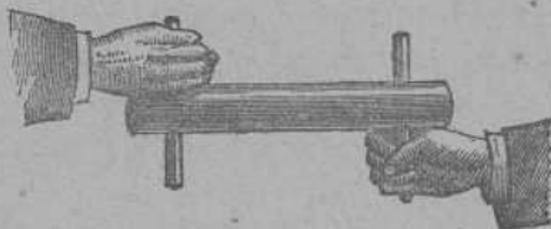


FIG. 5,

por una punta, y aplicando á la otra un gran peso ; pero la barra no se deja estirar. Ahora, por medio de dos varillas que ajustaré en cada una de sus ex-

tremidades, voy á tratar de torcerla por una de ellas, miéntras mantengo fija la otra extremidad; pero la barra no se deja retorcer. Ahora voy á ponerla de punta sobre la mesa, y á echar sobre la otra punta de la barra un peso grande, con objeto de oprimirla y aplastarla; pero la barra no se deja oprimir ni aplastar. Finalmente, la suspenderé horizontalmente por ambas extremidades, y fijaré por el centro un peso; veré que la barra no se deja encorvar.

Pues bien: esa barra de hierro que no puedo romper de un golpe, ni estirar, ni torcer, ni aplastar, ni encorvar, es ejemplo excelente de un cuerpo sólido; y sin embargo, si le aplico una fuerza excesivamente grande, la barra puede romperse, estirarse, torcerse, aplastarse ó encorvarse. Y á la verdad, en el experimento que acabo de describir, he estirado, y torcido, y aplastado, y encorvado la barra; pero no lo bastante para hacérselo visible. En efecto, la cantidad de estiramiento ó torcimiento, ó aplastamiento ó encorvadura, depende de la cantidad de fuerza que yo empleo; y en Física tratamos de descubrir la relacion que hay entre la fuerza que empleamos y los efectos que producimos. No puedo decir todo lo que hay sobre este punto, porque eso nos llevaria mucho tiempo; pero podemos hacer un experimento, como la operacion de encorvar, y esforzarnos por hallar en qué sentido dependen sus efectos de la fuerza que empleamos.

15. Encorvadura. EXPERIMENTO 9.<sup>o</sup>—Para este fin, sostengamos horizontalmente por sus dos extremidades una barra de madera, y suspendamos de su centro un gran peso. Entónces, midamos en una escala la comba producida en la barra por el peso. Dupliquemos ahora el peso que pende del centro, y anotemos la nueva posición del centro de la barra bajo el aumento del peso, y hallaremos que con el doble peso, el centro de la barra, se ha bajado cerca de dos veces más que bajó con uno solo; ó en otros términos:

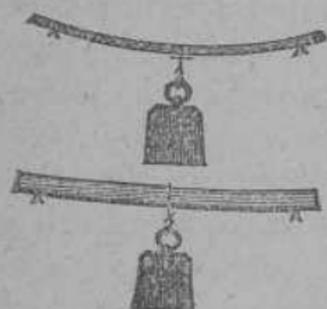


FIG. 6.

la encorvadura ó curvatura es casi proporcional al peso aplicado.

EXPERIMENTO 10.—Tomemos ahora el mismo madero, y pongámoslo de filo, de modo que tenga un gran espesor, mas bien que una

gran superficie plana, y apliquémosle la misma fuerza que ántes. Verémos entónces que el madero no se encorva tanto como ántes.

16. Fuerza ó consistencia de los materiales.—Si un arquitecto ó un ingeniero hubiera de usar grandes maderos en la construcción de un edificio, sería evidentemente más ventajoso para la consistencia, que los colocara de modo que el espesor de los maderos ó vigas fuera el mayor posible, pues que en tal posición cederían mucho menos á cualquier peso grande. Un arquitecto ó in-

geniero, debe, por tanto, conocer todo lo relativo á la consistencia de la cosas, y cómo colocarlas para alcanzar la mayor consistencia posible con la menor cantidad posible de materiales: de hecho, ha de conocer la manera de usar del mejor modo su madera ó su hierro. Otra cosa que debería tener presente el arquitecto ó ingeniero, es el dar á las casas y puentes una fuerza cinco ó seis veces mayor que la necesaria para soportar el peso mayor que se le pudiera poner; que á veces puede un edificio ser bastante fuerte para soportar en su pavimento un peso enorme, ó puede un puente resistir al tránsito de un tren sin romperse en lo más mínimo, y puede, sin embargo, encorvarse tanto el pavimento de la construcción que no pueda recobrase por completo cuando se haya quitado el peso ó haya pasado el tren. En tal caso, el pavimento será ménos fuerte cada vez que se le eche el mismo peso, y el puente será ménos fuerte cada vez que pase el tren. Uno y otro irán encorvándose más y más, hasta que al fin cedan. Por tanto, el arquitecto ó ingeniero debe cuidar mucho de que su construcción no se encorve más allá de los límites de perfecto recobro.

17. *Fricción*.—Antes de dejar los sólidos, digamos algunas palabras acerca de la fricción. Si pongo sobre una mesa un peso grandísimo, requerirá una fuerza grandísima para moverse. Pero si la mesa fuera de mármol, y no de madera, bastaría una fuerza mucho menor para hacer deslizar el

peso ; y si este descansara en una lámina de hielo, todavía se movería con menor fuerza. Pues la fuerza que así me dificulta el empujar un gran peso, se llama la fuerza de fricción. La situación en que nos hallaríamos si nos faltara fricción, sería casi tan mala como la en que nos pondría la falta de las otras fuerzas; pues si no hubiera fricción, siempre estaríamos deslizándonos ó resbalando, como si anduviéramos por el hielo, y si halláramos el más leve declive, nadie sería capaz de detenerse en él, y todo se deslizaría hasta el fondo.

#### PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.

18. Los Líquidos conservan su Tamaño. — En un líquido, tal como el agua, podemos mover y remover muy fácilmente sus partículas, pero por ningún medio podemos forzar una cantidad de agua á ocupar una capacidad menor de la que requiere su volúmen ó tamaño, ó hacer que un litro de agua quepa en medio litro.

EXPERIMENTO 11.º — Sin embargo, tratemos de conseguirlo, y veamos el resultado que obtenemos porque debemos hacer un experimento cada vez que podamos. Tomemos una cantidad de agua encerrada en una botella de piston. Tratemos ahora de bajar el piston para reducir el agua á menor volúmen; y para hacerlo, pongamos sobre el piston un gran peso. Pues á pesar de todo, no podremos comprimir el agua.

19. Comunican presión. EXPERIMENTO 12.º—Tomemos ahora una cantidad de agua encerrada en una vasija de dos pistones. Si bajamos uno de los pistones, hacemos que suba el otro. Si ponemos sobre uno de ellos una pesa de 5 kilogramos, y otra igual en el otro piston, el uno contrapesará al otro y ninguno de los dos se moverá.

EXPERIMENTO 13.º—En el último experimento, ámbos pistones eran verticales, como los de la figura 7; pero ahora tenemos un piston vertical y otro horizontal, y aplicamos á este una pesa de 5 kilogramos. Si ahora aplicamos otra pesa igual al piston vertical, contrabalancearemos la primera; y si ponemos 6 kilogramos al piston vertical, levantamos el horizontal: y si aplicamos los 6 kilogramos al horizontal, levantaremos el piston vertical. Así es como, por medio del agua, podemos convertir el empuje hácia abajo de 5 kilogramos de peso puestos sobre un piston vertical, en un empuje horizontal y hácia afuera, contra el otro piston. Y así veis que un líquido, tal como el agua, comunica presión en todas direcciones. Este fenómeno fué descubierto por Pascal.

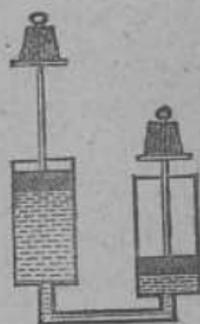


FIG. 7.

EXPERIMENTO 14.º—En este experimento tenemos dos pistones verticales; pero la superficie del uno es doble de la del otro. Poniendo ahora una pesa de 5 kilogramos en el piston menor, ya no será con-

trapesado por los 5 kilogramos del piston mayor, y será preciso poner 10 kilogramos en el mayor para contrarrestar los 5 del menor. De igual modo, si el piston mayor tiene tres veces el área ó la superficie del menor, veremos que 10 kilogramos en éste contrabalancearán treinta en el otro. No sólo pues comunica la presión hácia abajo de un piston una presión hácia arriba en el otro, sino que toda la presión superficial es proporcionada á la superficie del piston; de modo que si el un piston tiene tres veces la superficie del otro, será impelido hácia arriba con una presión tres veces tan grande, y así sucesivamente.

20. Prensa de Agua ó Hidráulica.—De esa preciosa propiedad del agua se ha hecho uso en la construcción de una máquina poderosa, llamada

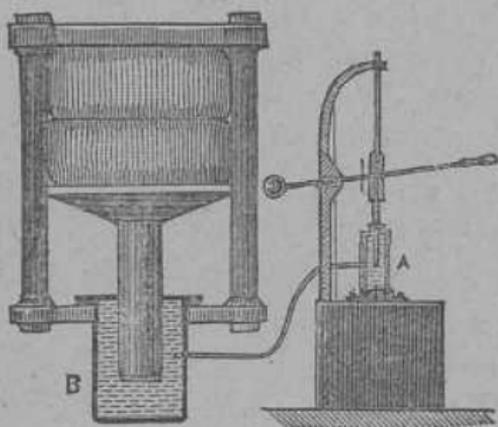


FIG. 18.

Prensa de Bramah, del nombre de su inventor. Aquí tenemos un dibujo de ella. Veis un par de

pacas de lana, que tratamos de comprimir ó aplastar tanto cuanto sea posible, con objeto de que puedan ocupar poco espacio cuando se lleven de un lugar ó país á otro. Veis tambien dos pistones—uno grande y otro pequeño—el mayor de los cuales tiene cien veces el área ó superficie del pequeño. Pues si ahora pongo una tonelada sobre el piston pequeño, tengo que poner un peso mucho mayor sobre el grande para mantenerlo bajo, porque este pistón tiene cien veces el área del pequeño. Tengo, por tanto, que poner cien toneladas sobre el piston grande, con objeto de contrabalancear la tonelada del pequeño, de modo que el piston grande se levantará con la enorme fuerza de cien toneladas, y con ella oprimirá las dos pacas de lana, que, por tanto, se comprimirán muchísimo. Es necesario, por supuesto, que en una máquina de esa especie sean muy fuertes y firmes todas y cada una de sus partes, pues de otro modo las reventaría el agua y saldría con inmenso ímpetu por cada rajadura ó parte débil.

21. Los Líquidos encuentran su Nivel.—La otra propiedad de los líquidos es que siempre se colocan de modo que tienen un nivel ó una superficie nivelada. De golpe veréis que esa superficie no podría ser oblicua, porque entónces, no teniendo friccion, la parte superior se resbalaría hácia la inferior. Un geómetra nos diría que si suspendo una plomada sobre una superficie de agua, la plomada caerá perpendicular á la superficie; es decir, no

sesgará en dirección alguna de la superficie, sino que se mantendrá vertical: con un simple experimento podemos demostrarlo.

EXPERIMENTO 15.º—Tomad cuanto mercurio haya en esa botella, y derramadlo en una vasija plana, y haced que cubra todo el fondo de la vasija, nivelándola. Suspended ahora sobre la vasija una plomada, y veremos que tanto el reflejo de la plomada como la plomada misma están en una misma dirección. Esto muestra que la plomada no sesga hácia la superficie; porque si lo hiciera, plomada y reflejo no formarían una sola línea, sino que aparecerían como dos líneas inclinadas una hácia otra.

EXPERIMENTO 16.º—Hasta cuando el líquido está contenido en tubos torcidos, como los de la fig. 9,

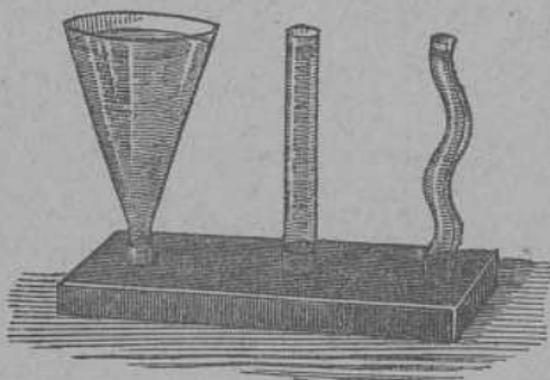


FIG. 9.

el contenido en el tubo de la izquierda estará siempre al nivel del de la derecha, cosa que sucederá sea cualquiera la forma del tubo. Para convenceros de que así es, me bastará llenar algunos de esos

tubos de forma extraña. Ya veis que en todos ellos está el agua al mismo nivel.

**22. Nivel de Agua.**—Y esto me lleva á hablar del Nivel de agua que veis en la lámina. Si aplico un ojo á la línea que continúa la del nivel del agua en ámbas extremidades del tubo, conozco que estoy mirando por una línea nivelada, y que todos los puntos próximos á mí que veo á lo largo de esta línea están precisamente al mismo nivel; de modo que si sobreviniera una inundacion, los alcanzaría en el mismo momento.

A menudo importa mucho saber qué puntos están en el mismo nivel: un hombre que construye un canal ó un ferro-carril debe saberlo; y para hacerlo, tiene que emplear un nivel. El que más se usa es el nivel de alcohol; el que hemos descrito se llama nivel de agua.

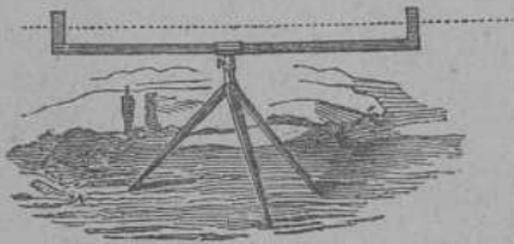


FIG. 10.

**23. Presion del agua honda.**—Tomemos ahora una vasija un poco honda, llena de agua. Fácilmente vereis que las capas de agua próximas al fondo están comprimidas por el peso del agua toda que hay sobre ellas; de modo que la presion sobre

esas capas será mayor cuanto más debajo de la superficie estén. En realidad, las capas que están dos pies más abajo de la superficie serán comprimidas con dos veces el agua que oprime á las que sólo están á un pié : en otros términos, la presión será proporcional á la profundidad.

EXPERIMENTO 17.<sup>o</sup>—Esa presión actuará en todas direcciones, hácia arriba y á los lados lo mismo que hácia abajo. Para mostrároslo, dejadme que casi llene de agua una vasija y que quite un tapon que tiene á un lado y cerca de la boca. Veis que, aunque no con mucha fuerza, el agua es expelida por la presión que sobre ella se ejerce : ahora quito un tapon cerca del fondo, y veis que, á causa del gran peso del agua superior, la presión es ahora mucho mayor, y el agua salta con gran fuerza.

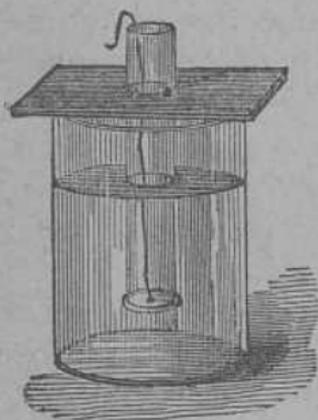


FIG. 11.

Queda, pues, probada la existencia de la presión lateral. Trataré ahora de haceros ver que tienen los líquidos además una presión vertical de abajo hácia arriba, sirviéndome para ello de un cilindro ó tubo ancho, de vidrio, abierto por sus extremos. Al inferior, sin embargo, aplico un disco, también de vidrio, á manera de fondo, y lo sujeto con un

hilo. Introduzco luego el cilindro en el agua, soltando el hilo; y queda aplicado el disco al cilindro,

lo cual denota que sufre de abajo hacia arriba una presión superior á su peso. Por fin, si vierto espacio en el cilindro agua azulada con añil, el disco sostiene el peso de este líquido, hasta el momento en que el nivel del agua azulada llega casi al del agua exterior. Cae entonces el disco, porque la presión de abajo hacia arriba que lo ha sostenido hasta aquí, queda igualada por la presión de arriba hacia abajo del agua azulada.

Si alguno de vosotros estuviere algun día en un bote, en agua honda, fácil le será convencerse experimentalmente de la enorme presión que se produce en lo profundo de ese líquido. Para ello llene de agua en sus tres cuartas partes una botella; tápela bien; átele al cuello un hilo largo, y échela en el agua. Si la deja bajar suficientemente, y despues la saca, juzgará de la presión que ha sufrido la botella al verla llena hasta la boca y hundido por completo el corcho dentro de ella.

**24. Empuje de los Líquidos.**—Tratemos ahora de formarnos, mediante dos ó tres experimentos, una idea exacta de lo que es la presión de abajo hacia arriba ó *empuje*, de los líquidos.

EXPERIMENTO 18.<sup>o</sup>—Tomemos, pues, la balanza que dejamos descrita en la página 15, y preparémosla para pesar. Aquí tengo una sustancia que, en el aire, pesa como veís, 1.000 gramos. Fijémosla á uno de los platillos de la balanza, para pesarla en el agua. ¿Qué resulta? La sustancia, al parecer, carece ya completamente de peso, de suerte que es

necesario poner en el mismo platillo 1.000 gramos (esto es, el peso cabal de la sustancia), á fin de equilibrar ó nivelar ámbos platillos.

EXPERIMENTO 19.º—¿Hémos, pues, de creer que la sustancia, cuando se halla sumergida en el agua, pierde enteramente su peso? Podemos averiguarlo por medio de otro experimento. Pongo primero en uno de los platillos una vasija que contiene agua, y en el otro las pesas necesarias para equilibrarle: y sumerjo luego en el agua de la vasija la sustan-

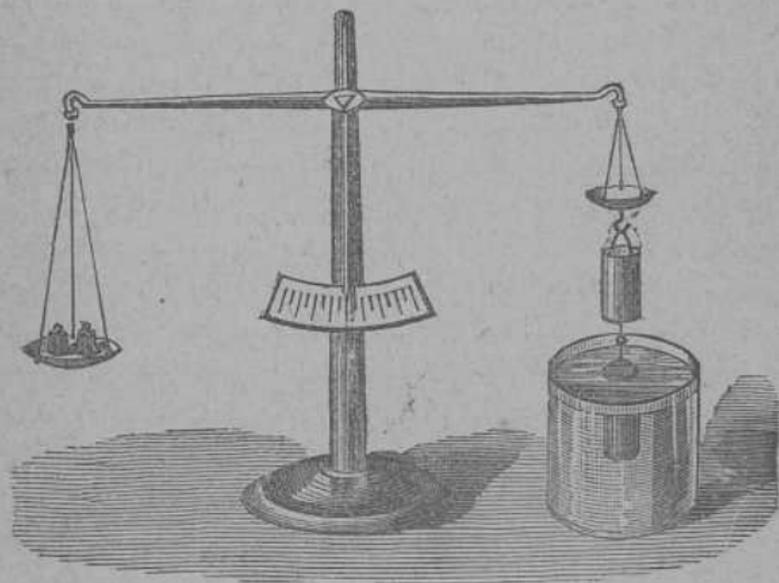


FIG. 12.

cia que ántes pesamos; ya veis que la cruz de la balanza se inclina al lado de la sustancia, en términos que es preciso poner pesas de 1.000 gramos

en el platillo opuesto, para restablecer el equilibrio. Pero este peso de 1.000 gramos es cabalmente el de la sustancia, y esta, por tanto, no habia perdido su peso. En efecto, el peso existe evidentemente, por cuanto la vasija pesa ahora 1.000 gramos más de lo que pesaba ántes que yo introdujese en ella la sustancia. Ello es que, en el experimento 18.º, la sustancia *parecia* carecer de peso, por motivo del *empuje*, ó presión de abajo hácia arriba, del agua.

EXPERIMENTO 20.º—Hé aquí dos cilindros de cobre, uno de los cuales es macizo y se adapta ó ajusta exactamente en el otro, que es hueco; es decir que el volúmen del uno es exactamente igual á la capacidad del otro. Debajo de uno de los platillos cuelgo el cilindro hueco, y en la parte inferior de éste el macizo; y despues, en el platillo opuesto pongo pesas hasta establecer el equilibrio. Hecho esto, pesaré el cilindro macizo, no ya en el aire sino en el agua, haciendo que entre por completo en la de una vasija dispuesta para el efecto (véase la figura 12). Veis que ya la cruz se inclina al lado opuesto, y que el cilindro macizo ha perdido por su inmersión, no la totalidad, sino una parte de su peso. Para saber cuánta es la pérdida, echaré agua en el cilindro hueco hasta restablecer el equilibrio. Está, pues, perfectamente nivelada ya la balanza, y completamente lleno el cilindro hueco. Pero la capacidad del cilindro hueco es exactamente igual al volúmen del macizo: luego el peso que este pierde es igual al de su propio volúmen de agua, es decir al

peso del agua que desaloja. De donde se deduce que un cuerpo sumergido en un líquido pierde una parte de su peso igual al del líquido desalojado.

25. **Cuerpos flotantes.**—Veamos ahora lo que quiere decir esto. Quiere decir, que si un cuerpo introducido en el agua es más pesado, en igualdad de volúmen, que el agua, ó por mejor decir, si es más denso que esta, pierde una parte de su peso igual al del agua desalojada; pero no pierde todo su peso, porque, en igualdad de volúmen, pesa más que el agua. Cae, pues, el cuerpo, porque su peso es superior al empuje de abajo hácia arriba.

EXPERIMENTO 21.<sup>o</sup>—Mas si el cuerpo tiene la misma densidad que el agua, como se vió en el experimento 18.<sup>o</sup>, pierde todo su peso, y no cae, porque el empuje que tiende á elevarle es igual á su propio peso. Si echo, pues, esta sustancia en el agua, ni flota ni cae, queda en suspension en el líquido, como si careciese de peso.

EXPERIMENTO 22.<sup>o</sup>—Finalmente, si el cuerpo es mas ligero, en igualdad de volúmen, que el agua, predomina el empuje de esta; diciéndose entónces que el cuerpo flota, como sucede con la madera y otros muchos cuerpos. Aquí tengo, por ejemplo, un pedazo de madera. Si lo hago entrar por completo en el agua, no queda sumergido en ella, porque el empuje lo eleva á la superficie, donde queda nadando ó flotando.

Ahora bien, como resultado de todos estos experimentos, se deduce: 1.<sup>o</sup>, que un cuerpo introduci-

do en un líquido pierde una parte de su peso igual al del líquido desalojado; 2.º, que en virtud de esto, si el cuerpo es más pesado, en igualdad de volúmen que el líquido, ó por mejor decir, si es más denso que este, cae; si tiene la misma densidad que el líquido, ni sobrenada ni cae, sino que queda en suspension dentro del líquido; y si es más ligero, en igualdad de volúmen, que el líquido, flota.

26. Densidad relativa. — Deseo haceros ver ahora, que lo aprendido hasta aquí nos proporciona el modo de averiguar el peso específico de un cuerpo, esto es, su densidad con respecto á la del agua.

EXPERIMENTO 23.º.—Supongamos que uno de nosotros tiene un pedacito de oro, que pesa en el aire exactamente 19 gramos. Si lo pesamos luego en el agua, vemos que sólo pesa 18 gramos; ó en otros términos, que por su inmersión en aquel líquido, pierde 1 gramo. Ahora bien, la pérdida de peso hallada es el peso de un volúmen de agua igual al del pedacito de oro, es decir, 1 gramo. Pero el pedacito de oro pesa en el aire 19 gramos, ó sea 19 veces más que igual volúmen de agua. Esto es, pues, lo que se quiere dar á entender cuando se dice que 19 es el peso específico del oro; y se obtendrá siempre el mismo resultado, sea cual fuere el tamaño ó la forma del pedazo de oro con que se experimente. Por otra parte, si se nos pone en la mano algo que no sea verdaderamente oro, sino

parecido á este metal, podremos averiguar, pesándolo en el agua, que no pesa 19 veces más que igual volúmen de esta. Un filósofo llamado Arquímedes descubrió, hace más de 2.000 años, este método para averiguar el peso específico ó densidad relativa de los cuerpos. Hiero, rey de Siracusa, tenía una corona, y no le faltaban motivos para creer que el platero habia mezclado en ella cierta cantidad de plata con el oro; pero no sabiendo cómo cerciorarse del fraude, acudió á Arquímedes. Estando este bañándose un dia, se le ocurrió el verdadero medio de descubrir el engaño, y es fama que salió gritando desnudo por las calles ¡eureka, eureka! esto es: «¡lo he descubierto, lo he descubierto!» De regreso en su casa, tomó un pedazo de oro, que sabia era perfectamente puro; lo pesó en el agua, y vió que perdió una decimanona parte de su peso; de donde dedujo, como nosotros lo hemos hecho, que, en igualdad de volúmen, pesa el oro 19 veces más que el agua. En seguida pesó la corona de Hiero, y advirtiéndole que perdía en el agua más de una decimanona parte de su peso, supo que no era de oro puro. Es de suponer que al platero se le castigó por su mala fé.

27. Empuje de otros líquidos.—El agua no es el único líquido dotado de esta propiedad que se llama empuje: todos la tienen, si bien en grado diferente. En los líquidos ligeros, como el alcohol y el éter, por ejemplo, es comparativamente leve; mientras que en los muy densos se revela suma-

mente enérgica. Para convenceros de ello, basta verter en una vasija un poco de mercurio, y colocar en su superficie un pedazo de hierro, el cual, como veis, flota ó sobrenada en ella, demostrando así que, en igualdad de volúmen, es más ligero que el mercurio. El oro, al contrario, es más denso que el mercurio; pues éste, en igualdad de volúmen, pesa solo  $13\frac{1}{2}$  veces más que el agua, al paso que el oro, segun habeis visto ya, pesa, en igualdad de volúmen, cerca de 19 veces más que aquel líquido. El agua salada es más densa que la dulce; y en Palestina hay un lago, llamado *Mar muerto*, tan salado, y por lo mismo tan denso, que en sus aguas no puede sumergirse el cuerpo humano.

**28. Capilaridad.**—Antes de dejar los líquidos, permitidme que mencione un caso muy conocido en que el agua se eleva sobre su propio nivel.

EXPERIMENTO 24.º—Si tomamos un terron de azúcar y dejamos que una de sus extremidades toque la superficie del agua contenida en un vaso, pronto veremos enteramente húmedo todo el terron. De igual modo, si mojamos en agua una tira de papel secante ó un pábilo de algodón, podemos levantar la superficie del agua. Pero si con la extremidad inferior del papel secante ó del terron tocamos una superficie de mercurio, ésta no se elevará hasta el terron ó el secante ni lo empapará: de suerte que esos dos líquidos, el agua y el mercurio, proceden de distinto modo en lo que respecta á aquellas sustancias. En el primer caso, vemos elevarse el agua

hasta ellas, y no sólo hasta ellas, sino permanecer en ellas; en el segundo caso, el mercurio no se elevará hasta ellas ni las mojará: en efecto, el mercurio no tiene atracción suficiente sobre el azúcar ni puede empaparlo, áun cuando puede adherirse á una superficie de plata ú oro, porque tiene grande atracción para esos metales.

Por un efecto capilar semejante al del pedazo de azúcar, que, introducido en parte en un vaso de agua, se recubre todo del líquido, el aceite sube en las mechas de las lámparas, y se penetran de líquidos las maderas, las esponjas, etc. Si, por el contrario, no moja el líquido al sólido sumergido, como sucede con el papel secante en contacto con el mercurio, no se eleva el líquido, sino que se deprime. Así suelen verse insectos que andan por la superficie del agua sin hundirse, porque no moja el líquido sus patitas; y tampoco se hunde una aguja delgada, untada de grasa y posada suavemente en la superficie del agua; pero lavándola con alcohol, se va al fondo.

#### PROPIEDADES DE LOS GASES.

**29. Presion del Aire.**—Los gases tienen muchos puntos de semejanza con los líquidos, pero tambien tienen muchas diferencias. Un líquido tiene superficie: así es que podeis llenar de él la mitad de una botella, y sacudir el líquido contra las paredes de la botella, cosa que no podeis hacer

con un gas. Aquí tengo una vejiga que contiene gas, y éste llena toda la vejiga, y no una parte. Efectivamente, el gas tiene una intensa propension á llenar cualquier espacio que ya no esté lleno, y se esforzará por llenarlo.

EXPERIMENTO 25.<sup>o</sup>—Con un sencillo experimento puedo probarlo fácilmente. Aquí tengo una bomba de aire (ó máquina neumática) que despues os describiré; mientras tanto, dejadme deciros que con ella podemos sacar de esta campana de cristal todo el aire que ella contiene. Bajo ella voy á poner una pelota de goma llena de aire. Ahora vació la campana, es decir, le saco el aire: y ¿qué resulta? En la pelota de goma hay aire, pero en su derredor no hay ninguno; y en consecuencia, el aire de la pelota trata de llenar el espacio vacío; pero sólo puede hacerlo dilatando la pelota, y ved cómo crece y más crece ella á medida que continúo vaciando la campana. Ahora que dejo entrar en ésta el aire, ved cómo vuelve la pelota á su tamaño primitivo.

EXPERIMENTO 26.<sup>o</sup>—Podemos variar de este modo el experimento. Colocaré en la base de la máquina neumática un jarro que tiene una tapadera de cautchuc muy bien ligada al cuello; vació el jarro, lo mismo que ántes, y hallo que á medida que retiro del in-



FIG. 13.

terior el aire, el aire exterior trata de introducirse en el espacio vacío y deprime, por medio de su gran presión, la tapadera; y puede llegar á ser tal la presión, que el cautchuc se reviente.

30. **Peso del Aire.**—Así veis que el aire se introducirá por sí mismo en cualquier espacio vacío, si puede; y en verdad que es difícilísimo vaciar el aire en cualquiera vasija. No obstante, podemos sacar la mayor parte del aire que llena una vasija. Por ejemplo, en la fig. 14 tenemos una vasija que podemos unir á la bomba de aire, y privarla así de aire; y se verá que la vasija llena de aire pesa más que la vasija vacía; ó en otros términos, que el aire tiene peso.



FIG. 14.

EXPERIMENTO 27.<sup>o</sup>—Sujetemos ahora, boca arriba, una cajita muy ligera á uno de los platillos de una balanza, y pesémosla. Puede asegurarse que el peso será el de la cajita llena de aire

atmosférico.

EXPERIMENTO 28.<sup>o</sup>—Llenemos despues la cajita, desalojando el aire que contiene (véase el Apéndice) con el pesado gas llamado ácido carbónico—cosa que se hace del modo que, en las Nociones de Química, art. 33, se os ha dicho—y pesadla otra vez. Ahora veis que pesa más que cuando estaba llena de aire ordinario. Así, pues, hay gases más pesados que otros.

EXPERIMENTO 29.<sup>o</sup>—El hidrógeno es el más ligero

de todos los gases. Sujetemos ahora, *boca abajo*, la cajita al platillo de balanza y llenémosla por desalojo (véase el Apéndice) de hidrógeno, cosa que en las Nociones de Química, art. 17, se os explicó; entónces pesará ménos que cuando estaba llena de aire, aunque más que si no tuviera nada. De esto deducimos que, aunque las partículas de los gases parece que se rechazan mutuamente, tratando de alejarse una de otra tanto cuanto puedan, y llenando siempre la vasija que las contiene, sin embargo, son atraídas por la tierra y pesan: así es que no hay peligro de que nuestra atmósfera se aleje de la tierra. En vez de alejarse, la atmósfera pende de la tierra á manera de océano, y en el seno de ese océano de aire es que vivimos y nos movemos todos.—Ahora, por lo que respecta á la presion y al peso, un océano de aire es semejante á uno de agua, y recordareis que en la pág. 29 se os dijo que la presion del agua contra el fondo de una vasija depende de su profundidad; de modo que en una gran profundidad teneis una gran presion, y esa presion se ejerce en todas direcciones. Si ahora se os dice que tenemos una gran presion de aire sobre nosotros, preguntareis naturalmente: «Y ¿cómo es que no sentimos esa presion?» A lo que respondemos: «Sencillamente; porque la presion se ejerce en todas direcciones, hácia arriba, hácia abajo, á los lados. Tomad un pliego de papel, y vereis que la presion del aire actúa sobre él, no solo por una, sino por todas sus márgenes y superficies, en con-

secuencia de lo cual puede moverse tan libremente como si no hubiera presión del océano atmosférico sobre él.» Por esa mismísima razón podemos, vosotros y yo y todos, movernos libremente en todos sentidos sin sentir presión. No obstante, con un simple experimento espero convenceros de lo posible que es hacer perceptible la presión del aire.

EXPERIMENTO 30.º—Aquí tenemos (fig. 15) dos medias esferas huecas que ajustan exactamente una



FIG. 15.

en otra. Juntémoslas ahora, y cerremos la llave: preguntaréis por qué no las mantiene sujetas la presión del aire. La razón es que también dentro

de ellas hay aire, y la presión de éste hacia afuera es igual á la presión hacia adentro que ejerce el aire exterior. Pero apliquemos la bomba de aire á esas esferas, saquémosles el aire, y despues cerremos la llave y retiremos la bomba de aire: ahora es muy difícil separar las dos medias esferas, porque mientras que el aire exterior las oprime y las sujeta, no hay aire interior que contraresta esa presión, y por consiguiente se mantienen firmes.—Ahora bien, como el aire es un fluido y tiene peso, tendrá cierta cantidad de empuje, aunque no tanta como el agua. Por tanto, si se llenara un saco grande de ácido carbónico, ó mejor todavía, de hidrógeno, será, en igualdad de volúmen, más liviano que el aire, y por tanto, se elevará en él. Un saco así lleno de gas es lo que se llama un globo, y, si es suficientemente grande, puede hasta sostener un carro pequeño con gente.

31. Barómetro. EXPERIMENTO 31.º—Tomemos un tubo de cristal hueco, abierto por un extremo y cerrado por el otro; llenémoslo de mercurio, y tapando firmemente con el dedo el extremo abierto, invertidlo y ponedlo dentro de una vasija de cristal que contenga mercurio, cuidando de no retirar el dedo, hasta que el extremo tapado por él esté bajo la superficie del mercurio. Aquí tenemos (fig. 16) el tubo invertido y parado en la vasija de mercurio. Ved ahora lo que sucede. Veis un espacio vacío que queda en la punta del tubo que contiene mercurio; vuestra primera idea es que hemos dejado

en él algun aire, pero no ha quedado aire: en ese espacio vacío no hay absolutamente nada. Despues os inclináis á preguntar: «¿Cómo es que el aire at-

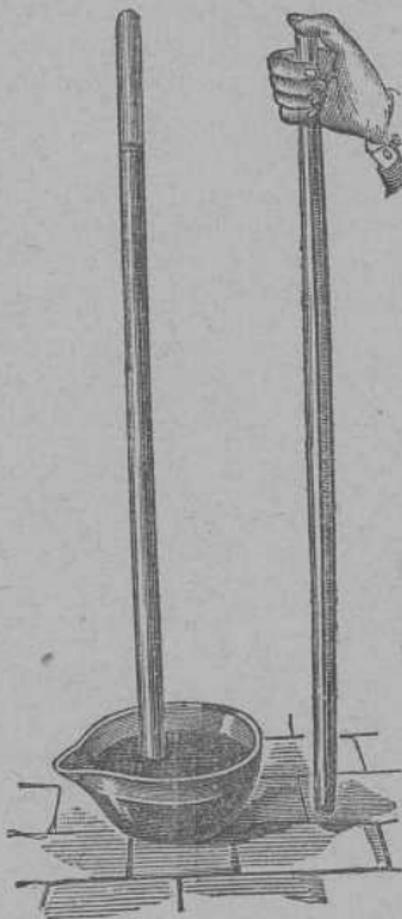


FIG. 16.

mosférico, que indudablemente está ejerciendo presión en todas direcciones, y, por tanto, oprimiendo la superficie del mercurio contenido en la vasija,

no lo eleva para llenar con él ese espacio vacío? La respuesta es que lo haría si pudiera, pues el aire con una fuerza suficiente para mantener en el tubo una columna de mercurio de 76 centímetros de alto, está comprimiendo la superficie de mercurio de la vasija; pero no puede hacer más de lo que hace, pues el peso de ese mercurio y su presión hacia abajo contrapesan exactamente la presión del aire que lo fuerza de abajo arriba. De aquí que la columna de mercurio no pueda descender, por impedirlo la presión del aire; y que este no pueda hacer subir más el mercurio, porque se lo impide la presión de éste: eso explica el espacio vacío que hay sobre la columna. Este experimento fué imaginado por el italiano Torricelli; el tubo se llama **barómetro**, y el vacío que queda arriba del tubo se llama el **vacío de Torricelli**. La mayor parte de los barómetros están provistos de una escala graduada, con la cual puede medirse con seguridad la altura del espacio vacío que queda sobre la superficie del mercurio.

**32. Usos del Barómetro.**—El barómetro es útil en muchos sentidos; por ejemplo, podemos con él medir la altura de una montaña. Ya se os dijo (párrafo 23), que la presión es mayor en el fondo de una vasija honda llena de agua, que en la superficie; pues eso mismo acontece en este océano de aire en que vivimos: la presión es mayor cerca del fondo de ese océano aéreo que mucho más arriba. Por eso, si subimos á la cima de una alta montaña,

tendremos menor peso atmosférico sobre nosotros, que el que teníamos más abajo; y, en consecuencia, la presión del aire será menor en la cima de la montaña que al pie de esta. Ya el aire no será capaz de contrabalancear la misma columna de mercurio que contrabalanceaba antes: de modo que, en el barómetro, en vez de una columna de mercurio de 76 centímetros de alto, sólo tendremos una de 60 centímetros, ó acaso de 50, según la altura de la montaña: cuanto más alta sea ésta, más bajo descenderá el mercurio en el tubo del barómetro, y así es cómo, por medio de él, podeis saber hasta qué altura habeis subido. El barómetro es también útil para indicarnos cuándo habrá mal tiempo. Si la columna del mercurio baja, es decir, si el vacío de encima se aumenta, y especialmente si aumenta con rapidez, debemos esperar mal tiempo. Si la columna barométrica se mantiene inmóvil, anuncia la continuación del buen tiempo.

**33. Bomba de Aire.**—Ya hemos hablado de la extracción del aire de un jarro, y del modo de hacerlo con una bomba de aire. Ahora veréis por medio de la figura 17 cómo funciona ese instrumento. Pero ante todo, debo deciros lo que se entiende por *válvula*. Una válvula es una tapa ó puerta de escape que cierra herméticamente un agujero, y que sólo puede abrirse en una dirección; hácia arriba, por ejemplo. En la lámina veis á la izquierda una campana de cristal llena de aire, que ajusta exactamente sobre una lámina. También podeis ver que del

centro y de la parte inferior de la lámina sale un tubo que, por esa parte se abre en la campana de cristal, y por la parte de la derecha se abre en el cilindro de cristal, uniendo así la campana con el cilindro. Si os fijáis, vereis además en el cilindro un

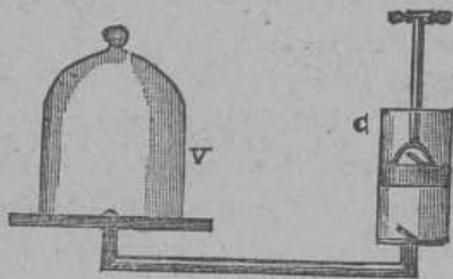


FIG. 17.

pistón que puede moverse hacia arriba y hacia abajo. Finalmente, veis dos válvulas, puertecitas de escape muy ajustadas, una de las cuales está colocada en el punto en que el tubo entra por el cilindro, mientras que la otra está en el pistón mismo. Estas dos válvulas se abren hacia arriba, y no hacia abajo. Suponed ahora que empezamos a trabajar con las válvulas cerradas y con el pistón en el fondo, comenzando por levantarlo; de este modo, dejamos un espacio vacío que el aire de todas partes tratará de llenar, si puede (párrafo 29). El aire de arriba tratará de hacer presión sobre el espacio vacío, pero no logrará introducirse en él; y tan sólo podrá hacer presión contra la parte exterior de la válvula superior y mantenerla cerrada, pues la válvula no se abre hacia abajo. El aire de la campana

de cristal tendrá mejor éxito, porque se escapará por el tubo, abriendo la válvula inferior (que se abre hácia arriba) y penetrando en el espacio vacío. Supongamos ahora que hemos levantado el piston, y que empezamos á bajarlo. El impulso que nosotros damos al piston, lo da el piston al aire, que á su vez lo comunica á la válvula inferior, haciendo que esta quede cerrada. Pero el aire aprisionado entre ámbas válvulas logra escaparse por la de arriba, porque la abre; y de ese modo, á medida que continuamos bajando el piston, todo el aire que habia en el cilindro, debajo de la válvula de arriba, es expelido á través de ella. Pero el aire expelido era parte del primitivamente contenido en la campana, y así veis que con sólo alzar y bajar una vez el piston hemos logrado arrojar de la campana una parte de su aire. Repitamos ahora el mismo procedimiento, es decir, volvamos á alzar el piston, y el aire de arriba cerrará la válvula inferior, mientras que el aire de la campana se deslizará á lo largo del tubo, abrirá la válvula inferior y llenará el espacio que quedó vacío al subir el piston. Cuando el piston vuelve á bajar, la válvula inferior permanece cerrada, mientras que el aire interior abre la válvula superior, y sale: así, á cada doble movimiento del piston, sacamos una parte del aire de la campana de cristal. Por supuesto que, para trabajar con la bomba, es absolutamente necesario que el piston ajuste perfectamente en el cilindro; porque si no, entrará aire de afuera, y no será posible vaciar todo

el aire interior. Ya os he dicho de qué modo trabaja la bomba de aire; pero no vayais á creer que todas las bombas de aire son precisamente como la que os presenta la lámina: sin embargo, el principio en que todas ellas se fundan, es el mismo, aunque la apariencia puede ser diferente en cada una de ellas.

34. **Bomba de agua.**—Habiéndoos hablado ya de la bomba de aire, volvamos por un momento al barómetro. Habéis visto que la presión del aire

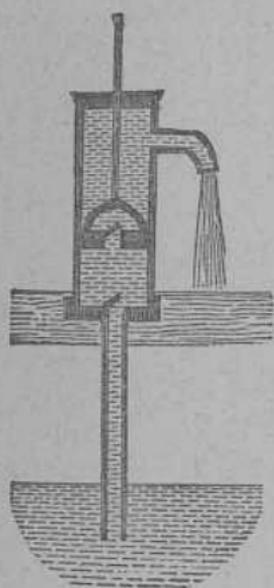


FIG. 18.

tiene precisamente la suficiente fuerza para mantener una columna de mercurio á 76 centímetros de altura. Pero el agua es mucho más ligera, en igualdad de volúmen, que el mercurio, y podemos esperar que la presión del aire sostenga ó eleve una columna de agua mucho mayor que la de 76 centímetros. A la verdad, la presión del aire mantendrá una columna de agua de casi 10,33 metros de alto.

Con esto ya podreis comprender el modo de funcionar de la bomba comun. En la figura 18 teneis un boceto de esa clase de bombas. En la parte baja teneis el recipiente de donde deseamos elevar el agua, y un tubo que va del recipiente al cuerpo de

la bomba. En este veis un piston que ajusta en su interior, y en ese piston hay una válvula que se abre hácia arriba, miéntras que en el fondo del cañon ó cuerpo de la bomba, hay otra válvula que tambien se abre hácia arriba. En realidad, el cuerpo de la bomba aspirante es completamente semejante al de la bomba de aire, y yo puedo empezar por suponer que el piston está ahora en el fondo del cilindro. Levantémoslo, pues, y exactamente lo mismo que en la bomba de aire, el aire superior ejercerá presion por debajo sobre la válvula superior y la mantendrá cerrada. Por su parte, el aire del tubo se escapará por la válvula inferior para llenar el espacio vacío ocasionado por el levantamiento del piston. Cuando éste vuelve á bajarse, la válvula inferior se cerrará, como sucedia en la bomba de aire, y la válvula del piston se abrirá y saldrá un poco de aire. En realidad, lo que ahora estamos haciendo es extraer el aire del caño y del tubo. Pero, en tanto ¿qué es lo que está haciendo el agua del recipiente? El aire exterior continúa haciendo presion sobre la superficie del agua que contiene el recipiente; pero como hemos estado sacando aire del tubo, esta presion del aire exterior ya no está contrabalanceada por la del aire que contenía el tubo; y, por tanto, el aire exterior no hallará oposicion y elevará el agua desde el recipiente al tubo, hasta que extraido al fin todo el aire, se llene de agua el tubo entero: de él, por la válvula inferior, pasará el agua al cañon ó cuerpo de la bomba.

Pero nada de eso sucederá si la distancia que hay entre la superficie del agua contenida en el recipiente y la válvula inferior pasa de 10,33 metros: que ya se os ha dicho que la presión del aire sostendrá una columna de agua de 10,33 metros de alto, pero no la sostendrá si es más alta. De modo que, si hay distancia mayor de 10,33 metros entre la superficie del recipiente y el caño de la bomba, el agua se negará á entrar en el caño, y, hagais lo que hagais, no podreis lograr que se eleve hasta él. Sin embargo, si la distancia no pasa de 8 ó 9 metros, la bomba trabajará bien y conseguireis que el agua entre en el caño. Suponed que lo habeis llenado de agua, y que estais empujando hácia abajo el piston. Al hacerlo, la presión que ejercéis sobre el piston se comunicará por medio del agua á la válvula inferior, que quedará cerrada. Por otra parte, la presión del agua forzará y abrirá la válvula superior, que, como se abre hácia arriba, dejará escapar el agua, y esta se colocará sobre el piston. Al subirse éste, subirá consigo el agua que lo cubria, y esta se derramará por la gálgola de la bomba, cosa que en lo sucesivo sucederá en cada golpe de piston.

EXPERIMENTO 32.º.—Para que veais con facilidad, y con vuestros propios ojos lo que acontece en una bomba comun, buscad una que tenga el caño de cristal, de modo que podais ver su interior. Así vereis que cuando se levanta el piston, la válvula superior se cierra y la inferior se abre, miéntas

que cuando baja el piston, la inferior se cierra y la superior se abre. Ya sabeis que el piston de la bomba debe ajustar al caño, pues de otro modo el aire entrará por arriba é impedirá trabajar. A veces, no obstante, cuando no está muy usada una bomba, el cuero ú otro forro del piston se seca, y tampoco trabajará la bomba. En ese caso, si se echa agua sobre el piston, se humedece el cuero y sirve para ajustarlo.

35. Sifon.—Antes de dejar este asunto, dejadme que os describa un instrumento llamado sifon, cuya accion depende, como la de la bomba, de la

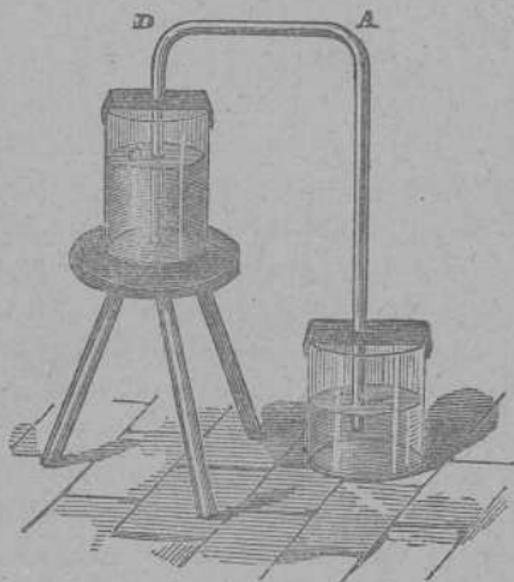


FIG. 19.

presion del aire. Sin embargo, no explicaré el principio en que se funda. En la lámina teneis el sifon;

se usa para trasferir líquidos de una vasija que esté en alto á otra que esté á nivel más bajo. Ante todo, teneis que invertir el tubo del sifon, y llenarlo completamente de agua, sujetando con un dedo la abertura del tubo mas corto. Colocad ahora esa extremidad debajo de la superficie del agua en la vasija más alta, y retirad el dedo. Apénas lo hayais hecho, el agua brotará al instante en corriente continua, por la extremidad del tubo mayor hasta la vasija inferior, y así podeis trasladar toda el agua desde la vasija superior á la inferior, con tal que el tubo corto del sifon sea suficientemente largo para alcanzar al fondo de la vasija superior.

#### CUERPOS EN MOVIMIENTO.

**33. Energía.**—Se os ha hablado (Párrafo 1) de los modos ó afecciones de las cosas, y de cómo una bala en movimiento es cosa muy distinta de una bala en reposo, ó una caliente de una fria. Y tambien se os ha dicho que uno de nuestros grandes objetos en estas Nociones es descubrir algo acerca de estos modos ó afecciones variables de la materia. No hubiéramos podido empezar por ahí, porque ante todo teníamos que hablaros de las cosas mismas. Ahora que teneis conocimientos bastantes de los sólidos, los líquidos y los gases, es tiempo de que aprendais algo relativo á esos modos ó afecciones variables de las cosas.

Se os dijo que los cuerpos están, á veces, llenos

de energía, como una bala en movimiento; y á veces, totalmente inmóviles y privados de energía, como una bala en reposo. Nada mejor podemos hacer, en lo que sigue, que estudiar los casos más conspicuos en que un cuerpo está lleno de energía. Eso acontece cuando un cuerpo está en movimiento efectivo, ó en rápida vibracion, ó caliente, ó electrizado, y por eso vamos á clasificar los cuerpos enérgicos bajo esas cuatro divisiones. Ante todo, hablaremos de los cuerpos en movimiento efectivo, y con ese motivo os daremos una idea del modo que tienen de operar esos cuerpos; despues os hablaremos de cuerpos en vibracion, como una campana ó un tímpano sonoro, y entónces trataremos del sonido; hablaremos en seguida de cuerpos calentados, y á propósito de ellos diremos algo de la luz y el calor; finalmente, cuando hablemos de cuerpos electrizados, oiréis algo acerca de la cosa misteriosa que se llama electricidad. En estas Nociones no podemos daros cuenta completa de los vários modos de los cuerpos, ó várias especies de energía que á veces poseen. Esto debe reservarse para más adelante; ahora sólo podemos daros un mero bosquejo del asunto, diciéndoos al mismo tiempo que el asunto es de muchísima importancia.

37. *Definicion del Trabajo.*—Cuando decimos que un hombre está lleno de energía, entendemos que está lleno del poder de trabajar; y cuando decimos que una cosa está llena de energía, de igual modo entendemos que está llena del poder de hacer

trabajo. Y en efecto, medimos la energía de una cosa por la cantidad de trabajo que puede hacer ántes de gastarse totalmente. Pues bien; si levantamos un peso de 1 kilogramo á la altura de 1 metro, hacemos cierta cantidad de trabajo; pero si lo levantamos á 2 metros, hacemos dos veces tanto trabajo; si á 3 metros, tres veces tanto trabajo, y así sucesivamente. Si, pues, al trabajo de levantar 1 kilogramo á 1 metro lo llamamos uno, al de levantar 3 á un metro lo llamaríamos tres. Ahora, el trabajo de levantar 2 kilogramos á cualquiera altura es doble trabajo del que se hace levantando 1 kilogramo á la misma altura; de modo que el trabajo de levantar 2 kilogramos á 3 metros de altura sería seis. En efecto: multiplicad el número de kilogramos que levantais por el de metros á que los levantais, y el producto será el trabajo hecho.

Supongamos ahora que con un cañon hacemos puntería al aire, y que descargamos una bala de 50 kilogramos con la velocidad estrictamente necesaria para hacerla subir á 300 metros ántes de que baje; de esto podemos al momento deducir cuánta energía tenia la bala al dispararse. Tenia energía suficiente para llevar 50 kilogramos (es decir, su propio peso) á 300 metros, y por consiguiente, energía bastante para hacer trabajo igual á  $50 \times 300 = 15.000$ . Si ahora volvemos á cargar el cañon, pero con más pólvora que la vez primera, haremos lanzar la bala con mayor velocidad. Supongamos que puede esta vez subir á la altura de 500 metros:

tiene, pues, energía suficiente para hacer un trabajo igual á  $50 \times 500 = 25.000$ . En efecto, inmediatamente se ve que cuanto mayor sea la velocidad ó prontitud con que la bala se dispare, mayor será la altura á que se eleve, mayor el trabajo que haga, y mayor, por lo tanto, su energía.

**38. Trabajo hecho por un cuerpo en movimiento.**—No puedo profundizar mucho este asunto; pero os diré que un cuerpo disparado hácia arriba con doble velocidad, no subirá dos, sino cuatro veces tan arriba; un cuerpo con triple velocidad, no tres veces, sino tres veces tres, ó nueve veces tan arriba, y así sucesivamente. Por tanto comprenderéis que una bala de doble velocidad hará cuatro veces tanto trabajo. Pero hay otros modos de medir el trabajo de una bala, que el decir la altura á que puede elevarse en el aire; porque podemos descargarla sobre tablones colocados en hilera, y hallaremos que una bala con doble velocidad atravesará cuatro veces tantas planchas; una bala con triple velocidad, nueve veces tantas, y sucesivamente. Así veis que una bala con doble velocidad tendrá cuatro veces el efecto destructivo de una que sólo tenga una velocidad; y por tanto, cualquier medio que empleemos para medir su energía, tendrá cuatro veces tanta energía como la otra.

**39. Energía en reposo.**—Es muy fácil ver que un cuerpo que se mueve muy de prisa tiene el poder de hacer una gran cantidad de trabajo; pero no es tan fácil descubrir energía en un cuerpo que

reposa, y esto último es, sin embargo, lo que á menudo acontece; que hay energía en estado de reposo, exactamente lo mismo que puede un hombre estar quieto, y no obstante ser capaz de hacer una gran cantidad de trabajo, cuando se pone á hacerlo. Suponed que hay dos hombres, igualmente fuertes, que pelean á pedradas, pero que el uno tiene el monton de piedras en el tejado de una casa, en donde está, y el otro tiene su pila de piedras en el suelo, desde donde tira. No necesito preguntaros por cuál de los dos están las probabilidades, pues á una me contestaréis que por el hombre del tejado. Y ¿por qué? no es más fuerte ó más enérgico que el otro. ¿Lleva la ventaja en las piedras? Claro es, porque su pila de piedras está más alta. Por sí mismo no tiene más energía que el hombre del suelo; pero su pila de piedras tiene más energía que la del hombre del suelo, y así veis que las piedras tienen una energía resultante de la altura en que las han puesto, y de hecho son capaces de hacer trabajo, siquiera sea el muy inútil de tumbar á un hombre. Pero figurémonos dos molinos de agua, uno con un vasto estanque de alto nivel á su lado; y el otro con un estanque á nivel más bajo que el molino: ¿cuál de ellos es más apto para trabajar? Todos á una me diréis que el molino cuyo estanque esté más alto, porque la caída de agua moverá sus ruedas. Ya veis, pues, que de un estanque elevado, ó una *caída de agua*, como se dice, hay gran cantidad de trabajo que sacar; y trabajo real y sustan-

cial, como la molienda ó trilla del maíz, el torneo ó aserradura de madera. Por otra parte, ningun trabajo puede sacarse de un estanque de agua que está á bajo nivel.

Comparemos ahora un molino de agua movido por la fuerza del agua, con un molino de viento impulsado por la fuerza del viento. Este es como la bala, aunque no se mueve tan pronto, pues su energía es la de un cuerpo que está en movimiento efectivo: en realidad, está arrojándose contra las aspas del molino de viento y haciéndolas girar; y si echamos, en tiempo de ráfaga, una pluma ó una paja al aire, veremos cómo se la lleva el viento. Pero un molino de agua tiene una ventaja decidida sobre el de viento, pues este se hace esperar, mientras que el agua corre siempre; y, por tanto, conservamos nuestra provision de energía para utilizarla más cuando queramos. En verdad, la energía de un cuerpo en movimiento es como el dinero constante que estamos gastando; al paso que la energía de una caída de agua, ó de cualquier cuerpo que está elevado, es como el dinero en banco, que se puede sacar cuando se necesita.

#### CUERPOS VIBRANTES.

40. **Sonido.**—Un cuerpo que cambia de lugar está, por supuesto, en movimiento; pero de eso no se sigue que todo cuerpo en movimiento cambia de lugar. Un trompo que gira muy de prisa está en

movimiento; pero no por eso cambia de lugar.

EXPERIMENTO 33.<sup>o</sup>—Aquí teneis un alambre que por un extremo está sujeto á un poste: si por el otro extremo lo sacuden, vá rápidamente de adelante para atrás; y sin embargo, el alambre no ha cambiado de lugar. Miéntras las partículas de ese alambre están moviéndose de adelante para atrás, se dice que están en estado de vibracion. De igual modo, cuando se sacude una campana ó un tímpano, las partículas de la campana ó del tímpano están en estado de vibracion, lo mismo que la cuerda de un instrumento músico, herida por la uña ó por el arco. Pues los cuerpos vibrantes, lo mismo que los movibles de un lado á otro, ó el movimiento vibratorio lo mismo que el movimiento de lugar, denotan energía, pues lo cierto es que las partículas de un cuerpo vibrante se están moviendo activamente de un lado á otro, y si tratais de detenerlas, os golpearán. Cuando algo se opone á su movimiento, lo golpean; se opone el aire atmosférico, y lo golpean. Positivamente, cada vez que el extremo de ese alambre vibrante vuelve atrás, golpea en la misma direccion al aire. Y es igualmente positivo que todo cuerpo vibrante da al aire una porción de golpecitos. Cuando es golpeado, el aire no recibe quieto el golpe, sino que lo trasmite al aire más próximo, que á su vez lo trasmite al más cercano, y así sucesivamente hasta



FIG. 20.

que el golpe dado al primer aire va á parar muy léjos de él. Al fin, ese golpe llega á vuestro oído ó al mio, y recibimos en él un verdadero golpe que, por no afectarnos como el que nos contunde ó nos derriba, no llamamos un golpe, sino un sonido; y decimos que un sonido ha llegado á nuestro oído; y es la verdad.

41. Qué es Ruido y qué es Música.—Pues bien, si el cuerpo que golpea al aire le da solamente un golpe, como cuando se dispara un cañon, el aire lleva ese solo golpe á nuestro oído, y decimos que hemos oído un ruido. Mas si el cuerpo que golpea al aire está en vibracion, y esparce en un segundo una porcion de conmociones ó golpecitos, el aire los traerá á nuestro oído y repetirá en él otros tantos golpecitos en un segundo, y entónces decimos que oímos un sonido musical. Así decís que un ruido es un solo golpe dado á nuestro oído, y que un sonido musical es causado por una série de golpecitos que se suceden en intervalos regulares. Hay más: si el cuerpo vibrante que causa esa perturbacion dá solamente al aire un número comparativamente corto de golpes en un segundo, entónces es claro que el aire nos dará solamente el mismo número en el mismo segundo, y oiremos una nota baja y profunda; pero si el cuerpo vibra muy rápidamente y esparce por el aire gran número de golpes ó vibraciones en un segundo, claro es que el aire esparcirá igual número y en igual tiempo en nuestro oído, y entónces oiremos una nota alta y

aguda. Así, una nota baja y profunda significa un corto número de golpes dados á nuestro oído en un segundo; y nota alta y aguda significa gran número de golpes en el mismo tiempo. Una nota agudísima se dará á razon de 20.000 vibraciones por segundo; y una nota gravísima, á razon de 50 vibraciones por segundo.

42. El Sonido puede trabajar. — Una nota musical es tan agradable como desagradable es un solo golpe ó ruido, que á veces hiere y hasta destruye el oído, si es muy violento. Así, si se disparara un gran cañon, el ruido podria destruir el poder auditivo del oído; y si el ruido chocara contra una vidriera, la vibracion podria ser tan violenta que estrellara los cristales; y á veces, en casos como el de la explosion de un polvorin, todas las vidrieras de un vecindario se destrozan. Por ahí vereis que un ruido fuerte es una cosa que lleva energía, y que puede trabajar, ó hacer trabajo, especialmente de naturaleza destructiva.

43. Requiere Aire que lo lleve. — EXPERIMENTO 34. — Tratemos de sonar una campana en lugar donde no haya aire, como debajo de la campana de una máquina neumática despues de retirado el aire. No habiendo aire, nada habrá á que puedan golpear las partículas de la campana, y por eso no llegará sonido á nuestros oídos. En realidad, una campana que se ha golpeado, ó cualquiera otro cuerpo vibrante, tiene en sí una cantidad de energía, que comparte con el aire, que á su vez la com-

parte con nuestro oído. Pero si no hay aire, nada hay con que llevar á nuestro oído la energía del cuerpo vibrante.

44. Su modo de moverse á través del Aire.— Pensemos ahora un poco acerca de la naturaleza de esa cosa llamada sonido, que los cuerpos vibrantes transmiten al aire, y que este lleva á gran distancia.

En primer lugar, cuando se dispara un cañon á 2 ó 3 kilómetros de distancia, no imaginéis que las mismas partículas andan todo el camino desde el cañon á nuestro oído. Las partículas próximas al cañon golpean á las más cercanas, y se paran; las que han recibido el golpe ó vibracion, la transmiten á su vez á las que tienen más cerca, y tambien se paran; y así sucesivamente, hasta que la vibracion llega á nuestro oído. Lo que realmente acontece se explicará sencillamente en el siguiente experimento.

EXPERIMENTO 35.º.—Tomemos una série de pelotas

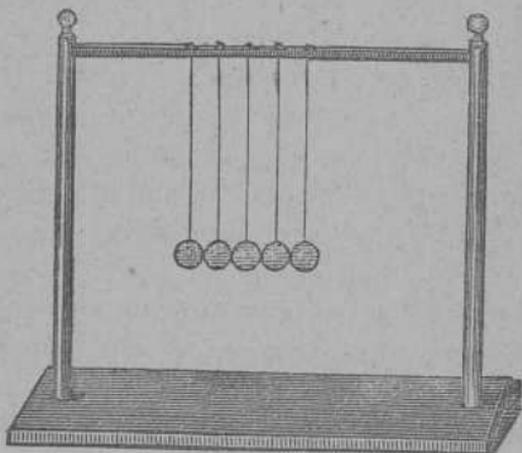


FIG. 21.

elásticas y colguémoslas en hilera por hilos separados, de modo que estén pegadas estando sueltas. Separemos ahora de lado la primera, y soltémosla contra la segunda. ¿Qué sucede? Que la primera pelota da un golpe á la segunda, y se para; la segunda trasmite rápidamente el golpe á la tercera, y á su vez se para; la tercera hará lo mismo, y así todas hasta que el golpe llegue á la última, que, por ser la última, recibirá el movimiento del golpe. Pues la primera pelota puede compararse á las partículas de aire que están próximas al cañon, y la última pelota á las partículas próximas á nuestro oido; y así veis cómo el golpe que viene del aire próximo al cañon se trasmite al aire próximo á nuestro oido, sin necesidad de que, para llevarlo, las partículas individuales se muevan en toda la distancia. Aquellos de vosotros que hayais jugado á los bolos (1) habreis notado lo que sucede cuando trucais el bolo del contrario. En ese caso retenéis firmemente bajo el pié vuestro bolo, miéntras el del contrario llega precisamente á él; entónces, con vuestra pala dais un golpe á vuestro bolo, que no por eso se mueve, pero que trasmite el golpe al bolo del contrario, y con fuerza bastante para alejarlo mucho. Ese resultado es, como veis, el mismo que el de la serie de pelotas.

45. Proporcion de Movimiento en el Sonido.  
—Además, ese impulso ó golpe que llamamos so-

(1) Los bolos no son precisamente el *croquet*, que es el juego de que habla el autor; pero es semejante. (N. del T.)

nido, requiere tiempo para pasar del cañon á nuestro oido. A no dudarlo, anda mucho, tanto como una bala de rifle, mas no por eso pasa instantáneamente del cañon á nuestro oido. La mayor parte de vosotros ha visto, sin duda, disparar á lo léjos un cañon, y lo primero que vió fué la fogata y la humareda, y sólo despues de algunos segundos oyó el ruido. Pues esos pocos segundos son el tiempo que el sonido ó impulso empleó en venir del cañon á nuestro oido. Vísteis la fogata en el momento mismo en que se disparó el cañon, y por tanto, contando desde su aparicion, sabeis cuanto tardó el sonido en llegar del cañon al oido. Suponed, pues, que el cañon estaba á 3.400 metros de distancia, y que vosotros contásteis diez segundos entre la fogata y el sonido ; deducís que el sonido emplea 10 segundos en recorrer 3.400 metros de aire, ó que se mueve á razon de 340 metros por segundo, lo que próximamente es verdad. Pero el sonido pasará por el agua mucho más pronto que por el aire, y mediante experimentos hechos en el lago de Ginebra, se ha comprobado que la proporcion de movimiento en el sonido, á través del agua, es próximamente cuatro veces tan grande como á través del aire. El sonido anda á través de la madera ó del hierro con mayor velocidad todavía: á través de la madera, por ejemplo, anda de 10 á 16 veces tanto como por el aire, de modo que podria pasar por una distancia mayor de 3 kilómetros de maderos en un segundo.

46. **Ecos.**—Suponed, ahora que estoy en el centro de un vasto anfiteatro, que á mi rededor hay una série de peñascos, y que disparo allí un fusil: el ruido ó vibracion se esparcirá del fusil á los peñascos, y los golpeará; pero algo más sucederá despues. Cuando el sonido choca contra los peñascos, hallando que no puede ir más léjos, retrocederá, y en ese caso, retrocederá exactamente por la misma línea que primero recorrió, andando siempre á razon de 340 metros por segundo. El resultado será que, pocos segundos despues de disparado el fusil, oiré el sonido que ha retrocedido de los peñascos, precisamente como si otro fusil se hubiera disparado. Pues ese sonido se llama un eco.

Veis, pues, que en el caso de los ecos tenemos el sonido ó impulso que choca con un obstáculo, y desde este vuelve atrás; pero no siempre en la misma direccion: esto depende de la forma que tiene la superficie contra la cual choca. Un experimento muy curioso es el que se presenta en la lámina 22.

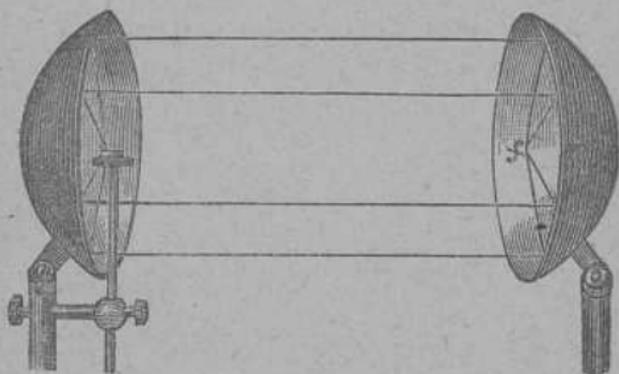


FIG. 22.

Colocad dos grandes reflectores huecos á alguna distancia uno de otro, y en un punto de uno de ellos, llamado foco, poned un reloj, aplicando despues el oido al foco del otro : entónces oireis claramente el latido del reloj, exactamente como si lo tuviérais aplicado al oido mismo. La razon de esto es que los golpes dados por el reloj al aire chocan contra el reflector de la izquierda, y son reflejados desde él en direcciones que los llevan al otro reflector, del cual se reflejan en el oido. Todo eso se manifiesta en la lámina. Esa propiedad del sonido constituye un agradable experimento; pero á veces ha tenido sus inconvenientes en la práctica. Por ejemplo, se relata que en la Catedral de Girgenti, en Sicilia, el menor susurro va desde la portada del oeste á la cornisa que hay tras del altar mayor. Habiéndose escogido para situar un confesonario el primero de esos puntos, acontecia que un oyente colocado en el segundo punto, oia la confesion, cosa que, cuando se supo, hizo cambiar el confesonario. El reflejo ó la reflexion del sonido explica tambien lo que acontece en las bóvedas acústicas. En la de San Pablo, en Lóndres, desde un lado de la cúpula pasa por considerable distancia al otro lado, cuanto susurro se produce.

**47. Cómo se halla el Número de Vibraciones que en un Segundo corresponden á cualquiera Nota.**—Os he dicho que, cuando un cuerpo vibrante da al aire un corto número de golpes en un segundo, tenemos una nota profunda; y que, cuando

golpea muy á menudo el aire en un segundo, tenemos una nota aguda: lo que se llama el grado ó tono de la nota, depende, por tanto, del número de golpes que se dan al aire en un segundo. Pues bien: por medio de un experimento podemos descubrir cuántos golpes corresponden en un segundo á cualquiera nota particular, y espero que con la lámina 23 veais claro cómo sucede eso. En ella veis á la

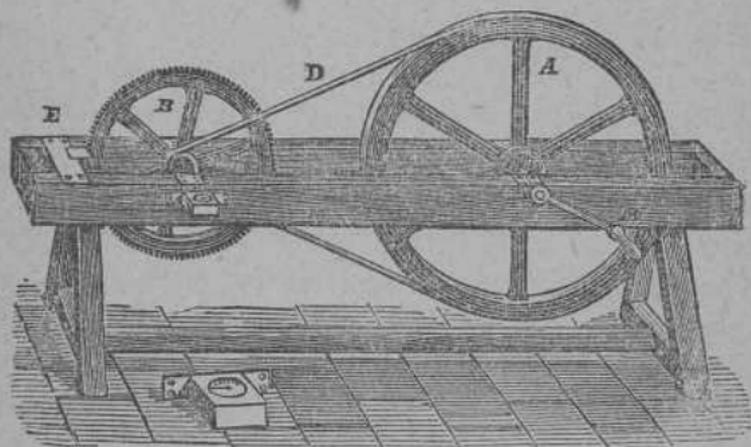


FIG. 23.

derecha una gran rueda *A*, que se mueve por medio de un manubrio. Sobre la circunferencia ó llanta de esa rueda, tenemos una correa muy firme que pasa por el eje de otra rueda *B*. El resultado es que, á impulso de la correa, el eje de la rueda *B* girará muchas veces á un solo impulso de *A*, y la rueda *B* se moverá, como es natural, con su eje. De hecho, *B* puede ser movida con mucha rapidez. Veis también que *B* está llena de dientes pequeños, y que

en el punto *E* por donde pasan los dientes de *B*, hay un carton colocado de modo que cada diente de la rueda lo golpee al pasar. Cada vez que eso sucede, se oye un sonido, porque el carton trasmite al aire el golpe ó vibracion que ha recibido. Si hay 100 dientes en la rueda *B*, 100 vibraciones habrá en el tiempo en que *B* da una vuelta. Si la da en un segundo, 100 vibraciones se transmitirán al aire, y por consiguiente, 100 sonidos sonarán en un segundo á nuestro oído, cada uno de los cuales no podremos distinguir; pero oiremos una nota grave ó profunda que aparentemente será continua. Ahora, volteando el manubrio con suficiente velocidad, puedo hacer girar á *B* 100 veces por segundo; y durante cada vez golpeará 100 veces el carton, que en tal caso recibirá 100 veces 100 golpes ó vibraciones en un segundo: de modo que, en cada segundo, el oído recibirá 10.000 golpecitos, y oirá una continua nota aguda. Ahora, cuando deseéis averiguar el número de vibraciones que en un segundo corresponden á una nota determinada, lo que teneis que hacer es lo siguiente: Dad vueltas cada vez más rápidas al manubrio, hasta que el instrumento os dé por medio del carton una nota precisamente del mismo tono que la que deseéis medir; y cuando hayais dado con el movimiento apropiado, mantened en él la rueda por uno ó más minutos.—En conexion con la rueda *B* hay un cuadrante (que en la lámina presentamos separado), y ese cuadrante registra las veces que, desde que empieza á girar,

golpea la rueda *B* al carton. Así pues, cuando vosotros mismos movais el manubrio al compás que produce la nota buscada, poned otro observador á llevar cuenta de la posicion de la manecilla ú horario del cuadrante, al principio y al fin de un minuto. Suponed que por medio del cuadrante descubra que, durante el minuto, el carton ha recibido 60.000 vibraciones, eso corresponde á 1.000 veces en un segundo, de donde inferís que la nota dada es la correspondiente á 1.000 vibraciones dadas cada segundo al aire.

## CUERPOS CALIENTES.

48. **Naturaleza del Calor.** — Habéis visto que de un cuerpo en movimiento efectivo puede decirse que posee energía, y que lo mismo puede decirse de un cuerpo en vibracion. Despues habéis visto que un cuerpo en vibracion, no por vibrar, se mueve de un lugar á otro, sino que se mantiene en reposo como un todo, á pesar de que sus várias partículas se mueven alternativamente de adelante para atras.

Ahora teneis que considerar cuerpos en estado de calor. Ante todo ¿qué es calor? Contestemos figurándonos una bala de hierro puesta al fuego, y que, sacada de él cuando está candente, la ponemos en un platillo de balanza, y la pesamos, y la dejamos enfriar. Si el calor hubiera sido algo que hubiese penetrado en la bala, deberíamos esperar que

se aligerara á medida que se enfriase. Pues si ese experimento se hace bien, se verá que la bala de hierro no pierde peso ó se aligera al enfriarse; y por tanto, cualquiera que sea su calor, la presencia de este no ha hecho ni un gramo más pesada la bala.

Dejadme ahora suponer que me pongo en una balanza delicadísima, y que, mientras estoy pesándome en ella, me echais un poco de agua en los oídos: claro está que pesaré más, por poquísimo que sea. Pero suponed que entra en mi oído un sonido: ¿me hará más pesado? ni un ápice. Golpeará lo que se llama el tímpano del oído, lo pondrá en vibración, y oiré el sonido; pero ni en lo más mínimo seré más pesado á consecuencia del sonido que ha penetrado en mis oídos. El hecho es que la entrada del agua es entrada de *materia*, y me hace más pesado, al paso que la entrada del sonido es solamente la entrada de una especie de *movimiento vibratorio*, y no me hace más pesado. Ahora bien; ¿no es algo parecido lo que sucede en los cuerpos caldeados ó calientes? ¿la entrada del calor, no significará entrada de cierto género de movimiento vibratorio hácia adelante y hácia atrás, que nada añade al peso del cuerpo? Tenemos poderosas razones para pensar que el calor es realmente un género de movimiento vibratorio, de modo que cuando un cuerpo se ha caldeado, cada una de sus partes, las más mínimas también, está moviéndose, ó para adelante y para atrás, ó en

círculo. Pero son tan mínimas esas partículas, y tan rápido su movimiento, que la vista no puede percibir lo que sucede.

Entonces ¿por qué — preguntaréis, — no da sonidos un cuerpo caliente, si, como decís, sus partículas están en estado de rápido movimiento? ¿por qué un cuerpo semejante á ese no ha de dar una serie de golpecitos al aire circunvecino, exactamente lo mismo que los da un cuerpo en ordinaria vibracion? Respondemos que un cuerpo caldeado da una serie de golpecitos ó vibraciones á su *medio ambiente*, que aunque no afectan el oído, afectan la vista, y nos dan el sentido de la luz. Ahora veis qué grande es la semejanza que hay entre un cuerpo sonoro, tal como una campana, y un cuerpo caliente, tal como una bala candente. Las partículas de ambos cuerpos están en estado de rápido movimiento: las de la campana golpean el aire alrededor de la campana, y el aire lleva los golpes á nuestro oído: las partículas de la bala candente dan tambien una sucesion de golpes en el medio ambiente de la bala, y ese medio lleva los golpes ó vibraciones á nuestra vista. Por eso, cuando hicimos experimentos con los cuerpos sonoros, empleamos el oído; pero cuando los hicimos con cuerpos calientes, empleamos la vista. En cada caso hay que hacer dos divisiones en el asunto, pues en los cuerpos sonoros tenemos que estudiar primeramente los cuerpos mismos, cuánto tarda la vibracion, cómo se efectúa, y así sucesivamente; y en

segundo lugar tenemos que averiguar en qué proporción llegan al oído las vibraciones que dan. En los cuerpos calientes tenemos primero que estudiar los cuerpos mismos, y después averiguar en qué tiempo recorren el aire los rayos de luz y calor que dan.

49. **Expansion de los Cuerpos cuando están calientes.**—Cuando un cuerpo está caliente, casi siempre se dilata; esto es, se alarga en todas direcciones. Para probaros cómo eso se efectúa, calentemos un sólido, un líquido y un gas.

EXPERIMENTO 36.º—Tomemos (fig. 24) una barra larga de metal, asegurada en un extremo por un

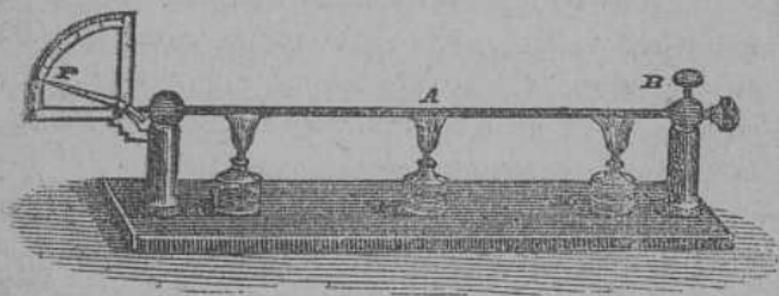


FIG. 24.

tornillo, *B*, y suelta por el otro extremo, para dejarla en libertad de dilatarse. Cuando lo haga, oprimirá el puntero, *P*, y ese puntero se elevará: si, pues, la barra se dilata, aunque sea muy poco, fácilmente se verá esa dilatación ó expansión, porque hará que el puntero cambie de posición y se levante. Coloquemos ahora dos ó tres lámparas de-

bajo de la barra, y calentémosla, y hallaremos que la barra se dilata y se aprieta contra el puntero hasta que se levanta. Si se retiran las lámparas, la barra se enfriará y en pocos minutos volverá el puntero á su primitiva posición.

EXPERIMENTO 37.º—Aquí hay una ampolleta de cristal hueca, que está llena de agua; calentemos la ampolleta, y el agua subirá por el tubo. En este caso se dilatan el agua y el cristal; pero el agua se dilata más que la ampolleta, y de ahí que se salga para el tubo: y á la verdad, se dilata con tal fuerza, que si la ampolleta no tuviera tubo vacío en que recibirla, la rompería el agua.

EXPERIMENTO 38.º—Dilatemos ahora un gas. Tómese una vejiga cuyos dos tercios estén llenos de aire, y calentadla al fuego, pero de modo que no se queme. A poco se dilatará el aire, de modo que la vejiga aparezca completamente llena.

50. Termómetros.—Por todos esos experimentos veis que la tendencia del calor es hacer dilatar las cosas, ya sean líquidas, sólidas ó gaseosas. Consideremos ahora particularmente el mercurio encerrado en una ampolleta de cristal; como el agua, se dilatará y subirá por el tubo cuando se le aplique calor. Aquí, en realidad, tenemos dos cosas dilatadas. En primer lugar se dilata el tubo, hasta el punto de que si midiérais la ampolleta cuando está en su temperatura natural, y luego cuando se calienta, hallaríais que en el segundo caso es un poco más extensa que en el primero.

Sin embargo, la ampollita no se dilata tanto como el mercurio; y en consecuencia, el mercurio no se contenta con ocupar su antigua posición en el tubo adherido á la ampollita, sino que necesita más espacio, y para tenerlo sube por el tubo, que, siendo muy fino, pequenísimas expansiones del mercurio causa un alza considerable en el tubo, y puede verse á simple vista. En realidad, el mero calor de vuestra mano elevará rápidamente el mercurio en el tubo, y un simple aliento de aire frío lo bajará. Un instrumento de ese género es, por tanto, muy útil para indicar si una cosa es más caliente ó más fría que otra, y es mucho mejor para ese fin que el sentido del tacto. Suponed, por ejemplo, que ponemos el instrumento con su ampollita metida en un vaso de agua, y que por algunos minutos lo dejamos en ella: entónces la parte superior del mercurio se mantendrá en una posición fija en el tubo. Señalemos esa posición del mercurio y anotémosla con cuidado. Saquemos ahora del agua el instrumento, y coloquémoslo en otra vasija que contenga agua. Si esta fuere más caliente que la anterior, el mercurio se elevará por sobre la marca que hemos hecho; es decir, que la parte superior de su columna subirá más: pero si fuere más fría el agua, el mercurio descenderá bajo la marca que hicimos: y así, observando la altura del mercurio en el tubo, podemos al instante ver si la segunda vasija de agua es más caliente ó más fría que la primera. Ese instrumento, como todos

los de su especie, se llama termómetro. Ahora os diré cómo se hace.

51. **Cómo se hace un Termómetro.**—Para hacer un termómetro, tomad un soplador de vidrio para hacer una ampolleta hueca en la extremidad de un tubo de cristal, con un taladro finísimo, y dejad abierto el otro extremo del tubo. Después, calentad en una llama la ampolleta, y al hacerlo, el aire interior de la ampolleta se dilatará (exactamente lo mismo que cuando calentamos la vejiga); pero estando abierto el otro extremo del tubo, sale por él el aire dilatado. Mas luego, ántes de que el aire

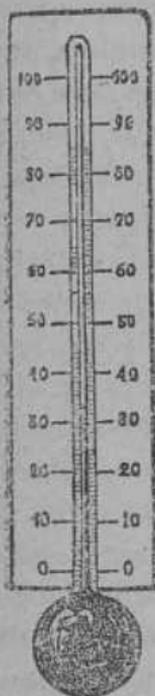


FIG. 25.

tenga tiempo de enfriarse, sumergid en una vasija llena de mercurio el extremo abierto del tubo. Recordad que la ampolleta contiene ahora ménos aire que al principio, porque el calor ha disipado parte de él. A medida que ese aire se enfria, disminuye en volúmen, y la presión del aire exterior eleva el mercurio hasta que ocupa el espacio vacío, exactamente como elevó el agua en la bomba (Párrafo 34). Parte de ese mercurio se introducirá, pues, en la ampolleta. Cuando eso haya sucedido, la calentaremos sobre la llama de una lámpara. El mercurio empezará pronto á hervir, y su vapor expelerá el aire hasta que ampolleta y tubo estén llenos del vapor de mercurio. Hecho esto,

volveremos á sumergir la extremidad abierta del tubo en la vasija de mercurio. Como ya no hay aire en el tubo ni en la ampolleta, sino vapor de mercurio, al enfriarse este se condensará y habrá un vacío, y el mercurio en que está sumergido el instrumento subirá hasta llenar tubo y ampolleta, pues el aire exterior ejercerá presión sobre él. Ya tenemos lleno de mercurio el instrumento; ahora, ántes de que se enfrie, sellemos el extremo abierto, derritiendo el cristal hasta expeler todo el aire: entónces ha terminado esa parte del procedimiento.

Teniendo ya un tubo termométrico, cuando esté bastante frio lo sumergimos en una caja que contenga hielo que esté menudo y que empiece á derretirse. Como es natural, la columna de mercurio cae en el tubo, pues el hielo es muy frio, y ya se os ha dicho que la columna mercurial cae cuando la ampolleta está dentro de una sustancia fria. Al cesar de caer el mercurio, marcad con una lima hasta donde llega su columna en el tubo; ese es el punto á que la columna llegará siempre que el instrumento esté dentro de hielo derretido ó de algo igualmente frio. Hecho eso, tomad el tubo termométrico y sumergidlo en agua hirviendo, y marcad la posición á que se haya elevado la columna mercurial. Es claro que, ahora, está muy alta, porque el mercurio se habrá dilatado mucho á consecuencia del calor. Ya teneis en vuestro termómetro dos marcas; una, que denota la posición de la columna mercurial cuando sumergís en hielo el termómetro;

la otra, que señala la posición del mercurio cuando sumergís en agua hirviente el termómetro. Más tarde aprenderéis que el calor del agua hirviente no es siempre constante; más, por ahora, debemos considerarla como si tuviera un calor fijo.

Marcados los dos puntos, ó rasguñados con una lima sobre el cristal del tubo, se entiende que el de abajo corresponde al punto de congelación del agua, y el de arriba al punto de ebullición del agua: entendido eso, la distancia entre esos dos puntos se dividirá en 100 espacios iguales, cosa que se hace revistiendo de cera todo el tubo, y rasguñando con una aguja la cera: pero ha de ser en los lugares adecuados. Si entónces bañamos el termómetro en una solución de ácido fluorhídrico, este, que no afecta á la cera, afectará al cristal, y dejará señaladas en el tubo las marcas que hicimos en la cera, y tendremos en el termómetro una escala de líneas, por la cual podemos contar 100 escalones ó grados desde el punto de congelación hasta el de ebullición del agua; cada escalon es un grado más caliente que el de abajo, y más frío que el de arriba. Con llamar «cero grado» (se cifra así:  $0^{\circ}$ ) al escalon más bajo, y «100 grados» ( $100^{\circ}$ ) al escalon más alto, y con numerar todos y cada uno de los escalones intermedios, ya está completo el termómetro. Un instrumento de esa especie se llama *termómetro centígrado*, lo que significa un termómetro con 100 escalones ó grados, y como esa es la graduación más conveniente, la usaremos siempre.

Si una sustancia fuera tan ardiente que, colocado en ella un termómetro, la columna mercurial se levantara á 10 ó 20 ó 30 grados, diríamos que la temperatura de esa sustancia era de 10 ó 20 ó 30 grados, y así sucesivamente. Por tanto, el hielo derretido tiene la temperatura de 0° en la escala del centígrado, y el agua hirviendo tiene la temperatura de 100° en la misma escala: 20° es un calor soportable de verano, y 35° es próximamente el calor de nuestra sangre, ó calor de la sangre. El termómetro es positivamente un medio excelente para medir con exactitud la temperatura.

52. *Expansion de los Sólidos.*—Por un método semejante al del experimento 36.°, si bien más escrupuloso, hemos indagado cuánto se dilatan unas barras de cristal ó de metal entre los puntos de congelacion y ebullicion del agua; es decir, entre 0° y 100° del termómetro, y hemos hallado los siguientes resultados:

Expansion de una barra de  
100 metros de largo, entre  
el punto de congelacion y  
el de ebullicion del agua.

Vidrio.....	85	milímetros.
Cobre.....	171	"
Bronce.....	183	"
Hierro dulce.....	120	"
Idem colado.....	109	"
Acero.....	114	"
Plomo.....	232	"
Estaño.....	196	"
Plata.....	192	"
Oro.....	111	"
Platino.....	87	"
Zinc.....	298	"

53. **Expansion de los líquidos.**—Los líquidos se dilatan más que los sólidos cuando aumentais su calor; pero como no es posible hacer de un líquido una barra, porque un líquido no puede formar una barra, busquemos una medida, por ejemplo, un litro, y averigüemos cuál sería la dilatación que al punto de ebullición tomarían 100.000 litros en estado de congelación. Hallaríamos que si el mercurio equivalente á 100.000 litros pasara desde 0° hasta 100°, ó desde el punto de congelación al de ebullición, habría una dilatación equivalente á 1.815 litros; y si 100.000 litros de agua recorrieran la misma escala, habría una dilatación de 4.315 litros. Con ese experimento se averigua que: Los líquidos se dilatan más que los sólidos con la misma elevación de temperatura, y que los líquidos se dilatan más pronto á una temperatura alta que á una baja.

54. **Expansion de los gases.**—Los gases se dilatan con el calor, y mucho; pero debemos tener presente que, además del calor, hay otras cosas que hacen dilatar los gases. Si recordais el experimento 25.º, os acordaréis de aquella pelota que empezó á hincharse cuando le sacamos el aire: por lo tanto, cuando queramos saber cuánto se dilata con el calor una cantidad dada de gas, debemos cuidar de que el aire que rodea al gas no cambie su presión. En otras palabras, debemos tomar una vejiga que contenga algún aire, y averiguar cuánto se dilata cuando la calientan al aire libre, esto es, bajo

la presión constante de la atmósfera, entre el punto de congelación y el de ebullición del agua.

Cuando se hace eso, se averigua, que si una vejiga no completamente llena de aire tiene un volumen igual á 1.000 centímetros cúbicos en el punto de congelación, su volumen será de 1.367 centímetros cúbicos en el punto de ebullición. Si, pues, debajo de una gran cantidad de agua helada ponemos esa vejiga, veremos que el agua se eleva en la vasija á un espacio correspondiente á los 1.000 centímetros cúbicos de aire que contiene la vejiga; y ese será el aumento de volumen debido á la vejiga. Pero si tomamos la misma vasija, con agua hirviendo en vez de helada, y sumergimos en ella la vejiga, veremos elevarse el agua á una altura equivalente á 1.367 centímetros cúbicos, y ese es el volumen de la vejiga á esa temperatura.

55. Observaciones acerca de la expansion.— Los líquidos y los sólidos se dilatan con inmensa fuerza. Si llenárais de agua una bala de hierro, la cerrárais bien con un tornillo, y la caldeárais, la fuerza de expansion bastaria para reventar la bala. En los puentes tubulares debe cuidarse de que el hierro tenga espacio en que dilatarse, pues á mediados del estío estará algo más largo que á mediados de invierno, y si no tiene espacio para alargarse, lo perjudicará la fuerza que tiende á dilatarlo. En los puentes tubulares de Inglaterra y Estados Unidos están previstos esos efectos de la fuerza de expansion. De ella se saca partido en muchos casos;

por ejemplo, en la construcción de ruedas de carruaje. Se pone en estado candente la precinta de hierro, se la aplica á la rueda, y como al enfriarse se contrae, afianza fuertísimamente la rueda y queda muy tensa.

56. Calor específico.—Para elevar un grado su temperatura, algunos cuerpos requieren más cantidad de calor que otros. La cantidad de calor requerida para elevar un grado el peso de un kilogramo de cualquier sustancia, se llama calor específico. El agua tiene un grandísimo calor específico; es decir, que para elevar un grado un kilogramo de agua se requiere más calor que para cualquiera otra sustancia. El calor requerido para elevar un grado un kilogramo de agua, elevaria 9 kilogramos de hierro, 11 de zinc, y no menos de 30 de mercurio ú oro el mismo 1 grado.

EXPERIMENTO 39.º.—Para convenceros del gran calor específico del agua, tomemos 2 kilogramos de mercurio y elevemos su temperatura á la del agua hirviendo, ó 100º, y mezclémoslo entónces con un kilogramo de agua á la temperatura ordinaria. Notad, ántes y despues de la mezcla, la altura de un termómetro colocado en el agua, y veréis que apenas ha ascendido más de 5º, á pesar de la alta temperatura del mercurio.

57. Cambio de Estado.—Ya habeis oido hablar de los tres estados de la materia; el sólido, el líquido, y el gaseoso. Ahora tengo que deciros que cuando las sustancias sufren la influencia del calor,

pasan primero del estado sólido al líquido, y de este al gaseoso. Ya sabéis que el hielo, el agua y el vapor tienen exactamente la misma composición, y que el hielo se convierte en agua, si lo calientan, y el agua se hace vapor si continuamos calentándola. Si las tratamos del mismo modo, exactamente el mismo cambio se sucederá en otras sustancias. Para verlo, tomemos un pedazo del metal llamado zinc, y calentémoslo; á poco se derretirá, y si continuamos calentándolo, al fin se disipará en forma de vapor de zinc: hasta el duro y sólido hierro, ó el acero, puede derretirse y disiparse en forma de vapor; y, por medio de un agente llamado electricidad (de que más adelante hablaremos), podemos probablemente calentar bastante cualquiera sustancia, para disiparla en forma de gas ó de vapor.

Pero no podemos enfriar todo cuerpo lo bastante para convertirlo en estado de sólido ó de líquido. Así, por ejemplo, el alcohol puro no se ha enfriado nunca hasta el punto de convertirse en sólido; pero se sabe que, para conseguirlo, todo lo que hay que hacer es obtener frío suficiente para helar alcohol. Asimismo, nunca hemos podido enfriar el aire atmosférico lo bastante para convertirlo en estado líquido; pero sabemos que lo necesario para hacerlo es obtener mayor frío. No por eso imagineis que frío significa algo más que ausencia de calor. Un cuerpo frío es el que tiene poco calor, y un cuerpo más frío todavía tiene menos calor; pero hasta el cuerpo más frío que podamos presentar

tiene siempre un poco de calor latente. En este punto no os guiéis por vuestro tacto. Según muestra el termómetro, dos cuerpos pueden ser de igual temperatura; y sin embargo, uno de ellos puede pareceros más frío que el otro; y si por algún tiempo poneis una mano en agua muy fría, y la otra en agua muy caliente, y entónces meteis las dos en agua á ordinaria temperatura, esa agua parecerá caliente á la una mano y fría á la otra. Pero no os guiéis por nada que no sea el termómetro, ni imaginéis que el frío es nada más que ausencia de calor.

Volvamos á nuestro objeto. Todos los cuerpos, si los enfriáramos bastante, esto es, si les quitáramos calor bastante, tomarian la forma de sólidos; y entónces, cuando se volviera á calentarlos bastante, se convertirian en líquidos, hasta que al fin, calentándolos siempre, se disiparian como vapores. Sin embargo, habria una gran diferencia entre ellos si eso aconteciera. El hielo se derrite si le aplicamos calor; el estaño ó el plomo requiere 200 ó 300 grados de calor para fundirse; el hierro se funde con más dificultad que el plomo; el platino necesita más calor que el hierro. Un cuerpo muy difícil de fundirse se llama refractario.

En la siguiente lista tenemos la temperatura á que algunas de las sustancias más útiles empiezan á fundirse.

El hielo se funde á.....	0°
El fósforo " .....	44°

Espermaceti se funde á.....	49°
Potasio " .....	58°
Sodio " .....	97°
Estaño " .....	235°
Plomo " .....	325°
Plata " .....	1.000°
Oro " .....	1.250°
Hierro " .....	1.500°

El platino es tan difícil de fundir que no podemos decir á qué temperatura entra en fusion. Y todavía es más difícil la fusion para el carbono, pues en el fuego más vivo se mantiene sólido: y nadie ha oido hablar jamás de carbonos derretidos que se escurrieran por las barras de l horno.

Así vemos que la misma especie de cambio se efectúa á merced del fuego en los cuerpos todos: es decir, si pudiéramos alcanzar una temperatura suficientemente baja, todos los cuerpos se harian sólidos como el hielo ; y si pudiéramos alcanzar una suficientemente alta, todos se harian gaseosos como el vapor : en realidad, el cambio que se opera es siempre del mismo género, y nada mejor podemos hacer que usar del agua como tipo (para este fin) de todas las otras cosas, y estudiar el proceder de esa sustancia bajo el fuego, á contar desde su estado sólido cuando aparece en forma de hielo.

**58. Calor latente del agua.**—Tomemos hielo, machacadlo en pedacitos, y poned dentro de él la ampolleta del termómetro. Supongamos que en su escala se señale una temperatura de 20 grados bajo el punto que llamamos 0°. Calentemos ahora el

hielo, y su temperatura se elevará como la de cualquiera otro sólido bajo circunstancias semejantes, hasta que llegue á  $0^{\circ}$ ; pero se detendrá en ese punto, y no se elevará más mientras quede hielo. Entónces ¿qué hace el calor, si no eleva más allá de ese punto la temperatura? Respondemos: derrite el hielo. Al principio, el calor se gasta por completo en elevar la temperatura del hielo; pero cuando esa temperatura ha llegado á  $0^{\circ}$ , el calor tiene muy distinto oficio que llenar: su poder se ha gastado completamente en derretir el hielo; y cuando el hielo se ha derretido, el agua tiene tan sólo una temperatura de  $0^{\circ}$ , y no es más caliente que el hielo derretido. En realidad, el agua á  $0^{\circ}$  es igual al hielo á  $0^{\circ}$  junto con una vasta cantidad de calor, que llamamos calor latente, porque no afecta al termómetro.

EXPERIMENTO 40.<sup>o</sup>—Eso podeis probarlo colocando hielo machacado en una caldera de estaño y calentándolo al calor de una lámpara hasta que sólo quede un poco de hielo. Si entónces sumergís un termómetro en el hielo fundido, veréis que la temperatura subirá apenas sobre  $0^{\circ}$ , ó que, en realidad, el hielo derretido será tan frio como ántes de derretirse.

59. Calor latente del vapor.—Ahora tenemos convertido en agua nuestro hielo, y si continuamos calentando esa agua, su temperatura se elevará del modo ordinario, como la de otros cuerpos, hasta que alcance al punto de ebullicion ó  $100^{\circ}$ . Su tem-

peratura dejará entónces de elevarse, y si continuamos calentando el agua, la convertiremos en vapor de  $100^{\circ}$ , y no más, de temperatura. El hecho es que, así como se necesitó gran cantidad de calor para convertir hielo á punto de congelacion en agua á punto de congelacion, así se necesita una gran cantidad de calor para convertir el agua á punto de ebullicion en vapor á punto de ebullicion: de modo que estamos autorizados para decir que vapor á  $100^{\circ}$  es igual á agua á  $100^{\circ}$  junto con una gran cantidad de calor que llamamos latente, porque no afecta al termómetro.

EXPERIMENTO 41.<sup>o</sup>—Eso podeis probarlo hirviendo agua en un frasco y poniendo, primero en ella y luego en el vapor, el termómetro. Se hallará que ámbos tienen la misma temperatura, ó en otros términos, que el vapor no es más caliente que el agua hirviendo.

Así veis que el hielo requiere calor latente para convertirse en agua, y que el agua requiere tambien calor latente para convertirse en vapor. Ahora podemos medir cuánto calor se necesitará para convertir un kilogramo de hielo á  $0^{\circ}$  en un kilogramo de agua á la misma temperatura; y hallamos que se necesita tanto calor para eso como se necesitaria para elevar un grado la temperatura de 79 kilogramos de agua; y eso es lo que queremos decir cuando decimos que el calor latente del agua es igual á 79. De igual modo se ha averiguado que el calor latente del vapor es 537; esto es, que costaria tanto

calor cambiar un kilógramo de agua á 100° en vapor de igual temperatura, como elevar un grado la temperatura de 537 kilógramos de agua.

Así como cuesta gran cantidad de calor el derretir hielo, así cuesta gran cantidad de tiempo. Y á la verdad, mejor es así: porque ¿qué sucedería si el hielo á punto de fusion se hubiera de convertir en agua, de pronto y á cualquier calor? Haria inhabitable una gran parte del globo, porque el hielo de las montañas se liquidaria de pronto en el primer buen dia de primavera, y con tal violencia correria el agua, que barreria cuanto encontrara, é inundaria vastas extensiones de tierras bajas. Asimismo, es mucho mejor para nosotros que se necesite gran cantidad de calor para convertir en vapor el agua en el punto de ebullicion; porque, suponiendo que el agua hirviendo se convirtiera de pronto en vapor, habria tales explosiones de teteras y calderas, que no se podria tomar té, y que serian imposibles las máquinas de vapor.

Ya se os ha dicho que el vapor es un gas como el aire, y habeis aprendido que no podeis ver el vapor verdadero. Cuando en una caldera hierve agua, habréis notado que no es posible ver nada en su superficie, y que sólo cerca de una pulgada más arriba se vé una nube: cuando una locomotora arroja vapor, tampoco veis nada cerca de la boca de la chimenea, sino que un poco más arriba se ve una nube. Pues bien, esa cosa invisible que sale es verdadero vapor, y la nube visible no son más que

gotitas de agua, formadas por el vapor á medida que se enfria: por tanto, eso no es vapor, sino agua: como el aire ó cualquier otro gas, el verdadero vapor es invisible.

**60. Ebullicion y Evaporacion.**—Os he hablado algo del vapor producido por el agua que hierve. Pero no entiendo decir que el agua no produce vapor alguno ántes de hervir, porque eso sería contrario á la realidad: la mayor parte de vosotros debe haber notado que un caldero de agua, puesto al fuego, produce vapor mucho ántes de empezar á hervir. Indudablemente, tambien, debeis haber notado que cualquiera cosa húmeda, ó llena de agua, se seca al fuego; es decir, que su agua se disipa en forma de vapor. Pues cuando el vapor se produce de agua que no hierve, lo llamamos *evaporacion*; y si de agua hirviendo, *ebullicion*. La diferencia está sencillamente en esto: cuando calentais agua al fuego, el calor tiene primero que hacer dos cosas; la primera, calentar el agua; la segunda, evaporar parte del agua. Pero cuando la temperatura del agua se ha elevado á  $100^{\circ}$  ó al punto de ebullicion, no puede calentarse más el agua, y como toda la fuerza del fuego se gasta en convertir el agua en vapor, ese vapor se escapa no sólo de la superficie del agua, sino de su mismo fondo; por eso es que oimos un ruido, que llamamos ebullicion, cuando las burbujas del vapor se elevan por el agua y se escapan al aire.

**61. El punto de Ebullicion depende de la Pre-**

sion. — Tengo que deciros que la temperatura ó calor á que hierve el agua no es un punto perfectamente fijo como el del hielo derretido, sino que depende de la presion del aire. Si se minorara la presion del aire, el agua herviria á ménos de  $100^{\circ}$ . Segun recordareis, se os dijo que la presion del aire es menor en la cumbre de una montaña escarpada que en sus faldas, porque en la cumbre teneis ménos profundidad, y por tanto, ménos peso ó presion de aire sobre vosotros. Pues bien: en la cumbre del Monte Blanco, en Suiza, que tiene 5.000 metros de alto, el agua hervirá á  $85^{\circ}$ ; y si un viajero tratara de cocer un huevo sobre la cumbre del Monte Blanco, horas enteras pasaria en el agua hirviendo el huevo sin endurecerse, porque  $85^{\circ}$  no son bastantes para endurecer la clara de un huevo. Por otra parte, si hubiéramos de hervir agua en el fondo de una mina muy profunda, el punto de ebullicion estaria considerablemente por encima de  $100^{\circ}$ .

EXPERIMENTO 42.<sup>o</sup>—Por los siguientes experimentos sencillísimos vereis que la temperatura del punto de ebullicion depende de la presion del gas ó aire sobre la superficie del agua. Tomemos un frasco de cristal y llenemos de agua la mitad; entónces, hagamos por algun tiempo hervir el agua, hasta que el vapor haya expelido todo el aire de la parte superior del frasco, de modo que sólo quede en él agua y vapor de agua. Tapadlo bien ahora, y retirándolo de la lámpara, invertidlo, como se representa en la fig. 26. Cuando haya dejado de hervir, tomad

una esponja y derramad sobre la superficie inferior del frasco algunas gotas de agua fria : vereis cómo vuelve á hervir el agua que contiene el frasco. La

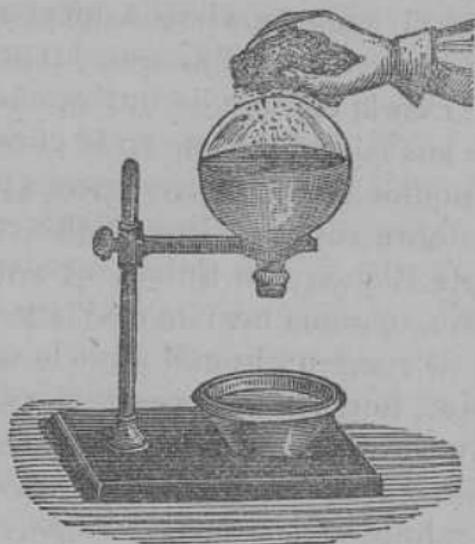


Fig. 26.

razon de eso, es sencilla : ántes de derramar agua fria, habia una presion considerable de vapor sobre el agua del frasco, y esa presion le impedia hervir; pero el agua fria produjo el efecto de condensar el vapor, y, por tanto, de minorar su presion, y como el agua hierve mejor á baja que á alta presion, inmediatamente empezó á hervir el agua del frasco.— Antes de dejar esta parte de nuestro asunto, tengo que deciros que algunos cuerpos se dilatan mientras otros se contraen en el acto de fundirse; es decir, al pasar del estado sólido al líquido.

EXPERIMENTO 43.<sup>o</sup> — Aquí hay hielo que, como vereis, es más liviano que el agua, pues flota sobre ella. Al pasar del estado de hielo al de agua hay, sin embargo, una gran contracción de sustancia. El hierro fundido se contrae, como el hielo, cuando se derrite, ó lo que es lo mismo, se dilata como el agua cuando se hiela ó se hace sólida; y en consecuencia, si se echa hierro líquido en un molde, cuando se solidifique se dilatará hasta el punto de llenar todas las hendiduras del molde; así es que puede vaciarse en un molde. Por el contrario, el oro, la plata y el cobre se dilatan cuando se funden, y se contraen cuando se solidifican; por tanto, no se escurrirán, como el hierro, por las hendiduras de un molde, y por eso es que las monedas hechas de esos metales no pueden amoldarse y hay que estamparlas. Sin embargo, todas las sustancias se dilatan mucho cuando se convierten en gas, y un centímetro cúbico de agua hirviendo se convertirá en vapor que ocupa cerca de 1.700 centímetros cúbicos.

62. Otros Efectos del Calor.—Ya habeis visto que el calor dilata ó agranda los cuerpos, y que tambien es causa de que cambien de estado, pasando del de sólidos al de líquidos, y de este al de gaseosos, á medida que el calor continúa operando. Habeis visto cuán poderoso agente es el calor; cómo con él se convierte en una masa tan blanda como miel la barra de hierro más fuerte y más dura; y cómo, si todavía la calientan más, se convierte en

gas. El calor afecta de otros muchos modos á los cuerpos, y especialmente promueve en ellos la operación de la atracción química. A temperatura baja, el carbon no se combina con el oxígeno del aire, y podemos por mucho tiempo mantener en subterráneos el carbon. Mas en cuanto se le aplica fuego, se opera la combinación; y como ésta, á su vez, produce calor, el procedimiento de la combinación continúa, y se dice que el carbon arde. De igual modo, en el experimento (Nociones de Química, párrafo 6) en que se combinan el azufre y el cobre, se aplica fuego con el objeto principal de promover una combinación; pero promovida ésta, se produce calor, y el procedimiento continúa por sí mismo, sin requerir ningun calor extraño.

**63. Mezclas Frigoríficas.**—En las Nociones de Química, párrafo 7, se os ha dicho que la union química produce calor; y eso es siempre cierto. No obstante á veces dos sustancias que tienden á formar una disolucion se mezclan produciendo frio y no calor. Así, la sal comun y la nieve tienden á formar una solucion, y al hacerlo producen considerable frio, ó para hablar más correctamente, absorben una considerable cantidad de calor.

**EXPERIMENTO 44.<sup>o</sup>**—Para probar eso, mezclemos rápidamente nieve ó más bien hielo fundente con sal comun, y pongamos dentro de la mezcla el termómetro. Pronto bajará más allá de  $0^{\circ}$  el mercurio del termómetro; demostrando así que la mezcla es más fria que el hielo fundente. Y ¿por qué? porque

después de combinarse las sustancias tenemos un líquido y no un sólido; en el caso actual es la sustancia líquida que se llama salmuera. Ahora bien: se os ha dicho que el calor se absorbe ó se hace latente cuando los cuerpos pasan del estado sólido al líquido; por ejemplo, cuando el hielo se hace agua. Por tanto, siendo la salmuera un líquido, absorbe parte del calor de la nieve y la sal, y la consecuencia es que tenemos un líquido muy frío como resultado de la unión de dos cuerpos sólidos. Así, cuando dos cuerpos sólidos se disuelven uno á otro, tenemos frecuentemente un descenso de temperatura á consecuencia del calor absorbido por el líquido. De esos cuerpos se dice que forman mezclas ó combinaciones refrigerantes. De igual modo, si tenemos un líquido que se evapora muy pronto, nos parece que es intensamente frío, porque para hacerse vapor ó gas requiere gran cantidad de calor y lo toma donde puede; así, si os echais un poco de éter en la mano, os parece muy frío, y á poco se disipa en forma de gas: en realidad, ha arrebatado gran cantidad de calor á vuestra mano, con objeto de evaporarse. Haciendo evaporar muy rápidamente ciertos líquidos, pueden producirse temperaturas bajas y fríos intensos.

EXPERIMENTO 45.<sup>o</sup> — Para probar eso, virtamos un poco de agua en una vasija, coloquémosla junto con otra que contenga ácido sulfúrico fuerte bajo la campana de la máquina neumática, y extraigamos el aire. A medida que disminuye la presión

del aire, se evaporará muy rápidamente el agua, y, para hacerlo, se quitará tanto calor de su propia sustancia, que se convertirá en hielo.

64. *Distribucion del Calor.*—Procedamos ahora á otra parte de nuestro asunto, y consideremos la tendencia que tiene el calor á distribuirse.—Un cuerpo caliente no se mantendrá siempre caliente, sino que compartirá su calor con los cuerpos más frios que lo rodeen; y siempre insistirá en hacerlo; pero, segun las circunstancias, lo hará de diverso modo.

EXPERIMENTO 46.—Por ejemplo, pongamos en el fuego una barra de hierro, y veremos que cierto calor va á la parte que está al fuego, de donde pasa hasta la extremidad que más léjos del fuego está; y pronto se pondrá tan caliente la barra que no se la pueda tocar con la mano. Este paso del calor á lo largo de la barra se llama *conduccion del calor*.

EXPERIMENTO 47.—Tomemos un frasco, llenemos de agua sus dos tercios, y calentémoslo por debajo: como las partículas inferiores del agua son las primeras que se calientan, se dilatan, y en consecuencia se aligeran y suben al cuello del frasco (por la misma razon que un corcho sube en el agua) y son reemplazadas por partículas más frias, y por tanto, más pesadas. Así es que vienen sometiéndose continuamente al calor de la lámpara nuevas series de partículas, hasta que, con el tiempo, toda el agua se calienta y comienza á hervir. Este procedimiento del calor se llama *conveccion del calor*.

Ninguno de esos procedimientos se refiere, sin embargo, al calor que nos viene del sol. Ya sea por conduccion, ya por conveccion, el calor se acarrea por medio de las partículas de materia sólida ó líquida; pero tenemos motivos para pensar que, entre nosotros y el sol, no hay tales partículas, al paso que sabemos que la luz y el calor del sol emplean ménos de ocho minutos en llegarnos de la distancia de 150 millones de kilómetros que nos separa del sol. Es, pues, evidente que el calor que de él nos llega, se mueve con inmensa velocidad y no nos llega en virtud de la combustion de las partículas que median entre el sol y nosotros. En realidad, cuando el aire, en un dia muy frio, está helado, los rayos del sol pueden ser muy poderosos. El procedimiento por cuyo medio nos llega el calor del sol ó de cualquiera otro cuerpo caliente, se llama radiacion del calor.—Tenemos, pues, tres modos muy diferentes de comunicarse el calor de un cuerpo caliente á uno frio: á saber, conduccion, conveccion y radiacion. Considerémoslos por órden.

65. Conduccion del calor.—Al hablaros de la barra puesta por un extremo al fuego, se os ha dicho que al fin concluía el otro extremo por calentarse mucho. Mas si, en vez de una barra de metal, se pusiera al fuego un cristal ó una losa de piedra, la extremidad que estuviera al aire no se calentaria mucho, porque el cristal y la piedra no son tan buenos conductores del calor como el metal. Todavía son peores conductores la lana y las plumas;

y hé ahí por qué la naturaleza ha proveído con esas sustancias al vestido de los animales; porque el calor de un animal es generalmente mayor que el de las sustancias que lo envuelven, y ese calor no pasa pronto por la lana, cuero ó piel de que está cubierto el animal. Así sucede en el caso de las calderas de ingenios: cuando deseamos mantener el fuego en ellas, las cubrimos con sustancias no conductoras. Puede usarse un mal conductor, no sólo para mantener al calor, sino para alejarlo; la franela, por ejemplo, puede usarse para arropar nuestro cuerpo, con objeto de mantenerlo caliente, ó puede usarse para cubrir un pedazo de hielo de que deseemos alejar el calor. El hecho es que el calor no puede pasar pronto por la franela, ya sea que salga de dentro para fuera, ó de fuera para adentro.

EXPERIMENTO 48.<sup>o</sup>—Es muy fácil mostraros que

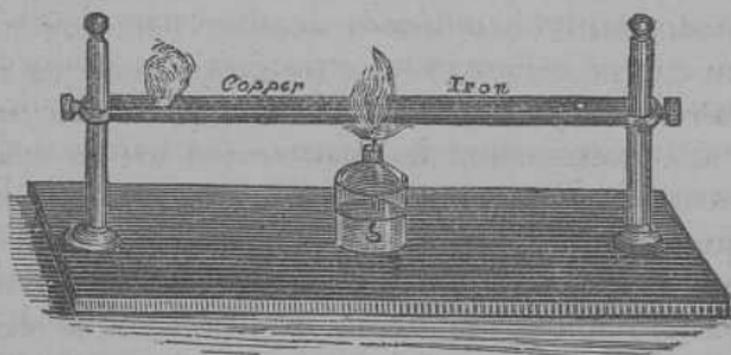


FIG. 27.

diferentes sustancias tienen diferente poder conductor para el calor. En la lámina 27 teneis dos

barras, una de cobre y otra de hierro, á cuyas extremidades, unidas en el centro, se aplica el calor de una lámpara. Despues que esta ha ardido por algun tiempo, tómense dos pedacitos de fósforo, y colóquese uno á la extremidad de la barra de hierro, y otro á la de cobre, y léjos de la llama una y otra. La colocada sobre el cobre se inflamará en seguida, y la colocada sobre el hierro no se inflamará. Eso nos prueba que el calor de la lámpara es conducido más intensamente por el cobre que por el hierro, ó en otros términos, que el cobre es mejor conductor del calor que el hierro.—La conduccion del calor explica la accion de la lámpara de seguridad que Sir Humphry Davy inventó para uso de los mineros. En las Nociones de Química, párrafo 41, se describió esa lámpara.

66. *Conveccion del calor.*—Si tomamos un jarro lleno de agua y en su superficie colocamos una aceitera llena de aceite hirviendo, veremos cuán despacio desciende el calor de arriba abajo: en realidad, casi será imperceptible el alza de temperatura. Pero si en vez de calentar por arriba calentamos por debajo el jarro de agua (fig. 28); veremos cuán poco tarda el agua en calentarse y en hervir. El hecho, como ya hemos visto, es que las partículas calentadas se aligeran, y al subir son reemplazadas por otras más frias y pesadas; de modo que, como indican las flechas de la lámina, el agua que se calienta sube por en medio, y el agua fria baja por los lados á calentarse. La naturaleza nos

da muchos ejemplos buenos de conveccion: por ejemplo, en un lago enfriado en su superficie por

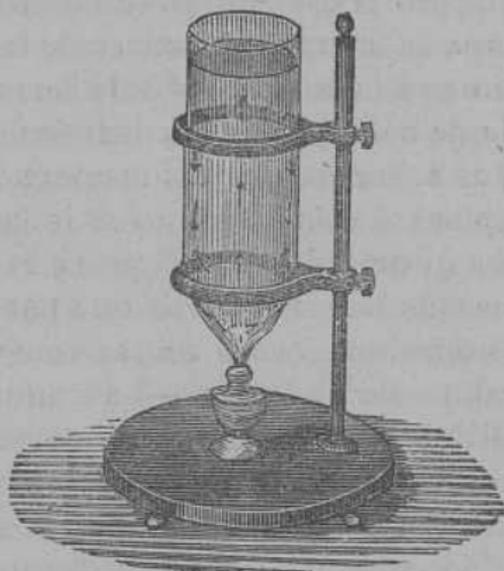


FIG. 28.

la acción de un frío intenso. Las partículas superficiales se enfrían primero, y haciéndose más pesadas, se sumergen y son reemplazadas por otras más calientes y más ligeras que suben de debajo; y así es como en breve tiempo se enfría toda una capa de agua hasta llegar á 4° sobre cero; después de lo cual, y al revés de la práctica usual de las cosas, el agua se dilata en vez de contraerse, y cuando se forma el hielo, flota sobre la capa superior de agua, por ser mucho más ligero el hielo que el agua. Si el hielo hubiera sido más pesado que el agua, se hubiera ido al fondo al formarse, la capa subsi-

guiente de agua hubiera quedado expuesta al frío de la atmósfera, y el lago se habría helado de arriba abajo. Pero el frío no puede penetrar en la segunda capa de agua sino á través de la primera, y como este procedimiento es muy lento, no hay peligro de que un lago se hiele todo entero. También en el aire tenemos fuertes corrientes de conveccion debidas al calor, pues á eso se debe que el aire caliente de un hogar suba por la chimenea y sea reemplazado por el aire frío de la habitacion; y el mismo hecho en grande escala tenemos en el gran sistema de los vientos, pues en aquella parte de la tierra llamada Ecuador, donde el sol es más poderoso, el aire caliente sube del mismo modo que el de un hogar sube por la chimenea. Ese aire es entónces reemplazado por corrientes que golpean ó baten por toda la superficie de la tierra, desde los polos ó porciones más frías de la tierra. Así, en el Ecuador tenemos un sistema de corrientes superiores que llevan calor hácia los polos por las regiones superiores del aire, y tenemos también corrientes inferiores que vuelven á traer desde los polos el aire ya enfriado. Estas corrientes superficiales que baten desde los polos al Ecuador, se llaman vientos alísios.

67. Calor y luz radiantes.—El tercer método por el cual reparte su calor un cuerpo caliente, es la radiacion; y en virtud de ese procedimiento es como el calor del sol alcanza á nuestra tierra. Pero para tener un ejemplo de ese procedimiento, no

necesitamos alejarnos de nuestro hogar. Si nos paramos delante de él, se nos calientan la cara y los ojos. Hasta un caldero lleno de agua hirviendo lanza calor radiante, aunque sus rayos no llegan á la vista ni la impresionan con el sentido de la luz, como los del fuego ó los del sol. Así, cuando calentais un cuerpo como una bola de yeso, sucede algo semejante á lo siguiente: el cuerpo empieza de pronto á elevar su temperatura, y en consecuencia, á despedir rayos de calor, pero como son negros no afectan la vista. A medida que continúa el procedimiento, algunos de los rayos expelidos afectan la vista, y el cuerpo sujeto al procedimiento se enrojece; despues adquiere un color amarillo, luego blanco, y por último se ilumina con una intensa luz semejante á la del sol. Dedicuémonos ahora por corto tiempo al estudio de esos rayos brillantes que lanza un cuerpo caliente.

68. Velocidad de la luz.—Romer, astrónomo danés, fué el primero que descubrió la velocidad con que la luz atraviesa el espacio. Para saber lo que eso significa, recordemos lo que acontece cuando se dispara á lo léjos un cañon. Vemos una llamarada, y pocos segundos despues oimos una detonacion. Es evidente que el sonido no llega al oido en el momento mismo de dispararse el cañon, y que el sonido va detras de la luz. Pero ¿nos llega la luz al momento del disparo? ¿No parten luz y sonido al mismo tiempo del cañonazo, empleando ámbos algun tiempo en llegar hasta nosotros, ga-

nando la luz en la regata y llegando primero? Sólo por medio de observacion y experimentos puede resolverse el punto, y así fué cómo Romer lo resolvió. Hay un gran planeta, llamado Júpiter, que á veces está muy léjos de nosotros, y á veces comparativamente cerca; ese planeta tiene varios satélites, ó secuaces pequeños, uno de los cuales pasa á intervalos regulares por el disco ó superficie de Júpiter, de modo que, usando un telescopio poderoso, vemos el pequeño satélite como si fuera un cuerpo negro que cruzara el ancho disco del planeta. Pues Römer descubrió que, cuando Júpiter estaba muy léjos de nosotros, parecia que el satélite tardaba más de lo necesario en cruzar, y de eso infirió que desde la tierra no se ve el paso del satélite por el disco de Júpiter en el momento en que se efectúa, sino despues, porque la luz emplea algun tiempo en llegar desde Júpiter hasta nuestra vista, exactamente lo mismo que la detonacion de un cañon emplea algun tiempo en llegarnos al oido.

Así veis que la luz, como el sonido, emplea tiempo en andar; si bien la luz anda mucho más á prisa que el sonido, pues recorre 300.000 kilómetros por segundo, miéntras que el sonido no pasa de 340 metros por segundo. La luz no tarda más que ocho minutos en venir desde el sol hasta nosotros, á pesar de que la distancia es de 150 millones de kilómetros. Por tanto, si el sol se apagara no lo descubriríamos hasta ocho minutos despues. No

por eso supongais que la luz consiste en partículas pequeñas expedidas por cuerpos calientes, ni que son esas partículas las que recorren el espacio á razon de 300.000 kilómetros por segundo. Si tal fuera, un rayo de luz nos despedazaría. Puede decirse que un rayo de luz entra por el ojo, al modo que el sonido entra por el oido. Ya hemos explicado que cuando oimos una detonacion, no quiere decir que vienen partículas de aire desde el cañon ó el fusil á nuestro oido. Y asimismo, cuando vemos un rayo de luz, no quiere decir que se hayan expedido, desde un cuerpo brillante hácia nuestro ojo, partículas pequeñas. Lo que en ambos casos sucede es que, entre el cuerpo sonoro ó el brillante y nosotros, pasa un impulso ú oleaje, y que ese impulso, oleaje ó golpe va de partícula en partícula, al modo que ya hemos explicado en el experimento de las bolas de marfil (pár. 44).

**69. Reflexion de la luz.**—Cuando la luz choca con una superficie pulimentada de metal, es reflejada por ella. Si encendeis una vela delante de un espejo, vereis en él la imágen de la vela, lo que quiere decir que los rayos de luz de la vela chocan con la superficie del espejo y son reflejados desde ella á vuestros ojos, lo mismo que si salieran del espejo y no de la vela.

**EXPERIMENTO 49.º**—Para entender cómo actúa la reflexion, tomemos una superficie de metal horizontal y pulimentada; es decir, echemos mercurio en una vasija chata y de fondo llano. Colocad ahora

sobre el mercurio un tubo inclinado que tenga una abertura, como en la fig. 29, é introducid una luz de vela por la extremidad derecha del tubo: si aplicamos el ojo á la otra extremidad, veremos la luz de la vela como si saliera reflejada de la superficie

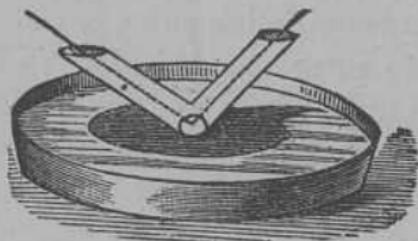


FIG. 29.

del mercurio. En este experimento, por lo tanto, la luz de la vela baja por uno de los tubos, choca con la superficie del mercurio, y por el otro tubo sube entónces hasta el ojo. Mas para que la luz haga eso, dos cosas son necesarias: primera, que los dos tubos tengan la misma inclinacion; segunda, que el un tubo esté exactamente opuesto al otro, de modo que si cayeran de pronto, quedaran en la misma línea. Cuando quiera, pues, que un rayo de luz choque con una superficie pulimentada, el rayo reflejado se levanta de la superficie con la misma inclinacion con que cae hácia él el rayo que choca con la superficie, y ámbos rayos, si pudiérais imaginarlos ajustándose á la superficie, formarían una sola línea.

Sin saber geometría no podeis entender completamente las leyes de la reflexion; pero la siguiente

figura puede habilitaros para entenderlas hasta cierto punto. En la lámina, se supone que  $A$  es un punto brillante que despide luz, y  $MM$  es un espejo.

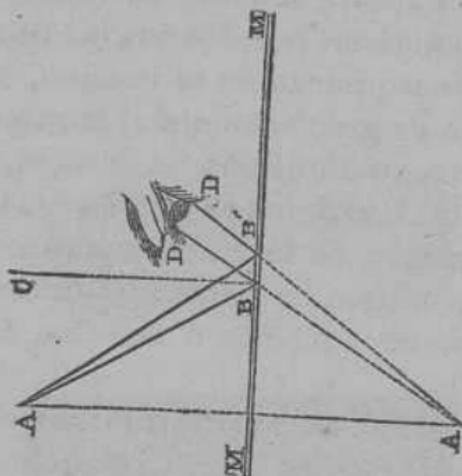


FIG. 30.

Sean  $AB$  y  $AB'$  dos rayos de la luz de  $A$  que chocan con el espejo en  $B$  y en  $B'$ . Esos rayos se elevarán al ojo del observador en la dirección de  $BD$  y de  $B'D'$ , pues la inclinación descendente del rayo  $AB$  es igual a la ascendente de  $BD$ . Si ahora imagináis la dirección de los dos rayos  $BD$ ,  $B'D'$  prolongándose por detrás del espejo, se encontrarán en  $A'$ , punto tan por debajo del espejo como el brillante punto  $A$  está por encima. Para el ojo, por tanto, los rayos procederán, al parecer, de  $A'$ , pues la aparente posición de la imagen reflejada  $A'$  está tan por detrás del espejo como el brillante punto  $A$  está delante. Así, pues, siempre que os parais frente

á un espejo, veis vuestra imágen tan por detrás de él cuanta es la distancia á que estais delante de él. Si os acercais al espejo, la imágen reflejada se acerca tambien; si os alejais, se aleja, y así sucesivamente. No obstante, notareis esta diferencia: que vuestra derecha es la izquierda de la imágen, y vuestro lado derecho es precisamente el izquierdo de la imágen; pero en lo demás, la imágen es vuestra copia perfecta. La lámina 31 os presenta en la parte inferior la imágen de la parte superior; y notais cómo, en la imágen, las letras van de derecha á izquierda, y no de izquierda á derecha. Cuando la

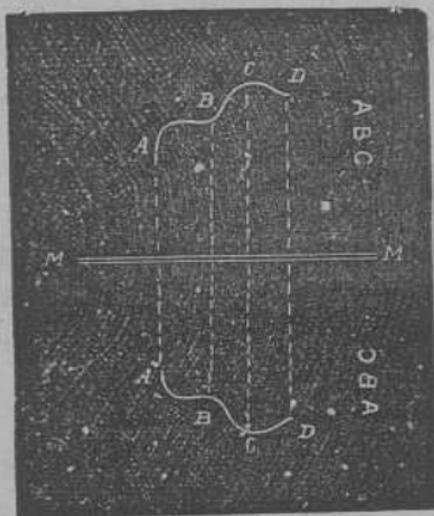


FIG. 31.

brillante superficie reflectora no es plana, se producen á veces unas imágenes extrañas. Tomad, por ejemplo, la superficie brillante del mercurio conte-

nido en la ampolleta del termómetro, y mirad. Vereis una torcida y pequenísimas imágenes vuestras y de todo el aposento; pero las partes lejanas de este se presentarán excesivamente diminutas. Tomad también un par de espejos cóncavos, como los de la fig. 22, solo que, en vez de poner un reloj en el foco de uno de los espejos, y el oído en el otro, debéis poner en el uno una bala candente, y en el otro foco la mano: inmediatamente la sentireis caliente. Si tuviérais dos reflectores grandes de esa especie y en el foco de uno de ellos pusierais un fuego, de seguro que en el foco del otro podríais cocer un beef steak, aunque los dos reflectores distaran 50 pies entre sí. La razón de esto es que los rayos del calor procedente del foco en que está el fuego, chocan con el espejo que tienen cerca, y de él son reflejados en líneas que los llevan al otro reflector, en donde se reflejan de nuevo, y de tal modo, que todos los rayos de calor caen en el foco del segundo reflector. Así tenemos, digámoslo así, el fuego ardiendo en un foco, y una imagen del fuego en el otro, siendo la imagen suficientemente caliente para cocer la carne.

70. Desviación ó Refracción de la Luz. EXPERIMENTO 50.<sup>o</sup>.—Poned un cuerpo pequeño y pesado en el fondo de un jarro de peltre ó loza, y aplicad el ojo de modo que el lado del jarro os oculte el cuerpo; haced que alguien llene entónces de agua el jarro, y el pequeño cuerpo se hará visible. ¿Por qué es eso? Porque el rayo de luz del pequeño

objeto que hay en el fondo del agua, se desvía de la línea recta, y podeis verlo; y si el objeto fuera un pececillo, él podría veros tambien. Parece, pues, que si un rayo oblicuo de luz choca con una superficie de agua, se desvía de modo que es ménos oblicuo despues de entrar en el agua; ó de otro modo, que si un rayo de luz sale del agua, se desvía de modo que es más oblicuo al penetrar en el aire. Lo mismo sucedería si el rayo de luz penetrara en una superficie trasparente de cristal, en vez de una de agua: un rayo oblicuo sería ménos oblicuo despues de penetrar en el cristal. Si tuvié-

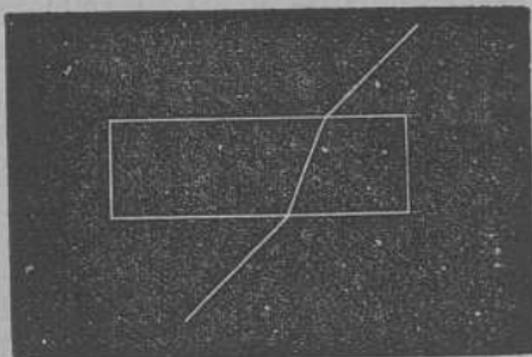


FIG. 32.

rais un pedazo grueso de cristal plano, el rayo de luz tomaría la dirección que representa la fig. 32, en donde vemos que su paso ántes de entrar en el cristal, y su paso despues de haber salido, tienen la misma dirección (aunque no en la misma línea,) mientras que el paso por el cristal tiene una dirección completamente distinta. Pero suponed que el

pedazo de cristal no es plano, sino que tiene la forma de una cuña: en suma, que cuando está acos-

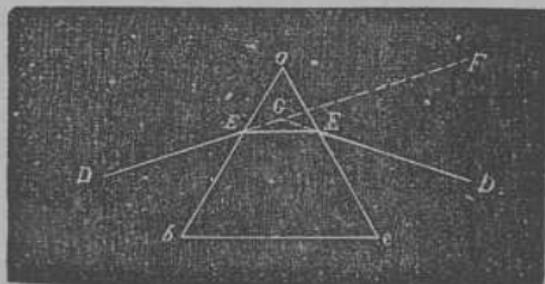


FIG. 33.

tado sobre una hoja de papel se ve como en la figura 33 y que, de pié sobre la hoja, se ve como en la fig. 34. Un pedazo de cristal parecido á ese, se llama un prisma. Veamos ahora de qué modo se refractaría ó desviaría un rayo de luz al pasar por un prisma. Eso se ve en la fig. 33, en la cual veis que el rayo se refracta hácia la parte ancha del prisma; en definitiva, la dirección del rayo se ha cambiado por completo. Así veis que siempre que un rayo de luz pasa por un cristal en forma de cuña, se desvía ó refracta hácia la parte ancha de la cuña.



FIG. 34.

71. Lentes; Imágenes que producen.—Varie-  
mos ahora la forma del pedazo de cristal, del si-  
guiente modo. Sea circular, como un bollo, el  
pedazo de cristal, pero más ancho hácia el medio

y más delgado hácia los extremos, de modo que parezca un círculo visto por una dirección, y que se parezca á la siguiente fig. 35, si se mira de lado. Semejante pedazo de cristal se llama una lente. Veamos ahora lo que acontecería si sobre una lente cayera un haz de rayos de luz. La lente actuaría como una cuña circular; en verdad, no es otra cosa que una cuña circular; y siendo más ancha por en medio, los rayos de luz se refractarían hácia el medio en todo el rededor de la lente, y todos ellos coincidirían en un mismo punto, poco más ó ménos, segun se verá en la siguiente lámina



FIG. 35.

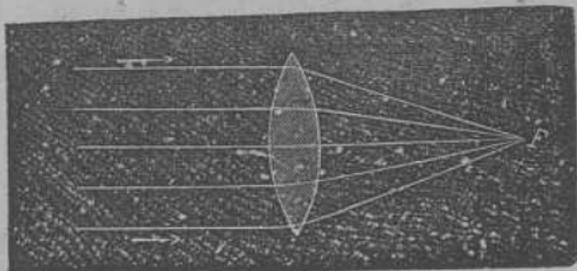


FIG. 36.

Suponed ahora que cuando alumbra el sol, poneis una lente de modo que los rayos del sol choquen de lleno sobre su superficie: esos rayos irán á parar á un mismo punto, poco más ó ménos, al otro lado de la lente; y si en ese punto colocais un pliego de papel, vereis una brillante imágen pequeña del sol, que quemará con su intenso calor la hoja de papel: en realidad, la lente obraría en ese caso como un vidrio ustorio.

EXPERIMENTO 51.º.—Una lente dará la imagen de cualquiera cosa como da la del sol: por ejemplo, empleando el siguiente procedimiento, se obtiene que los rayos de luz de una vela caigan sobre una lente en cuyo reverso, y en un pedazo de papel aceitado, se reproduzca una imagen de la vela, pero una imagen invertida. De hecho, si colocais cualquiera cosa brillante en frente de una lente y á distancia, detras de la lente veréis una imagen de esa cosa. Si os poneis en frente de la lente, detras de ella aparecerá vuestra imagen reducida. Ahora bien: eso es precisamente lo que el fotógrafo hace.

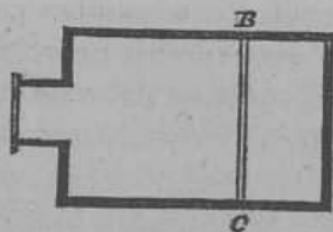


Fig. 37.

Tiene una caja oscura con una lente en un extremo, segun veis en la precedente lámina. Apunta la caja hácia un paisaje ó una persona, y en la caja oscura se reproduce una imagen reducida del paisaje ó de la persona, imagen que el fotógrafo deja dibujarse primero en un vidrio despulido, de modo que pueda verla y saber si es exacta. Entónces retira la lámina de vidrio despulido, y pone en su lugar una plancha de vidrio cubierta de cierta sustancia que la luz descomponga. Desde ese momento,

la imágen interior cae sobre esa sustancia química sensible, y las partes brillantes de la imágen operan sobre la sustancia y cambian la naturaleza de la superficie, aunque ninguna influencia ejercen sobre ella las partes oscuras de la imágen. De ese modo, la imágen estampa su propia impresion sobre la sustancia; pero en esa impresion, las partes brillantes de la imágen aparecen oscuras y las oscuras aparecen brillantes, y por eso se llama *negativa*. De esa negativa se sacan despues las *positivas* ó verdaderas fotografías.

72. *Vidrios de aumento*.—Una lente puede emplearse para ampliar ó agrandar cualquiera cosa muy pequeña, formando así un vidrio de aumento que á muchos de vosotros debe ser familiar. En ese caso, debeis poner el cristal muy cerca de la cosa que deseais ampliar. No podríais, por cierto, con un cristal de esa especie ampliar un objeto distante, tal como un planeta ó la luna; pero sí ampliaríais cosas próximas á vosotros. Si deseais ampliar un planeta ó la luna, teneis que usar dos cristales, uno grande, por cuyo medio obteneis una imágen del planeta ó de la luna,—exactamente lo mismo que por medio de un cristal ustorio obteneis una imágen del sol,—y el otro un vidrio de aumento, por cuyo medio examináis y agrandáis la imágen que el otro cristal os ha dado.

Así, si deseais ampliar un objeto próximo, usáis un ampliador; pero si desais ampliar uno distante, ante todo debeis obtener, por medio de una lente,

una imágen del objeto distante, y operando entón-ces sobre la imágen como lo haríais con el objeto mismo, podeis examinarla y ampliarla por medio de un vidrio de aumento. Esta combinacion de dos cristales, uno de los cuales os da la imágen del objeto distante, al paso que el otro la amplía, se llama un telescopio; en la práctica, los cristales están encerrados en tubos, para estrechar y enderezar la luz.

73. *Diferentes Géneros de Luz se refractan diferentemente.*—Ya os he demostrado cómo se refracta un rayo de luz al pasar por un prisma. Ahora tengo que deciros que esa refraccion no es la misma para cada género de luz. En la fig. 38 vemos cómo un rayo de luz roja se refracta al pasar por un prisma. Si en vez de rojo, el rayo hubiera sido naranjado, se hubiera apartado más de su inclinacion original; si amarillo, más aun; si verde, todavía más que el amarillo; si azul claro, más todavía que el verde; si azul oscuro, aun más que el azul claro, y si violeta más que el azul oscuro. Ahora bien, si el rayo de luz fuera un rayo compuesto que contuviera combinados todos esos siete colores (rojo, naranjado, amarillo, verde, azul claro, azul oscuro, violeta) cada uno de ellos se refractaría de distinto modo á medida que saliera del prisma y se separaría, por tanto, de los otros, y en consecuencia la vista vería separados esos colores, á pesar de que estaban combinados al penetrar en el prisma. Así, pues, un prisma descompone

un rayo de luz compuesto en sus colores elementales, separándolos unos de otros.

Tal vez os sorprendais cuando os diga que la luz blanca, tal como la del sol, está realmente compuesta de una mezcla de los varios colores que arriba he enumerado; rojo, naranjado, amarillo, etc.; pero bastará una corta reflexion para convenceros de que esa es la verdad. Todos estamos familiarizados con el magnífico efecto de colores que se ve en las gotas de rocío, en los cristales y en las joyas, cuando se hace caer rayos de luz sobre ellas. Entónces resplandecen con todos los colores del arco íris, y esta exacta alusion nos convida á preguntar si los matices del arco íris no se deben á la misma causa que los colores de las joyas. ¿No implica su nombre (1) la presencia, en el firmamento, de una multitud de gotitas de agua semejantes á las que sobre el césped brillan por la mañana á manera de innumerables diamantes? ¿no se deben á la misma causa todos esos efectos de color? Si se deben ¿qué causa es esa? El descubrimiento de ella fué obra de Isaac Newton; que fué el primero en mostrar que la luz blanca está realmente compuesta de gran cantidad de rayos lumínicos diferentemente coloreados y combinados, y que esos rayos, en su paso por ciertas sustancias, se separan unos de otros. Como ya hemos visto, el prisma nos da el

---

(1) El nombre del arco iris es, en inglés, *rainbow*, que quiere decir *arco de lluvia*. Por eso dice el autor que el nombre del arco iris ó acro de lluvia implica la presencia de gotas de agua.—(NOTA DEL T.)

medio efectivo de separar unos de otros los elementos diversamente coloreados de un rayo de luz compuesto.

Suponed, por ejemplo, que tenemos una hendidura vertical ó de arriba abajo en el postigo de una cámara oscura, á través de cuya hendidura se deja pasar de lleno la luz del sol: en la fig. 38 te-

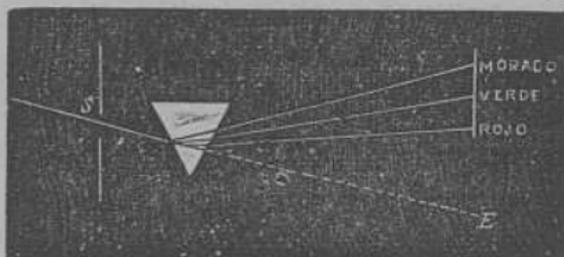


FIG. 38.

nemos un plano de esa disposición, presentada á vista de pájaro. Si no tuviéramos prisma con que comenzar, y miráramos desde E hácia la hendidura del postigo situado en S, veríamos una hendidura brillante y nada más: en realidad la hendidura serviría como una abertura por la cual podríamos ver más allá el sol brillante. Introduzcamos ahora el prisma, según se ve en la figura, y cuando lo hayamos hecho, nuestra vista no verá desde E la hendidura. Sin embargo si dirigimos la vista hácia la parte más ancha del prisma, concluiremos por ver la luz procedente de la hendidura; pero aparecerá muy cambiada. Ya no nos llegará en forma de una tenue hendidura brillante, como ántes, sino en forma de banda de luz de diversos colores,

empezando por el rojo en un extremo, y pasando gradualmente y por orden por el naranjado, amarillo, verde, azul claro y azul oscuro, al violeta en el otro extremo.

Todo esto puede explicarse llanamente por lo que ya hemos dicho, si se recuerda que la luz blanca está realmente compuesta de todos los colores combinados. No sólo, por tanto, se refractan los rayos al pasar por el prisma, sino que se refractan desigualmente. Y por cada variedad de luz tendremos su apropiada hendidura, en apropiada posicion. Tendremos, por tanto, unas al lado de otras una porcion de brillantes imágenes reducidas de la hendidura, que de hecho formarán una banda de luz más bien que una rajadura, el color rojo estará en un extremo, porque los rayos rojos se refractan ménos, y en el otro extremo estará el color violeta, porque es el que más se refracta. Estas bandas de luz diversamente coloreadas se llaman **espectro**; y si es la luz del sol la que empleamos para iluminar ó traslucir por la hendidura, tendremos el **espectro solar**.

**74. Recapitulacion.**—Ya os he hablado bastante de la luz y calor radiantes. En primer lugar, habeis aprendido que, cuando empezais á calentar un cuerpo, primero despide rayos oscuros; y despues, al elevarse su temperatura, esos rayos se hacen luminosos y capaces de afectar la vista. En seguida se os habló algo de la reflexion de esos rayos por las superficies pulimentadas. Se os dijo

tambien cómo la direccion de esos rayos se desvía, sesga ó refracta al pasar por el agua ó un cristal ; y cómo un prisma de cristal refracta hácia su parte más ancha los rayos de luz. Inmediatamente después se os dijo que una lente refracta los rayos por todo su derredor hácia su centro ó parte más ancha ; y cómo si dejais caer luz de sol sobre una lente, obteneis una imágen reducida del sol, imágen que encenderá un pliego de papel ú os quemará la mano. Habeis aprendido tambien que la luna ó un planeta dará, por medio de una lente, una imágen del mismo género ; y cómo, si por medio de un vidrio de aumento aproximais esa imágen y la mirais , veis en realidad una luna ó un planeta realmente grande ; y se os dijo que esa combinacion de dos lentes se llama telescopio. Finalmente, se os dijo que un prisma separa en diferentes direcciones los rayos de luz diferentemente coloreados ; de modo que un prisma separa todos los elementos de un rayo de luz compuesto.

Ahora, ántes de terminar , estudiemos un poco la naturaleza del calor.

75. Naturaleza del calor.—Ya hemos comparado el calor al sonido, y dicho que un cuerpo caliente es un cuerpo enérgico. Volvamos otra vez á esa comparacion. En el sonido tenemos dos cosas que estudiar : primera, el cuerpo que vibra ; segunda, los impulsos que ese cuerpo envía por medio del aire á nuestro oido y que nos hacen oír un sonido. Pues bien, se os dijo que un cuerpo ca-

iente es aquel en que las partículas pequeñas están en rapidísima vibración, y que, del mismo modo que un cuerpo vibrante lanza sonidos que chocan con el oído, así un cuerpo caliente despide luz que choca con la vista. Más ¿cómo se hace para que un cuerpo, una campana ú un tímpano, por ejemplo, vibre? Golpeándolo: lanzais rápidamente el badajo contra la pared de la campana, y la campana empieza á vibrar: como ese badajo, ántes de chocar con la campana, es un cuerpo en movimiento rápido, posee energía ó puede hacer trabajo. Y después de chocar con la campana, ¿qué se hace de la energía del badajo? Se la ha trasmitido á la campana, puesto que la campana está vibrando, y ya se os ha dicho que un cuerpo vibrante es el que posee energía. Así, la energía del golpe dado á la campana no se ha perdido, sino que se ha trasmitido del badajo á la campana. Supongamos ahora que un herrero coloca un pedazo de plomo en el yunque y descarga un martillazo sobre el plomo: oís un golpe sordo, pero no una vibración como en la campana. ¿Qué se ha hecho la energía del golpe, puesto que no se ha trasformado en vibración como la de la campana, que puede chocar con el aire? ¿en qué se ha trasformado, si se ha trasformado en algo? Respondemos que se ha trasformado en calor. El golpe ha calentado el plomo y puesto en vibración todas sus partículas, aunque no en vibración como la de la campana; y si el herrero golpeará mucho el plomo me atrevo á decir que lo

derretiría. Es seguro que alguno de vosotros habrá empleado mucha energía en estregar con un pedazo de paño un boton de metal. Y la energía que empleásteis ¿qué se hizo? Respondemos que se trasformó en calor, como lo comprobaríais si os pusiérais en la mano el boton.

EXPERIMENTO 52.<sup>o</sup>—Para probaros cómo se cambia la energía de un golpe en esa otra energía que llamamos calor, tomemos un fósforo de cera, coloquémosle sobre una piedra, y golpeémoslo: veréis que el calor desarrollado ha sido bastante para inflamar el fósforo.

Así veis que la fricción produce calor, y habeis podido notar que en una noche oscura las cadenas que contienen la marcha de un tren, chispean. En todos esos casos, se cambia una energía efectiva y visible en aquella otra forma de energía que llamamos calor: la diferencia está en que, en la energía visible, el cuerpo se mueve como un todo ó como masa, moviéndose en la misma direccion y al mismo tiempo todas sus partículas; al paso que en la energía invisible ó calor, la masa ó el cuerpo entero queda en reposo, y sus partículas se mueven de adelante para atras, y vice-versa. Así veis que la energía visible puede cambiarse en calor, y más adelante he de deciros que el calor puede, hasta cierto punto, volver á trasformarse en energía visible. En el caso de una máquina de vapor ¿qué es lo que trabaja? ¿No es el calor del fuego que calienta el agua de las calderas? En ese caso

parte de la energía invisible ó calor del carbon encendido se cambia real y efectivamente en energía visible, que mueve de arriba abajo el piston y hace rodar las ruedas. En realidad, todo el trabajo de las máquinas de vapor es obra del calor. Así, pues, ya veis que no sólo podemos cambiar una energía efectiva en calor, sino que, en las máquinas de vapor, podemos cambiar el calor en energía efectiva.

## CUERPOS ELECTRIZADOS.

76. Cuerpos buenos y malos conductores.— Más de dos mil años hace, se sabia que cuando se frota con seda un pedazo de ámbar, este atrae cuerpos livianos; y hace cerca de trescientos años que el Dr. Gilbert probó que otras muchas cosas, el azufre, el lacre, el cristal, tienen la misma propiedad.—Ese es el menguado comienzo de nuestro conocimiento de la electricidad, conocimiento que tanto ha aumentado en estos últimos años, que ya nos ha puesto en aptitud de enviar, en ménos de un segundo, despachos telegráficos de América á Europa.

EXPERIMENTO 53.\*—Tomemos una barra de metal que tenga un mango de vidrio, y frotamos con un pedazo de seda el vidrio, despues de haber calentado y secado bien barra y vidrio. Este adquirirá entónces el poder de atraer pedacitos de papel

ó medulillas de sauco; pero sólo en el punto en donde lo frotaron. De hecho, el vidrio ha adquirido por frotacion una nueva propiedad, pero esa propiedad no puede por sí misma extenderse sobre su superficie. Basta por lo que respecta al vidrio. Suponed ahora que tomamos la barra de metal y tocamos con ella el ápice del conductor de una máquina eléctrica en actividad: hallaremos que la barra de metal ha adquirido la misma propiedad que el vidrio; es decir, atraerá cuerpos livianos, como papel ó médula de sauco; pero todas las partes del metal tendrán la misma propiedad, y no tan sólo aquella que la máquina eléctrica tocó. En realidad, la influencia eléctrica puede esparcirse por sí misma sobre una superficie de metal, aunque no sobre una de vidrio. Por tanto, se dice que el vidrio es mal conductor de electricidad, al paso que el metal es buen conductor y se llama así mismo. A la verdad, ni el calor ni la electricidad se difunden fácilmente sobre el vidrio, en tanto que uno y otra pueden hacerlo fácilmente sobre el metal: el carbon vegetal, los ácidos, las sales solubles, el agua y los cuerpos de los animales son buenos conductores de electricidad, aunque no tan buenos como los metales, mientras que el caucho, el aire seco, la seda, el vidrio, la cera, el azufre, el ámbar, son muy malos conductores.—Si deseamos hacer experimentos eficaces con la electricidad, es absolutamente necesario guardarla cuando una vez la hayamos conseguido; á ese fin,

debemos rodearla por todas partes de cuerpos malos conductores. Es, por tanto, de grande importancia el hacer en aire seco los experimentos, y sostener en piés de vidrio el cuerpo que contiene electricidad.

77. Dos Clases de Electricidad. EXPERIMENTO 54.<sup>o</sup>—Tengo ahora que convencerlos de que hay dos clases de electricidad. Para probarlo, hagamos uso del aparato que veis en la fig. 39, consistiendo en una bolita medular, ó hecha de médula, suspendida de una hebra de seda á un pié de cristal. Ante todo, frotamos con seda una barra de vidrio, que, ya frotada, se aplicará á la bolita. La extremidad

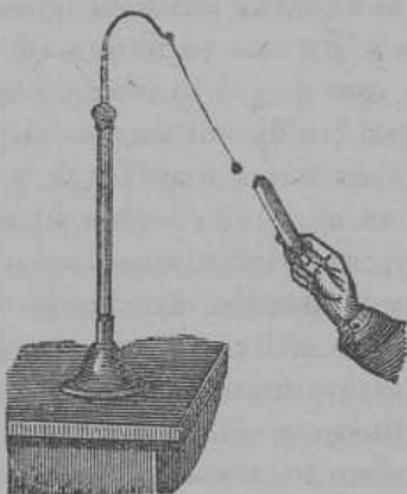


FIG. 39.

del vidrio comunicará electricidad á la bolita, que no la devolverá, por impedirlo los malos conductores: la hebra de seda, el pié de vidrio y el aire.

(si es seco) que la rodean. Ahora, si observais, veréis que cuando se ha aplicado el vidrio electrizado á la bolita, ya no vuelve esta á ser atraída por la barra de cristal, sino, al contrario, repelida. Frotemos ahora con una franela seca y caliente una barra de lacre, y aproximémosla á la bolita: se verá que ésta, que fué repelida por el vidrio excitado, será atraída por el lacre electrizado. De aquí se deduce que una bola hecha de médula de sauco será repelida por un vidrio electrizado, si ántes se la tocó primero con ese vidrio electrizado, y será atraída por lacre electrizado.

Si ahora cambiamos el plan de operaciones y ante todo tocamos con lacre electrizado la bolita, en vez de tocarla con vidrio excitado, otro lacre excitado la repelerá, y un vidrio electrizado la atraerá. De ese hecho deducimos que hay dos clases de electricidad, á saber: la que procede de un vidrio electrizado, y la procedente de lacre electrizado. Ahora, cuando tocábamos con vidrio excitado la bolita de médula, le comunicábamos parte de la electricidad del vidrio; y como despues la repelía el vidrio excitado, deducíamos que los cuerpos cargados con la misma clase de electricidad se repelen unos á otros. Si, por el contrario, se cargara con la electricidad de un vidrio, la bolita sería atraída por una barra de lacre electrizado; de donde deducimos que los cuerpos cargados con electricidad opuesta, ó de distinta clase, se atraen unos á otros.

78. *Ambas Electricidades existen combinadas en Cuerpos no excitados.*—Podemos suponer que cada sustancia contiene una cantidad de esas dos clases de electricidad combinadas, y que, al frotar, lo único que hacemos es separar una de otra esas dos electricidades. En consecuencia, cuando frotamos con franela un pedazo de lacre, todo lo que hacemos es separar las dos clases de electricidad; una de las cuales se conserva en el lacre, mientras que la otra se queda en la franela. De igual modo, todo lo que hacemos cuando excitamos con seda al vidrio, es separar las dos electricidades, una de las cuales se queda en el vidrio, al paso que la otra va á la seda. Lo mismo acontece siempre que se desarrolla por frotamiento la electricidad, y es imposible producir una electricidad, sin producir al mismo tiempo la misma cantidad de electricidad contraria. En resúmen: la electricidad no se crea; sino que, segun este modo de considerarla, se separa de otra con que está combinada. La electricidad que aparece en un pedazo de vidrio frotado con seda, se llama positiva; y la que aparece en una barra de lacre frotada con franela, se llama negativa. Esos términos se usan sólomente para distinguir las dos clases de electricidad.

79. *Accion de los cuerpos electrizados ó excitados, sobre los no excitados.*—Hemos visto que electricidades de la misma clase se repelen, mientras que las de clase distinta se atraen; pero todavía tenemos que ver lo que en el caso siguiente acon-

teceria. Sea *A* (fig. 40) una esfera grande y hueca de bronce, con un tubo tambien de bronce á su izquierda, y sostenida sobre un pié de vidrio, para que no se escape la electricidad que contenga. Ahora, sean *B* y *C* dos conductos, cuya parte superior sea de bronce, pero que por el medio (en el punto indicado en la lámina) puedan separarse: para que no pueda escaparse de ninguno de ellos la electricidad que contengan, colóquense ámbos conductos sobre piés de cristal. Empecemos por suponer que *A* ha recibido una carga de electricidad positiva, y

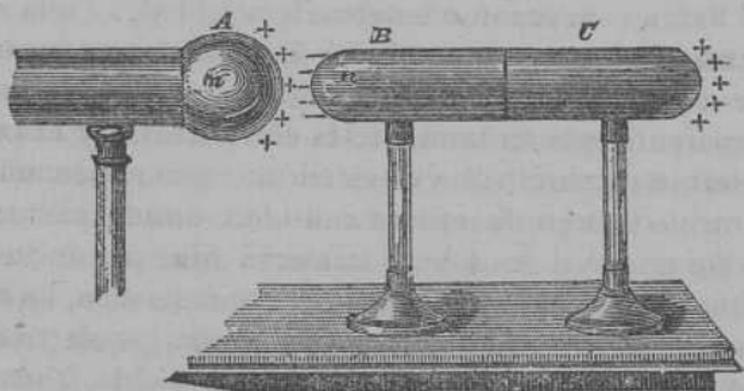


FIG. 40.

que *B* y *C* no están electrizados, y empujémoslos hácia *A*. Como *B* y *C* no están electrizados, sus dos electricidades no están separadas una de otra, sino mezcladas, y al aproximar á *A* los conductos *B* y *C*, la electricidad positiva de *A* atrae la negativa de *B* hácia el extremo de este conducto, y repele la positiva hácia el extremo derecho del conducto *C*, del modo que se indica en la lámina. S

separámos primero *C* de *B* y luego *B* de *A*, obtendremos una cantidad de electricidad negativa en *B*, y otra cantidad de electricidad positiva en *C*, separadas ya una de otra, mientras que la de *A* continúa siendo la misma que era. En realidad, no hemos hecho otra cosa que emplear la electricidad positiva de *A* en separar una de otra las dos electricidades combinadas en *B* y *C*, dejando íntegra y pronta á servirnos la de *A*. Ahora bien: el servicio ó auxilio prestado por la electricidad positiva de *A* en separar la combinada en *B* y *C*, es lo que se llama induccion eléctrica.

80. **La Chispa eléctrica.**—Pero podemos hacer de un modo algo distinto nuestro experimento. Aproximemos lentamente los conductos *B* y *C* á la esfera *A*. Cuando *A* y *B* estén muy próximos uno á otro, tendremos separadas una de otra la electricidad positiva de *A* y la negativa que por induccion apareció en *B*, por solo un poco de aire, hasta que al fin sea tan imperceptible la separacion y tan fuerte la atraccion de las dos electricidades, que se precipitan una sobre otra en forma de una chispa. La consecuencia de este choque ó reunion de las dos electricidades será que *A* habrá perdido una porcion de su electricidad positiva, y que *B* habrá perdido toda la negativa que tenía. Si entónces alejamos á *B* y *C*, este conducto conservará todavía la electricidad positiva que adquirió por induccion; en efecto, mientras que ha perdido *A* una parte de su electricidad positiva, *C* ha ganado igual cantidad;

de modo que el resultado es virtualmente el mismo que si parte de la electricidad de *A* hubiera pasado á *C*.

**81: VÁRIOS Experimentos.**—Lo que hemos dicho de la induccion eléctrica puede ilustrarse fácilmente por unos cuantos experimentos sencillos y notables; pero debe recordarse que en todos esos experimentos ha de estar seco y caliente el vidrio del aparato.

**EXPERIMENTO 55.º**—En la fig. 41 veis un instru-



FIG. 41.

mento por cuyo medio podemos descubrir electricidad: se llama **electroscopio de hoja de oro**. Para enseñaros su modo de operar, comuniquemos ante todo una ligera carga de electricidad positiva á la birola ó remate (véanse las Instrucciones, en la página 144). Ahora, esa carga corre desde las hojas de oro que están en connexion eléctrica con el

remate del aparato ; y como todas las hojas están cargadas de electricidad de la misma clase, esta y la aplicada por la carga empiezan á repelerse, segun se vé en la lámina. Desde ese instante queda en accion el electroscopio.

**EXPERIMENTO 56.º**—Ya cargado con electricidad positiva el electroscopio, acerquemos á su remate

una varita de vidrio excitada, y las hojas de oro se separarán aún más entre sí. La razón de esa divergencia ó repulsión de la electricidad comunicada al remate del aparato, estriba en que la electricidad positiva del vidrio excitado descompone la electricidad neutra del remate y que se atrae la electricidad negativa y repele la positiva hácia las hojas de oro. Si estas estuvieron ántes cargadas de electricidad positiva, es claro que se repelerán ahora con más fuerza todavía.

EXPERIMENTO 57.<sup>o</sup>—Si ahora acercamos al remate del electroscopio (cargado como ántes de electricidad positiva), una barra de lacre excitado, lo primero que veamos será que las hojas de oro se unirán, en vez de separarse. La razón de esto es que la electricidad negativa del lacre excitado descompone la electricidad neutra del remate, atrayéndose la positiva y repeliendo hácia el oro en hojas la negativa. Mas como las hojas estaban ántes cargadas de electricidad positiva, parte de esa carga se anulará por la electricidad negativa que va hácia las hojas, y estas se unirán.

EXPERIMENTO 58.<sup>o</sup> — Aquí tenemos una esfera hueca de bronce, ó conductor, sostenido por un pié de vidrio ó aislador. Acercuemos ese conductor aislado á la máquina eléctrica, cuando esta opere, y obtendremos una chispa, aunque será muy débil. Toquemos ahora con el dedo aquella parte de la esfera hueca que más lejos está de la máquina, y la chispa será mucho más intensa. Esto ilustra lo

que en el párrafo 80 dijimos acerca de la causa de la chispa. El hecho es que la electricidad positiva de la máquina atrae hácia sí la electricidad negativa de la esfera hueca, y aleja cuanto puede la positiva. Pero si aislaran esa esfera, la electricidad positiva no podría alejarse bastante, ni podrian separarse mucho las dos electricidades, y la consecuencia sería una chispa débil. Mas cuando tocáis la esfera hueca de bronce, la electricidad positiva de la esfera va por vuestro cuerpo al suelo, de ese modo quedan bien separadas las dos electricidades, y se produce una chispa fuerte.

**82. Efecto de las Puntas.**—En el experimento anterior, si hubiérais continuado tocando la esfera de bronce y la máquina hubiera operado al mismo tiempo, hubiera pasado una série de chispas desde vuestro cuerpo al suelo, y eso os habria causado una prolongada sensacion desagradable. A la verdad, la chispa de la máquina eléctrica puede compararse á un rayo, pues en realidad, un rayo es una chispa larguísima. Pues bien : exactamente lo mismo que cuando un hombre es herido por un rayo, la electricidad pasa por su cuerpo al suelo, así cuando tocamos la esfera del anterior experimento, la electricidad pasa de nuestro cuerpo al suelo.

**EXPERIMENTO 59.º**—Unamos ahora una punta á la esfera hueca y aproximémosla al conductor de la máquina, tocando la esfera, como ántes, con nuestro dedo. Ahora será imposible obtener de la máquina una chispa sola, sino que habrá una corriente

continua de electricidad. El hecho es que todo lo que es puntiagudo conduce la electricidad y la aleja tan rápidamente como esta se produce, y no le da tiempo para reunirse y formar una chispa. Ya comprendemos el uso de los conductores metálicos puntiagudos que se colocan en edificios elevados, con objeto de preservar á estos del rayo. Esos conductores puntiagudos bajan de alto á tierra, y acarrean al interior de ella, y silenciosamente, la electricidad: eso, ni más ni ménos, hace la punta en la máquina eléctrica; y lo mismo que, en el primer caso, la punta protegió de la chispa mi dedo, así en el segundo el para-rayo protege contra un rayo el edificio. Franklin, filósofo americano, fué el primero en descubrir que el relámpago y la electricidad son la misma cosa, y que la única diferencia que entre ellas hay es que un relámpago tiene á veces muchos kilómetros de extension, y que la chispa eléctrica no tiene más que algunos centímetros.

83. Máquina eléctrica.—Ahora estais ya en aptitud para entender la construccion de una máquina eléctrica. Esta se compone de dos partes: ante todo, tenemos un medio de producir electricidad, y despues tenemos otro medio de recogerla ó acumularla. —Una de las máquinas eléctricas más conocidas es aquella en que la electricidad se produce por una lámina giratoria de vidrio, como la que se vé en la figura 42. A medida que se hace girar y gira esa rueda de vidrio, frota ó roza contra dos pares de almohadillas, una superior y otra inferior. Esas

almohadillas se hacen generalmente de cuero, henchido de crin, con objeto de apretarlas más contra la rueda de vidrio: además, las almohadillas están revestidas de un metal blando, distribuido sobre el cuero, y ese metal se compone generalmente de una parte de zinc, otra de estaño y dos de mercurio amalgamadas. Hay una cadena metálica que pone en comunicacion esas almohadillas entre sí, y con el suelo. Ahora, cuando la rueda ó lámina de vidrio gira, se produce electricidad positiva en el vidrio, y en las almohadillas se produce electricidad negativa. Esta pasa entónces por la cadena metálica que

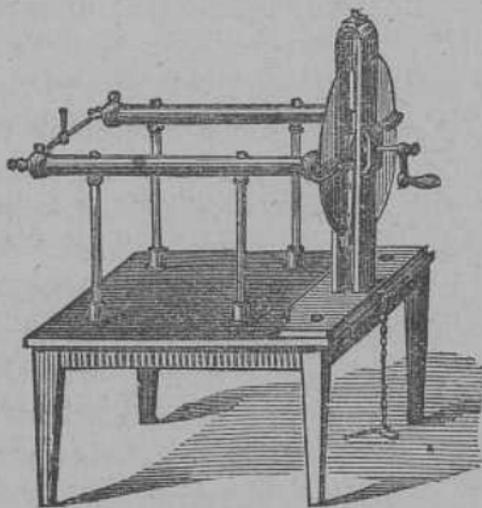


FIG. 42.

está en contacto con las almohadillas, y por medio de la cadena pasa al suelo y se esparce por él hasta que se difunde y se pierde por completo. De ese

modo nos desembarazamos de la electricidad negativa, y sólo queda la positiva en la rueda de vidrio. Rodeando por el medio á esta, hay dos barras de bronce, que están unidas á una ancha superficie de metal, llamada el conductor: en la lámina se vé. Ese conductor está sostenido en piés de vidrio, de modo que pueda conservar la electricidad que le llegue. Las dos barras próximas á la rueda de vidrio están armadas de puntas metálicas, que, teniendo la tendencia que sabeis á atraer la electricidad, atraen ó recogen la electricidad positiva de la rueda de vidrio y la lleva al conductor; y como el conductor está sostenido en piés de vidrio, conserva ó retiene la electricidad. Por eso es que, haciendo girar por algun tiempo la rueda de vidrio, podemos acumular una gran cantidad de electricidad positiva en el conductor.

EXPERIMENTO 60.º—Si, cuando el conductor de la máquina eléctrica está cargado de electricidad, acerco á él un dedo, entre el conductor y el dedo pasa una chispa. La razon de eso es que la electricidad positiva del conductor separa las dos electricidades reunidas en el dedo, repeliendo la positiva, que es la misma especie que ella, y que lleva al suelo por medio de mi pié, y atrayendo al mismo tiempo la electricidad negativa. Las dos electricidades—á saber, la positiva del conductor, y la negativa de mi dedo—van rápidamente á través del aire, y al unirse forman una chispa.

84. Botella de Leyden. EXPERIMENTO 61.º—Así,

pues, cuando aproximais un dedo ó un nudillo á una máquina eléctrica, sentís una como punzada ó picazon al pasar la chispa, y nada más, porque no sufrís choque severo. Para sufrirlo teneis que emplear en el experimento



FIG. 43.

una botella de Leyden, como la representada en la fig. 43. Esa botella es de vidrio, estando el interior revestido de hoja de estaño, así como tambien el exterior hasta el cuello. En contacto con el revestimiento interior

de estaño, hay una barra de bronce que termina en boton y que se mantiene firme, porque pasa por la tapa de corcho que cierra la boca de la botella. De modo que la botella tiene dos revestimientos, uno interior y otro exterior, que están separados uno de otro, en cuanto concierne á la electricidad, puesto que los separa el vidrio de que está hecha la botella, y el vidrio no es conductor, ó es mal conductor de electricidad. Suponed ahora que cojo la botella por su cubierta exterior, y que pongo el boton en que remata la barra metálica en el interior del jarro, en contacto con el conductor de una máquina eléctrica que esté operando. La electricidad positiva de la máquina penetrará en el revestimiento interior de la botella; descompondrá las dos electricidades del revestimiento exterior, repeliendo por medio de

mi mano y de mí cuerpo la electricidad positiva al suelo, y atrayendo la negativa. Lo que hay de cierto es que en el revestimiento interior de la botella hay un batallon de electricidad positiva que afronta al batallon de electricidad negativa que hay en el revestimiento exterior, anhelando reunirse, pero incapacitados de hacerlo por el vidrio que media entre ellos. Tan atentas están esas dos electricidades á observarse mutuamente, que se mantendrán fijas en su puesto mientras yo pongo más electricidad en el interior. Esta segunda carga operará exactamente lo mismo que la primera; descompondrá de nuevo las dos electricidades de la cubierta ó revestimiento exterior, repeliendo la positiva, por medio de mi mano á mi cuerpo y de éste al suelo, mientras que la electricidad negativa se quedará, afrontando desde la cubierta exterior, la nueva masa de electricidad positiva que ha penetrado en el interior. Ahora tenemos dos masas de electricidad en el interior y dos en el exterior,

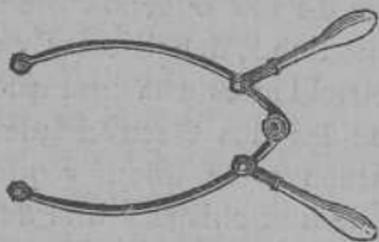


FIG. 44.

que se observan mutuamente: continuando ese procedimiento acumulamos una gran cantidad de electricidades opuestas en los dos revestimientos de la botella.

Si deseamos descargar la botella, emplearemos el *descargador*, que, según veis en la fig. 44, es una especie de tijeras. Para manejarlas, las cojereis por

los mangos de cristal, colocareis uno de sus remates en la cubierta exterior de la botella, poniendo gradualmente el otro casi en contacto con el boton de la barra que penetra en la botella; cuando se hallan bastante cerca uno del otro, brota una chispa eléctrica, acompañada de una detonacion, y la botella queda descargada. Si deseamos experimentar en nosotros el choque de las dos electricidades, nos bastará empuñar la cubierta exterior con una mano, y aproximar la otra al boton que comunica con el revestimiento interior: entónces la descarga se verificará por medio de nuestro cuerpo. Y si son muchos los que desean experimentar el choque, les bastará formar con las manos una cadena: el primero empuñará con la mano que le queda libre la cubierta exterior de la botella, y el último de la cadena pondrá la mano suelta sobre el boton de la botella; entónces, el choque de las dos electricidades, interior y exterior, se verificará en el cuerpo de todos ellos.

85. Naturaleza enérgica de los cuerpos electrizados.—Por lo que se ha dicho, debeis estar ya convencidos de que la electricidad es una cosa que contiene energía. Veis que las dos electricidades opuestas de la botella se atraen y se unen, y que esa union va acompañada de una chispa y una detonacion. La primera es brillantísima mientras dura, y aunque no dura más que la  $\frac{1}{24000}$  parte de un segundo, representa una considerable cantidad de calor. Ahora bien: calor significa energía, y así ve-

mos que cuando la botella se ha descargado, aquella especie de energía, que llamamos electricidad, se cambia en la otra forma de energía, que llamamos calor y luz. Puesto que la electricidad es una cosa enérgica, requiere obra ó trabajo que la produzca, y esa obra ó trabajo es lo que haceis al hacer girar el manubrio de la máquina eléctrica; y como esta se hace más dura de manejar á medida que acumula electricidad, en eso veis que con nada no se hace nada, y que si quereis obtener un agente enérgico, teneis que emplear trabajo en obtenerlo. Por lo demas, cuando las dos electricidades se combinan, no hay desaparicion de energía, sino solamente cambio de la forma de electricidad en la de calor.

86. Corrientes eléctricas.—Habeis visto que cuando aproximais un conductor puntiagudo á una máquina eléctrica que opera (pár. 82), hay una *corriente continua* ó corriente de electricidad, que por medio de la punta y de vuestra mano, pasa al suelo. Mas, para obtener poderosas corrientes eléctricas, tenemos un medio mucho mejor que el que las máquinas eléctricas nos dan. Describiremos brevemente ese método, que el italiano Volta fué el primero en descubrir, por lo cual se llama método ó batería de Volta. La figura 45 es un dibujo de ese aparato. En él, y á la extremidad izquierda, veis una plancha señalada *c*, que significa una plancha de cobre; además de esta, á la derecha, veis una plancha de zinc, marcada *z*, que está sol-

dada á un alambre que la pone en contacto con la plancha de cobre de la segunda vasija. En esta segunda vasija teneis otra plancha de zinc, que á su vez está en contacto con el cobre de la tercera vasija. Por último, en la vasija del extremo derecho

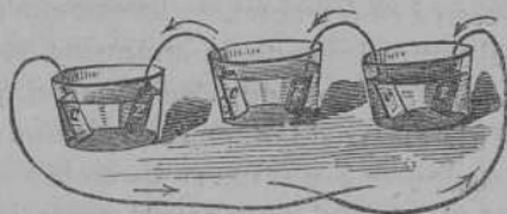


FIG. 45.

hay una plancha de zinc. Suponed ahora que esas vasijas están llenas de una mezcla de ácido sulfúrico y agua, y que fijamos alambres al cobre de la extrema izquierda, y tambien al zinc del extremo derecho, y que ponemos en contacto esos alambres. (Esos alambres se llaman los polos de la pila ó batería.) Se verá que hay una corriente de electricidad positiva que pasa por el circuito en la direccion que indican las flechitas. Sigamos su curso. En primer lugar, viene del alambre fijo á la plancha de cobre de la extrema izquierda, y, como en la lámina se vé, sigue á lo largo de los alambres, hasta que entra en la plancha de zinc de la extrema derecha; entónces pasa por el líquido hasta que llega á la plancha de cobre, desde la cual pasa por el alambre á la plancha de zinc más próxima; luego sigue por el líquido de la vasija del centro á la plancha de cobre de la misma vasija, y desde allí continúa

á la plancha de zinc de la vasija de la izquierda, desde donde va á parar al punto de que partió primero.

**87. Batería de Grove.**—El aparato descrito fué el usado por Volta; pero desde aquella época se han hecho muchos adelantos en el método de obtener una corriente de electricidad. Se descubrió que con el aparato ó pila de Volta, la corriente eléctrica, que en los primeros momentos era muy fuerte, se debilitaba á poco; y se buscó y se encontró un método por el cual se mantuviera siempre con la misma fuerza. Ese método para producir una corriente eléctrica de energía constante se llama *batería constante*, y una de las mejores es la inventada por Grove (véase la figura 48). En esa batería, en vez de una vasija sencilla, se usa una doble; la exterior, de vidrio; la interior, de loza porosa. La vasija exterior, ó de loza, está, en parte, llena de ácido sulfúrico diluido. Dentro de ella, hay una plancha de zinc (amalgamado por la parte exterior), segun en la figura 48 se ve, mientras que dentro de la vasija de vidrio tenemos otra vasija porosa, hecha de porcelana sin vidriar. Dentro de esa vasija porosa se derrama ácido nítrico fuerte, y dentro de ese ácido se echa una plancha delgada de platino, que hace las veces del cobre en el aparato de Volta. Cuando se pone en accion esa batería, el zinc se disuelve en el ácido sulfúrico diluido, durante cuya operacion se desprende gas hidrógeno. Pero ese hidrógeno no se eleva en forma de burbujas, sino

que se abre camino por la vasija porosa que contiene ácido nítrico: descompone este último, tomando luego oxígeno hasta convertirse en agua (pues oxígeno é hidrógeno forman agua) y convirtiendo así el ácido nítrico en ácido nitroso, el que se manifiesta por medio de vapores de color naranjado subido. Así, el hidrógeno no llega á la plancha de platino, y para impedirlo se adoptó el sistema de las baterías constantes, porque se halló que en la pila primitiva de Volta, el hidrógeno producido al disolverse el zinc, se adhería á la plancha de cobre, á consecuencia de lo cual se dilataba mucho la batería.

Lo que acabamos de describir no es más que una de las vasijas de la batería de Grove, pues de esas hay hasta 50 ó 100 en una batería grande de esa clase, porque el alambre sujeto al platino de una vasija está en contacto con el zinc de la otra, del mismo modo que en la pila ó batería de Volta: la única diferencia está en que, en lugar de cobre tenemos platino, y en lugar de una vasija sencilla tenemos una doble. Además, la corriente positiva pasa por el líquido desde el zinc al platino, exactamente lo mismo que pasaba por el líquido desde la plancha de zinc á la de cobre, en el aparato de Volta.

**88. Propiedades de la corriente.** — Veamos ahora lo que una corriente eléctrica puede hacer; es decir, hagamos algunos experimentos.

**EXPERIMENTO 62.º** — Preparad una batería de

Grove, é introducid un pedazo de alambre delgadísimo de platino entre los dos polos ó alambres de la batería: hecha la conexion, y al pasar la corriente, se verá que el alambre de platino está candente.

EXPERIMENTO 63.º—Preparad la batería de Grove, é insertad sus dos polos ó alambres en dos tubos invertidos que contengan agua, segun se indica en la figura 46. Se verá que la corriente descompone el

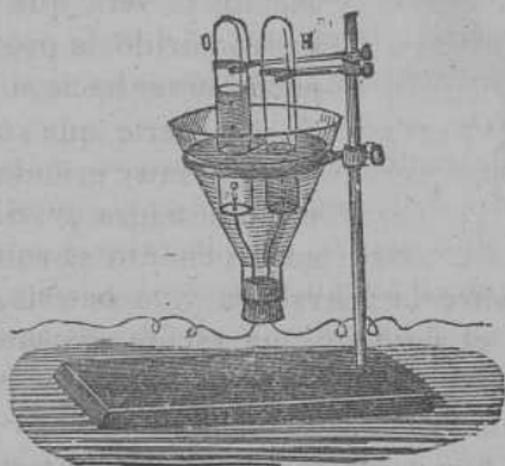


FIG. 46.

agua, y que el gas oxígeno aparecerá en una vasija, y el hidrógeno en la otra. El oxígeno aparecerá en el polo que está en contacto con la plancha de platino, al paso que el hidrógeno aparecerá en el que está en contacto con la plancha de zinc. Así veis que la pila ó batería de Grove tiene el poder de descomponer el agua. Tiene tambien el poder de descomponer muchos líquidos compuestos.

EXPERIMENTO 64.<sup>o</sup>—Veis que aquí tenemos un alambre de cobre cubierto de hilo, con objeto de aislarlo; y ese alambre de cobre está enroscado en una fuerte pieza de hierro en forma de herradura:



FIG. 33.

aproximemos ahora los dos polos de la batería Grove á las dos extremidades del alambre de cobre que va alrededor del hierro. Si la batería está en accion, se verá que el hierro ha adquirido la propiedad de poder atraer hácia sí otro hierro, de suerte que suspenderá un peso muy grande, como se ve en la figura 47. Sin embargo, en cuanto se rompe la co-

nexion entre la herradura y la batería, cesa ese poder, y el peso que ha estado suspendiendo el hierro, caerá de pronto al suelo.

EXPERIMENTO 65.<sup>o</sup>—Tomad un pedazo de acero, tal como una aguja de hacer medias, y sujetadla al hierro de la herradura de que hablamos, en tanto que pasa la corriente eléctrica. Esa aguja habrá ganado ciertas propiedades que, á diferencia del hierro dulce, no habrá perdido al alejarse la corriente eléctrica, sino que conservará para siempre. Por ejemplo, si de una hebra finísima de seda suspendemos por el medio la aguja, y la dejamos balancearse horizontalmente, siempre apuntará á la misma direccion, que será próximamente norte y

sur. En realidad, la aguja se habrá convertido en aguja de brújula, que indicará siempre la misma dirección y servirá al marino para tomar en alta mar el adecuado rumbo. Un pedazo de acero duro que posee esas propiedades se llama imán; y la aguja así preparada, se llama aguja imantada.

EXPERIMENTO 66.º—Suspendamos ahora horizontalmente una aguja imantada ó magnética á un eje, y señalará próximamente la dirección norte-sur. Pero aproximémosle un alambre por el cual pase una corriente eléctrica, y se verá que ya la aguja no marca norte-sur, sino que se situará de modo que forme ángulo recto con el alambre que conduce la corriente. Si interrumpimos la corriente, la aguja volverá á su dirección acostumbrada.

EXPERIMENTO 67.º—Podemos hacer más perceptible el último experimento por un medio idéntico al bosquejado en la lámina 48. Supongamos que tenemos nuestra batería Grove en un extremo del

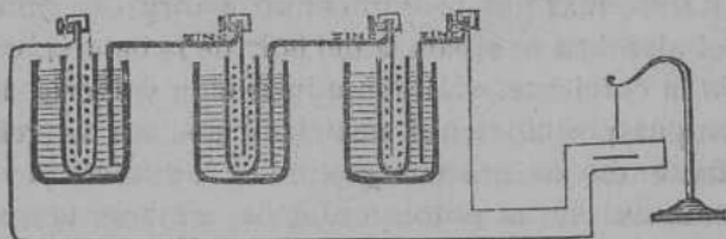


FIG. 48.

laboratorio, y que se llevan al otro extremo dos alambres cubiertos de hilo y puestos en contacto con los dos polos de la batería: en cuanto se reúnen los

alambres, queda ya puesta en acción la pila. Más lejos, al extremo más remoto de la batería, veis una aguja imantada suspendida, que está situada cerca del alambre, y que, al pasar la corriente, declinará ó se desviará con violencia. Pues bien : si álguien, desde el extremo opuesto, separara el alambre del contacto de uno de los polos de la batería, en el mismo momento cesaría la corriente y la aguja magnética volvería á su posición natural.

89. *Telégrafo eléctrico.*—De aquí se desprende que, separando del contacto de la batería el alambre, en uno de los extremos del laboratorio, se hace mover en el mismo instante la aguja en el otro extremo. Esto sucedería aún cuando los alambres conexos con los polos se llevaran á 100 y aún 1.000 leguas de distancia, ántes de juntarse. Si una aguja magnética se colocara cerca del alambre que condujera la corriente, declinaría ó se desviaría, aún cuando el alambre estuviera á 1.000 leguas de la batería ; mas tan pronto como la otra extremidad del alambre se separara del polo de la batería, cesaría la corriente, y la aguja imantada volvería á su antigua posición. Así veis cuán posible es, estableciendo ó interrumpiendo el contacto de un alambre con el polo de una batería, mover una aguja magnética 1.000 leguas distante. En verdad, ese es el principio del telégrafo eléctrico, que tales maravillas hace en la comunicación intelectual, diciéndonos lo que sucede en Europa ó en cualquier parte del mundo civilizado, segundos

despues de suceder. Aunque no puedo tratar más á fondo este asunto, he dicho lo bastante para que comprendais que es posible agitar y electrizar un alambre á distancia de millares de leguas y que, lo mismo que en el alfabeto de sordo-mudos, esas señales del alambre agitado pueden hacerse medios de informe.

90. Conclusion.—Ya habeis aprendido lo que puede hacer la corriente eléctrica: cómo, en primer lugar, puede calentar un alambre que recorra; cómo, en segundo lugar, puede descomponer el agua y otros compuestos; cómo puede tambien convertir un pedazo de hierro dulce en iman poderoso, aunque temporal; cómo, además, puede hacer de un pedazo de acero duro un iman permanente; cómo, por último, puede desviar la aguja de brújula, haciendo, por tanto, posible el telégrafo eléctrico, á distancia de millares de leguas. No podemos profundizar más este interesantísimo asunto; pero, al concluir, dejadme recordaros que algo habeis aprendido acerca de los modos activos de la materia. Primero hablamos de todos los cuerpos en movimiento; despues de los cuerpos vibrantes; luego, de los cuerpos calientes; por fin, de los cuerpos electrizados; y en todo el curso de nuestras lecciones, hemos tratado de probaros que la actividad que puede poseer un cuerpo no se pierde nunca por completo, ni se pierde realmente. Puede, sin duda, pasar á otro cuerpo, ó puede cambiar de forma, pasando de energía visible á sonido, ó á

calor, ó á electricidad, ó cambiando en diferentes direcciones y de diversos modos; pero de esa actividad nada se pierde, como nada, ni áun una partícula, se pierde en la materia.—Del modo que la Química está fundada en el principio de que la materia no hace más que cambiar de forma, pasando de una á otra combinacion, sin nunca desaparecer absolutamente, así la Física está basada en el principio de que la actividad ó energía sólo cambia de forma, y nunca desaparece en absoluto. Pero ese es un principio cuyo completo desarrollo debe reservarse para futura enseñanza.

## COSAS QUE DEBEN RECORDARSE.

Si se deja caer una piedra de lo alto de una muralla, descenderá 4,9 ( $4\frac{9}{10}$ ) metros en el primer segundo. — El acero es el más fuerte de todos los metales; el platino es el que más pesa; pero el oro es el más maleable. — El diamante es el cuerpo más duro que conocemos. — Un centímetro cúbico de agua pesa 1 gramo; un decímetro cúbico de dicho líquido pesa 1 kilogramo. — El aire, en igualdad de volumen, pesa 773 veces menos que el agua; luego, 1 decímetro cúbico, ó lo que es lo mismo, 1 litro de aire pesa 1<sup>gr</sup>,293; y 1 litro de hidrógeno, que es el gas más ligero de todos, pesa 0<sup>gr</sup>,09, esto es, unas 14 veces y media menos que el aire. — La presión de la atmósfera soportaría una columna de mercurio de 76 centímetros de alto, y una columna de agua de 10,33 metros de alto. — El sonido recorre el aire con una velocidad de cerca de 340 metros por segundo. — Si la cuerda de un instrumento músico vibra 50 veces en un segundo, emite una nota grave; si vibra 10.000 veces en un segundo, emite una nota aguda. — El calor necesario para fundir

un kilogramo de hielo, elevaria un grado la temperatura de 70 kilogramos de agua. El calor requerido para evaporar un kilogramo de agua hirviendo, elevaría un grado la temperatura de 537 kilogramos de agua.—La luz recorre el espacio con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.—La chispa eléctrica de una botella de Leyden no dura más que la veinte y cuatro avas parte de un segundo.

# INDICE.

## INTRODUCCION.

	PÁR.	PÁG.
Definicion de la Física.....	1	1
"    del Movimiento.....	2	3
"    de la Fuerza.....	3	5

## LAS FUERZAS PRINCIPALES DE LA NATURALEZA.

Definicion de la Gravedad.....	4	8
"    de la Cohesion.....	5	10
"    de la Atraccion química.....	6	11
Uso de esas Fuerzas.....	7	11

## CÓMO ACTÚA LA GRAVEDAD.

Centro de Gravedad.....	8	13
La Balanza.....	9	15

## LOS TRES ESTADOS DE LA MATERIA.

Observaciones Generales.....	10	17
Definicion de los Sólidos.....	11	18
"    de los Líquidos.....	12	18
"    de los Gases.....	13	18

## PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS.

Observaciones Generales acerca de la Cohesion.....	14	19
Encorvadura.....	15	22
Fuerza ó Consistencia de los Materiales....	16	22
Friccion.....	17	23

## PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.

	PÁR.	PÁG.
Los Líquidos conservan su tamaño, no su forma.....	18	24
Comunican presión.....	19	25
Prensa de agua ó hidráulica.....	20	26
Los líquidos encuentran su nivel.....	21	27
Nivel de agua y de alcohol.....	22	29
Presión del agua honda.....	23	29
Empuje de los líquidos.....	24	31
Cuerpos flotantes.....	25	34
Densidad relativa ó Gravedad específica....	26	35
Empuje de otros líquidos.....	27	36
Capilaridad.....	28	37

## PROPIEDADES DE LOS GASES.

Presión del Aire.....	29	38
Peso del aire.....	30	40
Explicación del Barómetro.—Columna mercurial.....	31	43
Usos del Barómetro.....	32	45
Bomba de Aire.—Máquina neumática.....	33	46
Explicación de la Bomba de agua: límites de su acción.....	34	49
Descripción del sifón.....	35	52

## CUERPOS EN MOVIMIENTO.

Definición de la Energía.....	36	53
"    del Trabajo.....	37	54
Trabajo hecho por un cuerpo en movimiento	38	56
Energía en reposo.....	39	56

## CUERPOS VIBRANTES.

Explicación del Sonido.....	40	58
Qué es ruido y qué es música.....	41	60
El sonido puede trabajar.....	42	61
Requiere aire que lo lleve.....	43	61
Su modo de moverse á través del aire.....	44	62

	PÁR.	PÁG.
Proporción de movimiento en el Sonido....	45	63
Ecós ó reflexion del Sonido.....	46	65
Cómo se halla el número de vibraciones que en un segundo corresponden á una nota..	47	66

CUERPOS CALIENTES.

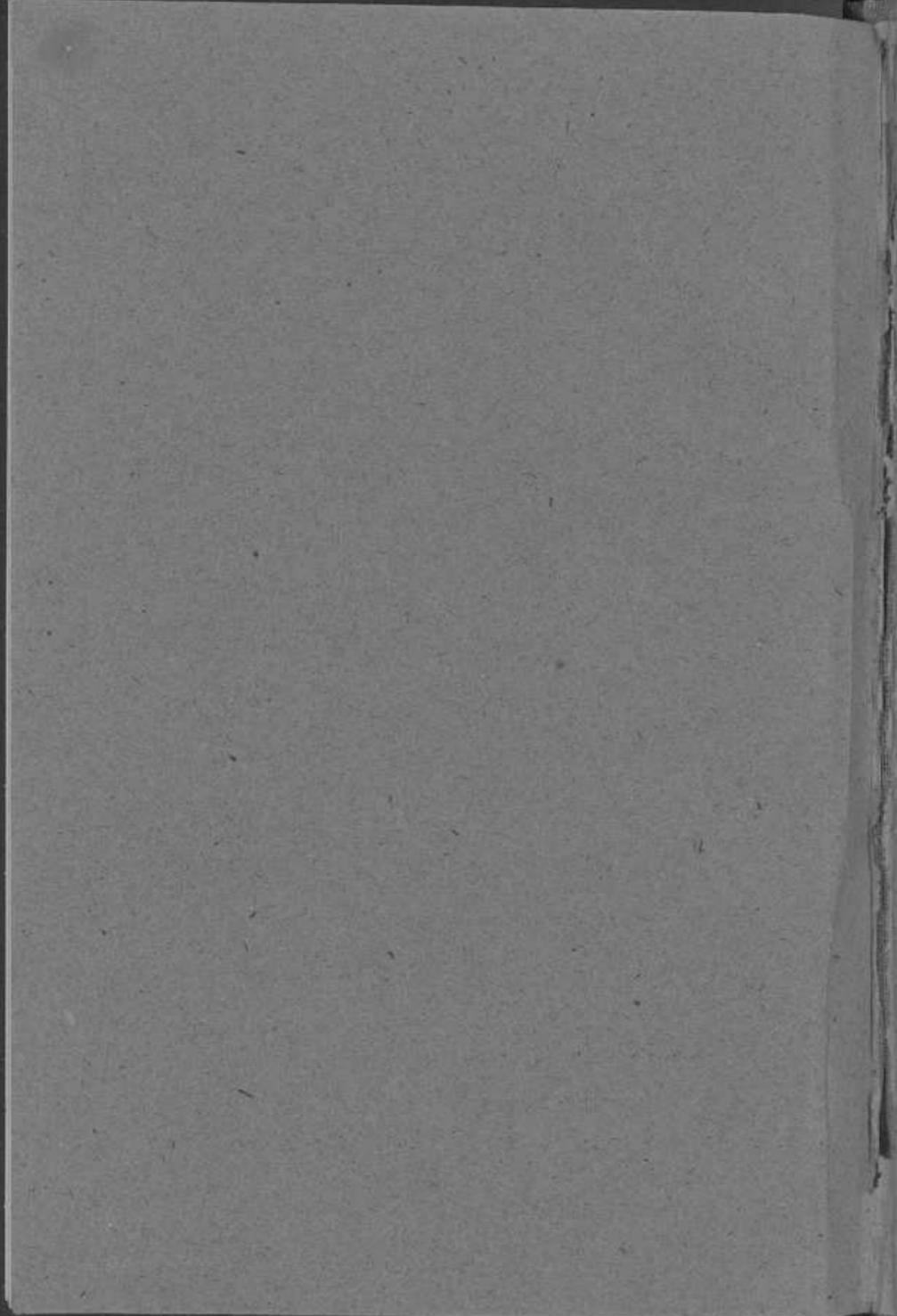
Naturaleza del Calor.....	48	69
Expansion de los cuerpos cuando están ca- lientes.....	49	72
Descripcion del Termómetro.....	50	73
Cómo se hace un termómetro.....	51	75
Expansion de los Sólidos.....	52	78
"    de los Líquidos.....	53	79
"    de los Gases.....	54	79
Observaciones acerca de la expansion.....	55	80
Calor específico.....	56	81
Cambio de estado.....	57	81
Calor latente del Agua.....	58	84
"    "    del Vapor.....	59	85
Ebullicion y Evaporacion.....	60	88
El punto de Ebullicion depende de la presion	61	88
Otros efectos del Calor.....	62	91
Mezclas frigoríficas.....	63	92
Distribucion del Calor.....	64	94
Conduccion del Calor.....	65	95
Conveccion del Calor.....	66	97
Calor y Luz radiantes.....	67	99
Velocidad de la Luz : cómo se descubrió....	68	100
Reflexion de la Luz : sus leyes.....	69	102
Desviacion ó refraccion de la Luz.....	70	106
Lentes; Imágenes que producen.....	71	108
Vidrios de aumento.....	72	111
Diferentes géneros de Luz se refractan dife- rentemente.....	73	112
Recapitulacion.....	74	115
Naturaleza del Calor.....	75	116

CUERPOS ELECTRIZADOS.

Cuerpos buenos y malos conductores.....	76	119
---	----	-----

	PÁR.	PÁG.
Dos clases de Electricidad.....	77	121
Existen combinadas en cuerpos no excitados	78	123
Accion de los cuerpos electrizados ó excita- dos sobre los no excitados.....	79	123
La Chispa eléctrica.....	80	125
Vários experimentos.....	81	126
Efecto de las puntas.....	82	128
Máquina eléctrica.....	83	129
Botella de Leyden.....	84	131
Naturaleza enérgica de los cuerpos electri- zados.....	85	134
Corrientes eléctricas.....	86	135
Descripcion de la batería de Grove.....	87	137
Propiedades de la corriente eléctrica.....	88	138
Telégrafo eléctrico.....	89	142
Conclusion.....	90	143
 COSAS QUE DEBEN RECORDARSE.....		 147







LIBRERÍA  
DE  
CORDOBA Y COMPAÑÍA

14-PUERTA DEL SOL-14  
MADRID

	PESETAS
MONTEPIN. <i>Una pasión</i> , 1 vol.....	2
" <i>S. M. el dinero</i> , 5 vol.....	7,50
" <i>S. A. el amor</i> , 6 vol.....	9
" <i>La hija de abargarita</i> , 6 vol.....	15
<b>Códigos europeos.</b>	
AGUILERA. <i>Código francés</i> .....	10
" " <i>portugués</i> .....	6,50
" " <i>italiano</i> .....	6,50
" " <i>alemán</i> .....	2,50
" " <i>chileno</i> .....	6
ALFAJO. <i>Tratado de lo contencioso</i> .....	8
" <i>Memoria sobre lo contencioso</i> .....	3
<b>Cartillas científicas.</b>	
Publicada: <i>Noiones de física</i> .....	1
En prensa: " <i>de química</i> .....	1
" " <i>de economía política</i> .....	1
<b>Biblioteca del pueblo.</b>	
Nueve volúmenes.....	2,70
GALINDO Y ESCOSURA. <i>Legislacion Hipotecaria</i> , 3 volúmenes.....	33
VALERO. <i>Fianbres</i> , 1 v. l.....	3
<b>Ley criminal</b> . Edicion diamante.....	2

6.108