

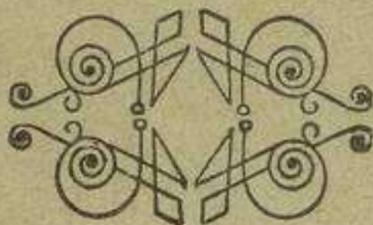
85-45
Biblioteca de LA ESCUELA PRACTICA
JUAN BENEJAM

LEYES Y FENÓMENOS

POR

Bartolomé Benejam Saura

Maestro superior.



CIUDADELA DE MENORCA

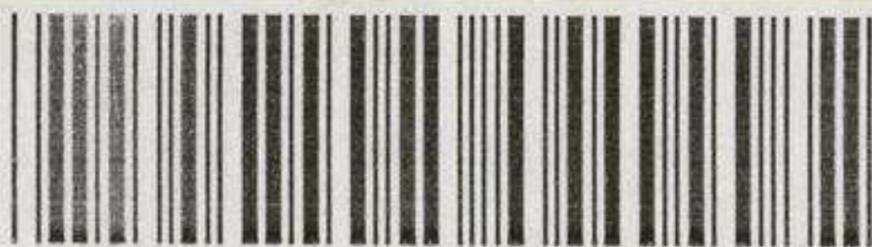
IMPRESA Y LIBRERÍA DE S. FÁBREGUES

1898

516

5(023)
BEN.S





1053265

SM 516

5(023)
BEN.S

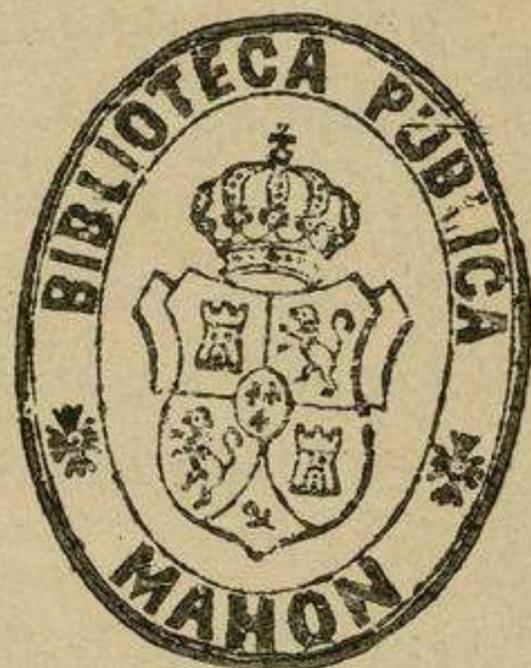
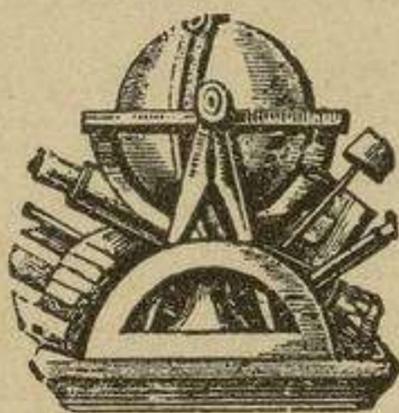
Biblioteca de LA ESCUELA PRACTICA
JUAN BENEJAM

LEYES Y FENÓMENOS

POR

Bartolomé Benejam Saura

Maestro superior.



CIUDADELA DE MENORÇA

IMPRESA Y LIBERRÍA DE S. FÁBREGUES

1898

R. 172 A

Reg. por su autor. Año 1898.

.....
ES PROPIEDAD DEL AUTOR
.....



A mi querido hijo

EL AUTOR DE LA PRESENTE OBRITA

Desde que abandonaste la Universidad por la Escuela Normal, te he visto dedicado al estudio de las Ciencias, que deseo prosigas cultivando. Pero como la desaparición de tu hermano mayor de este valle de lágrimas y miserias ha quebrantado mis fuerzas y abatido mi espíritu, tú has querido compartir conmigo las tareas de LA ESCUELA PRÁCTICA, sintiéndote animado para escribir esta obrita.

Tales deseos han llenado mi alma de legítima satisfacción; y aunque reconozco que tu edad juvenil no es la más á propósito para dar publicidad á los conocimientos que vas atesorando, tu intento loable, tus entu-

II.

siasmos y la materia que has elegido me colocan en una situación de ánimo muy rayana al beneplácito.

Pero entienda el benévolo lector que ese intento no ha nacido tan sólo de una filial solicitud, sino que deseas como maestro, nutrido con la savia de mis ideales en punto á enseñanza, que los niños conozcan las leyes y fenómenos de la Naturaleza que tan de cerca nos tocan todos los días, á fin de que se den razón de todas aquellas cosas que forman una parte integrante de nuestra existencia y que, como obra del Creador, andan muy por encima de las humanas creaciones.

Las leyes y fenómenos de la Naturaleza, para la mayor parte de los hombres vienen á ser letra muerta. Se vive en un lamentable olvido sobre los agentes naturales y los efectos que producen; y esto dimana en gran parte de no haberse introducido su estudio en nuestras escuelas, á no ser de una manera incompleta, así muy de pasada, por medio de tal ó cual obrita de carácter enciclopédico.

Sin que me cieguen paternales sentimientos, me gusta la sencillez y claridad como.

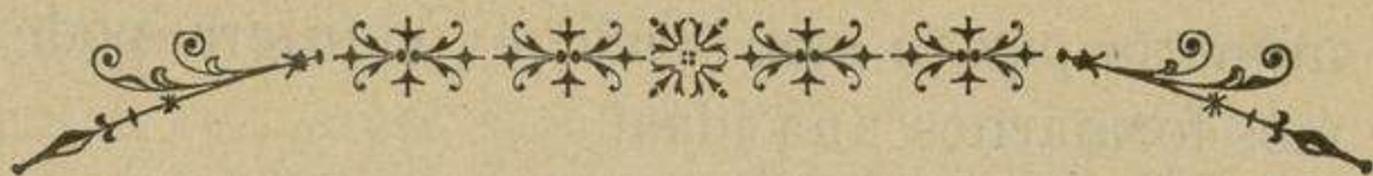
III.

tratas la materia, sacrificando esa pueril vanidad de los autores noveles y de otros muchos que no lo son, los cuales sólo tratan de gallardearse y lucir conocimientos con frase harto elevada, si no pedantesca y confusa, sin tener en cuenta el medio ambiente en que sus libros se han de mantener.

Sólo de esta manera puedes servir á la santa causa á que tú y yo nos hemos consagrado, con más esperanza en Dios que en los hombres, y al mismo tiempo me prestas á mí, tu padre, un señalado servicio, porque mientras me dedico á escribir y publicar, amén de LA ESCUELA PRÁCTICA, un libro de alguna extensión como será VULGARIZACIONES CIENTÍFICAS, tú has tomado á tu cargo, aunque por un corto período de tiempo, llenar el compromiso que tengo contraído con los abonados á la precitada Revista.

Juan Benejam.

Ciudadela de Menorca, 1.º de Enero de 1898.



LEYES Y FENÓMENOS

PARTE PRIMERA

EL AIRE

CAPÍTULO I

La atmósfera: su altura y peso.—El aire: sustancias que entran en su composición.—El oxígeno.—El nitrógeno.—El anhídrido carbónico.—El vapor de agua.—Composición del aire.—Combustión.—Llama.—Partes de que consta.—Respiración animal.—Respiración vegetal.

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea á la tierra en toda su extensión, sin la cual no se concibe la vida, pues el aire que la forma es el elemento vital por excelencia. Habíase dado á la atmósfera una altura prodigiosa, mas hoy los modernos cálculos han encontrado una altura mayor de 50 á 60 km. y un peso de 5 trillones de kg., de cuyo

número, por su magnitud, ni siquiera podemos formarnos una idea.

El aire había sido considerado por los antiguos como uno de los cuatro elementos, y esta creencia ha durado casi hasta nuestro siglo. A Lavoisier, célebre químico francés, corresponde la gloria de haber aislado sus elementos constitutivos, hallando que es una mezcla de *oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua.*

El oxígeno se nos presenta bajo la forma gaseosa, incoloro en pequeñas cantidades y azulado en grandes masas, insípido y con una afinidad tal, que se une con casi todos los cuerpos, mayormente si el calor ó la electricidad ayudan á esta unión, siendo con algunos tan instantánea y enérgica que se combinan con explosión. Es el cuerpo que más extendido se halla en la naturaleza, pues entra á formar parte del agua, del aire, y todas las sustancias animales y vegetales lo contienen, ya combinado ó ya en estado libre. El oxígeno electrizado se llama *ozono.*

El nitrógeno, también gaseoso, incoloro é insípido, es un gas enteramente pasivo, no arde ni sirve para la combustión; su existencia en la atmósfera es para neutralizar la demasiada actividad del oxígeno, porque respirando solamente este gas, la circulación se

activaría mucho, las funciones todas se ejercerían con gran rapidez y, en una palabra, viviríamos demasiado aprisa. Este gas, combinado con otros cuerpos, forma también parte de la materia animal y vegetal, principalmente de la primera; encuéntrase asimismo en algunas sustancias minerales, y, si exceptuamos el aire, no es abundante en este último reino.

El anhídrido carbónico, llamado también ácido carbónico, es otro gas incoloro, inodoro y con un sabor ligeramente acídulo y picante. Es muy pesado, mucho más que el aire, de manera que puede mantenerse dentro de un vaso abierto, y lo que es más, puede trasegarse de un recipiente á otro, de la misma manera que se trasegaría un líquido. Su acción sobre el organismo animal es deletérea y nociva: una cerilla encendida que se introduzca en un vaso que contenga ese gas, se apaga instantáneamente.

A diferencia del oxígeno y del nitrógeno, que son simples, el anhídrido carbónico es compuesto; compónenlo dos unidades del primero de dichos gases y una de carbono, encontrándose en libertad en diversos parajes, como en el Valle de la muerte en Java y la Gruta del perro en Italia, ocupando siempre las regiones inferiores de la atmósfera.

El vapor de agua procede de la constante evaporación que experimentan las aguas en virtud del calor solar.

El aire es un compuesto, ó mejor dicho, una mezcla de los cuerpos anteriormente enumerados, entrando cada uno de ellos bajo la siguiente proporción:

Oxígeno.	20'627
Nitrógeno.	78'402
Anhídrido carbónico.	0'041
Vapor de agua.	0'840
Total.	<hr/> 100'000

Sin embargo, esta proporción no es fija, pues las cantidades de vapor de agua y anhídrido carbónico varían según el lugar de donde se tome el aire para verificar el análisis. Contiene además otras sustancias en partes insignificantes y ajenas á su composición que lo impurifican.

Hemos indicado ya que el oxígeno tiene gran afinidad y que se une con muchos cuerpos. Cuando esta unión se verifica con desprendimiento de calor y luz, el fenómeno se llama vulgarmente combustión; pero en el terreno científico esta palabra tiene un sentido más amplio, pues combinaciones hay en las que se desprende calor y luz y, sin embargo, en nada interviene el oxígeno, y otras de

este cuerpo con otros varios sin que sucedan tales fenómenos, no dejando de ser por eso verdaderas combustiones.

Cuando el cuerpo que arde es gaseoso, entonces se forma la llama; para eso no importa que estos cuerpos sean sólidos ó líquidos en las circunstancias ordinarias. El calor los descompone, resultando de esta descomposición gases y vapores que se inflaman y cuerpos sólidos, como el carbono, que se enrojecen, dando mayor poder lumínico á la llama.

Si á ésta la examinamos detenidamente, verésmola compuesta de cuatro partes, una interior, obscura, ocupada por el carbón muy dividido que aún no ha llegado al grado de calor suficiente para enrojecerse; otra que envuelve á la primera, donde se halla el carbón enrojecido que se quema, aunque no totalmente; una envoltura exterior poco visible, que es el sitio donde la combustión se completa, por estar inmediatamente en contacto con el aire, y, por último, en la base de la llama, un casquete azulado, formado por gases cuya combustión, á causa del poco calor, no se ha completado todavía.

Cortando la llama con una tela metálica, se observa en la sección un círculo obscuro, correspondientes á la parte interior, una corona brillante que le rodea y la mayor tempe-

ratura de la zona exterior, lo cual produce un enrojecimiento más vivo en la tela.

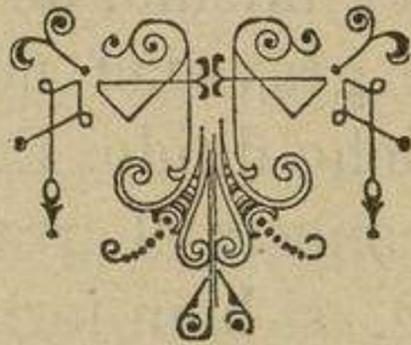
Obsérvase además un curioso fenómeno: al atravesar los gases que forman la llama el tejido de alambre, se enfrían apagándose completamente, de manera que la llama no puede atravesar la tela. Esta propiedad la utilizó Davy para construir su lámpara de seguridad ó de mineros, evitando con este invento un sinnúmero de espantosas catástrofes en las minas de carbón de piedra.

Una analogía bastante notable con la combustión tiene la respiración. Por su medio entra en el organismo una considerable cantidad de oxígeno que se combina con ciertas sustancias, principalmente con el carbono, producto de la renovación de los tejidos, las cuales han sido llevadas á los pulmones por la sangre venosa; allí se verifica un cambio de productos por medio del cual esta sangre impura se regenera. El carbono se une al oxígeno y forma anhídrido carbónico que, mezclado con vapor de agua, nitrógeno y una corta cantidad de oxígeno sobrante, sale al exterior en virtud de la aspiración.

Y ¡maravillosa sabiduría del Creador! con la respiración vegetal se purifica la atmósfera de esas cantidades de anhídrido carbónico que se acumularía hasta hacer imposible la

vida. Las partes verdes de las plantas absorben durante el día aquel gas deletéreo, lo descomponen, apropiándose del carbono que les es necesario para su vida y dejan el oxígeno en libertad, devolviéndolo á la atmósfera.

Pero esta respiración se verifica sólo durante el día; por la noche la respiración de las plantas, si bien muy débil, es idéntica á la de los animales: consumen oxígeno y exhalan anhídrido carbónico. Lo mismo hacen día y noche las partes que, cual las flores, tienen otro color. Por esta causa no debe tenerse en los dormitorios plantas de ninguna especie.





CAPÍTULO II

Peso del aire.—Disminución de su densidad según la altura.— Presión atmosférica.— Fenómenos que la comprueban.—El barómetro.—Medida de presión atmosférica por medio de este aparato.—El aire y el sonido.—Qué es el sonido.—Su propagación.—Ecos, resonancias y ecos múltiples.—Sonido y ruido: su diferencia.—Importancia de la atmósfera como medio de propagación de la luz.

El aire es pesado. Los antiguos ya lo sospecharon en vista de los efectos mecánicos del viento, y Aristóteles, para cerciorarse de ello, pesó un pellejo vacío, hinchólo luego y volvió á pesarlo; más con gran asombro suyo vió que el peso era el mismo, de lo cual dedujo que la fuerza de gravedad no ejercía acción alguna sobre dicho fluido. Es que en aquel entonces se desconocía el gran principio de Arquímedes, que, si bien formulado para líquidos, es de todo punto aplicable á los gases. Dice así: «todo cuerpo sumergido en un líquido en equilibrio, pierde otra parte de su peso igual al peso del líquido que desaloja».

El pellejo hinchado desaloja un volumen de aire enteramente igual al que tenía ence-

rrado, y, por consiguiente, el paso no debía sufrir la menor alteración.

Mucho tiempo después, Galileo observó que un frasco lleno de aire iba aumentando de peso á medida que en su interior se iban comprimiendo por insuflación nuevas cantidades de aquel fluido, y, más tarde, con el invento de la máquina neumática pudo apreciarse su verdadero peso. Después de haber hecho el vacío en un globo de vidrio, notóse que el peso había disminuído considerablemente, y habiéndole llenado luego de aire á 0°, al nivel del mar, pudo apreciarse que un litro de aire en tales condiciones, pesa 1 gramo y 3 decígramos.

Pero este peso no es constante; varía notablemente según la altura, á causa de que el aire no tiene en todas ellas la misma densidad. Las moléculas superiores gravitan sobre las inferiores, comprimiendo su masa, y claro está que cuanto más se ascienda menos peso soportarán las capas de aire que al paso se encuentren, y, por consiguiente, debe estar más dilatado.

Consecuencia también del peso del aire es la presión atmosférica. Verdad es que su densidad es muy pequeña, pero la gran altura de la atmósfera hace asombrosa dicha fuerza.

Cada metro cuadrado de la superficie de la

tierra soporta una presión enorme, producida por el peso de la columna de aire de igual sección colocada sobre él. Los antiguos conocían ya los efectos de esta fuerza, si bien atribuían sus fenómenos á otras causas. Habíase observado que las bombas no ascendían el agua más allá de 32 pies de altura, y Galileo sospechó que tal efecto debía ser consecuencia del peso del aire. Tal sóspecha dió origen á la invención del barómetro.

Sabíase también que un tubo cerrado por un extremo, lleno de agua, podía introducirse parcialmente en un depósito de dicho líquido sin que se vaciara, mientras el aire no encontrare camino libre para elevarse á la parte superior del tubo; más por pequeño acceso que hallara dicho fluido, hacía que el agua, cediéndole instantáneamente su sitio, descendiera hacia el depósito que es su región propia.

Torricelli, conocedor tal vez de esto y de las ideas de su maestro, el sabio más arriba citado, supuso como él que el peso del aire exterior obliga al agua á subir por el tubo cuyo aire se desaloja, hasta que el peso del agua elevada en su interior sea igual al de la columna de aire que pesa sobre la superficie del recipiente en que dicho tubo está sumergido y que empleando un líquido de mayor

peso que el agua, como, por ejemplo el, mercurio, la columna que el aire pudiera sostener debía necesariamente ser menor. La experiencia le confirmó este raciocinio. Tomó un tubo de vidrio de poco más de un metro de longitud, cerrado por un extremo, y lo llenó de mercurio; tapó luego con el dedo el extremo libre y lo introdujo en una cubeta que contenía el mismo líquido: el mercurio del tubo descendió algunos centímetros, deteniéndose á una altura de 27 pulgadas (0'76 metros).

Pascal hizo más aún. Llenó varios tubos de gran longitud de líquidos de diferente densidad y, repitiendo con ellos el experimento de Torricelli, observó que no se detenían á la misma altura, sino que ésta estaba precisamente en razón inversa de aquélla, lo cual era confirmar terminantemente que los sostenía una misma fuerza. Pero no se contentó con esto y fué todavía más allá, deduciendo la consecuencia siguiente: «Si el peso del aire es lo que sostiene la columna de mercurio, á mayor altura sobre la tierra corresponde una columna de aire menor y de menos peso, y, por consiguiente, la de mercurio debe serlo también». Repetidos experimentos practicados á diferentes alturas demostraron que no se había equivocado en sus cálculos.

Resulta, pues, el barómetro una verdadera balanza que acusa el cambio de densidad y de peso del aire que á su alrededor se halla. Con este aparato se ha podido comprobar que cada centímetro cuadrado soporta un peso de 1 kilogramo y 33 gramos, y calculándose la superficie de una persona regular en un metro y medio cuadrado, ó sean 15.000 centímetros cuadrados, resulta que la atmósfera ejerce sobre cada persona una presión de 15.500 kilogramos.

Si tan enorme peso no nos aplasta, es debido á que el aire nos rodea por todas partes y la presión se ejerce en todos sentidos. Además, en todas las más pequeñas y escondidas cavidades de nuestro interior, el aire ha penetrado libremente y con la misma presión y ésta se ejerce igualmente de dentro á fuera. Si pudiéramos extraer ese aire, el peso de la atmósfera nos aplastaría, como aplasta á un tubo de goma, al que por medio de una succión hemos desprovisto del aire que en su interior contiene; y si se quitara el que exteriormente nos rodea, el que tenemos encerrado pugnaría por salir, se dilataría, hinchando nuestro cuerpo y, por fin, la piel reventaría por las partes más delgadas, saliendo la sangre con violencia por esas aberturas.

Y no son sólo las funciones enumeradas las que el aire desempeña. Imaginémonos por un momento nuestra existencia en el globo sin esa envoltura gaseosa; convengamos en que la vida es posible sin este fluido y aun así falta más, muchísimo más. El oído, este sentido precioso, en virtud del cual nos ponemos en relación con nuestros semejantes y percibimos las múltiples armonías de la naturaleza, sería completamente inútil, porque el sonido no encontraría conductor para llevarlo hasta nosotros. Considerad ahora la vida: un eterno silencio.

¿Qué es el sonido? No es otra cosa que el resultado de las vibraciones de los cuerpos transmitidas por una sustancia ponderable y elástica. De aquí se desprende que todos aquéllos pueden transmitirlo, y así es efectivamente; pero ninguno, á excepción del aire, está en nuestro inmediato contacto. No solamente las demás sustancias lo transmiten, sino que muchas de ellas lo hacen aun con mayor velocidad.

La observación nos demuestra que el sonido no se propaga instantáneamente. No oímos el trueno al tiempo de ver el relámpago, y, sin embargo, ambos se producen simultáneamente. Es que la luz lleva una velocidad 240.000 veces mayor que el sonido.

Recordemos para estudiar su propagación, lo que sucede en la superficie del agua tranquila cuando en ella tiramos una piedrecita: fórmanse ondas concéntricas que van ensanchándose rápidamente hasta besar la orilla. Lo mismo sucede en el seno de la atmósfera: vibra un cuerpo, y estas vibraciones son transmitidas á las primeras moléculas del aire que está en su contacto, éstas las transmiten á las siguientes, y así, en virtud de compresiones y dilataciones sucesivas, fórmanse las ondas sonoras que, avanzando con una velocidad de 340 metros por segundo, llegan á impresionar nuestro oído.

Sucede á veces que las ondas sonoras encuentran en su marcha un obstáculo que las detiene; entonces chocan contra él y se reflejan, como se refleja un rayo luminoso que hiere en la superficie de un espejo. El resultado de esta reflexión es el eco.

Para que el eco se produzca, es preciso que el obstáculo con que chocan las ondas sonoras se encuentre cuando menos á una distancia de 17 metros. Así solamente se oye una sílaba, y si es menor se produce esa resonancia confusa que se oye en habitaciones grandes y desamuebladas.

Puede suceder que se encuentren dos obstáculos paralelos y que las ondas se reflejen.

sucesivamente en uno y en otro; entonces se producen los ecos múltiples que, como el de Simonetta en Italia, repite 50 veces el disparo de un arma de fuego, el de Coblenza 17 veces una palabra, etc.

Conviene establecer una diferencia entre el sonido y el ruido y esta diferencia no existe esencialmente, pues se confunden sus límites. Llamamos ruido, á una sensación producida en el oído con menos regularidad que el sonido; sin embargo, casi todos los ruidos dejan de serlo cuando podemos compararlos con otros que no produzcan iguales sensaciones.

Es ruido, por ejemplo, la sensación que nos causa la caída de una tablilla en el suelo; pero si dejamos caer sucesivamente siete tablillas cuya longitud y grueso vayan aumentando proporcionalmente, obtendremos siete sonidos distintos que producirán la gama musical.

Hemos visto que el sonido es producido por las vibraciones de los cuerpos; pero no todos los cuerpos que vibran producen sensaciones al oído. Para esto es preciso que el número de vibraciones llegue á 60, formando entonces el sonido más grave que el oído humano puede percibir y que no pasen de 40.000 que producen el más agudo, límites que pueden

variar más ó menos según el desarrollo que tenga ese sentido.

La atmósfera conduce también la luz, ó mejor dicho, la esparce por todas partes; sin ella, solamente estarían iluminados los puntos que los rayos del sol hirieran directamente. Cualquier sombra que proyectara un cuerpo opaco, sería negra como la noche, y ésta sucedería al día repentinamente sin estos hermosos crepúsculos; la luz difusa no existiría; no habría más que ó luz brillante ó negras sombras.





CAPÍTULO III

—

El equilibrio en los gases.—El viento.—Causas que lo producen.—División de los vientos.—Vientos regulares: alisios y contra-alisios.—Sus causas.—Vientos periódicos: monzones y brisas.—Sus causas.—Vientos irregulares: la tramontana, el solano, el mistral, el foen, el simún y el siroco.—Ciclones.—Su formación y causas.—Tromba ó manga.—Cómo se produce.

Una propiedad esencial de los fluidos, y por consiguiente del aire, es su tendencia al equilibrio. Un punto cualquiera de la atmósfera no puede en modo alguno estar desprovisto de aire, pues de lo contrario, las capas circunvecinas se precipitarían á llenar el vacío, formando otro á su vez que sería llenado por el aire inmediato. Esta propiedad es la causa productora de todas las corrientes atmosféricas desde la suave brisa al huracán furioso.

El viento no es otra cosa que la traslación de una considerable masa de aire en virtud de un desequilibrio en la atmósfera.

A tres pueden reducirse las causas produc-

toras de ese desequilibrio: á una diferencia notable de temperatura entre dos puntos de la tierra, á la condensación brusca de una gran cantidad de vapor de agua, ó bien á la formación rápida de una masa considerable de la misma sustancia.

En el primer caso, el aire que descansa sobre la porción más caliente de la superficie de la tierra, será á su vez calentado, y por lo tanto, se dilatará y subirá á regiones superiores; mas esta subida ocasiona un vacío que hará precipitarse en él al aire inmediato, el cual seguirá la misma suerte, originándose una corriente.

Cuando una nube se resuelve repentinamente en lluvia, deja un espacio igual á su volumen completamente falto de aire, ocasionando un desequilibrio que debe restablecerse, poniéndose, por esta causa, en movimiento las capas de aire circunvecinas; estas corrientes se llaman de *aspiración*. Al contrario sucede cuando hay una formación rápida de vapor de agua: entonces el aire es impelido, formando corrientes llamadas de *insuflación*, por verificarse de opuesto modo que las anteriores.

Los vientos se clasifican en regulares é irregulares, pudiendo ser los primeros constantes y periódicos, según soplen siempre en

la misma dirección ó sólo en épocas determinadas. Los irregulares no tienen dirección ni épocas fijas, debiéndose su formación á causas muy variadas.

Los vientos constantes son los llamados alisios; débense á la diferencia de temperatura que existe entre los polos y el ecuador y al movimiento de rotación de la tierra.

Caliéntase la zona tórrida, y corrientes de ambos hemisferios se lanzan á ocupar el lugar que el aire dilatado ha dejado vacío; pero como la tierra gira y la atmósfera sigue su movimiento, á medida que van avanzando hacia el ecuador encuentran á los distintos paralelos de la tierra dotados de una velocidad siempre creciente, y se retrasan con respecto á ellos, cambiando gradualmente de dirección. El aire que ha subido del ecuador, al remontarse á las alturas se enfría, y forma otras dos corrientes superiores que se dirigen en sentido contrario, es decir, del ecuador á los polos, restableciendo el desequilibrio producido por los alisios. Estas corrientes toman el nombre de contra-alisios.

Como vientos periódicos citaremos los *monzones* y las *brisas*. Son los monzones unos vientos que soplan comunmente en las costas del sur del Asia con rumbo al Africa, ofreciendo la particularidad de soplar seis

meses en una dirección y otros seis en la opuesta. Las causas de estos vientos son la desigualdad de temperatura de los continentes mencionados, la conformación especial del asiático y las distintas marchas que toman los alisios según las estaciones.

Las brisas son corrientes que se observan en las costas, dirigiéndose de la tierra al mar y viceversa, debidas á la desigualdad de calefacción que experimentan la tierra y las aguas. Durante el día la tierra absorbe más cantidad de calor y, en su virtud, se calienta y dilata el aire que se remonta á altas regiones, siendo reemplazado por el aire frío del mar. Por la noche se invierte el fenómeno: la tierra, por irradiación, pierde mucho más calor que las aguas, las cuales se conservan relativamente cálidas; el aire que sobre ellas descansa se dilata y sube, ocupando el vacío que deja el aire frío de la tierra.

Los vientos irregulares, hemos dicho, no tienen rumbo fijo y dependen de una multitud de circunstancias. Cuanto más se avanza desde la zona tórrida hacia los polos, los vientos son tanto menos constantes, tomando nombres diversos según las comarcas que atraviesan. La *tramontana* ó *gallego* es un viento que sopla en España del N. O. con tan gran violencia, que malogra muchas veces

las cosechas. Sopla también en nuestro país, en ciertas ocasiones, otro viento conocido con el nombre de *solano* muy perjudicial á la salud por su elevada temperatura y las arenas que lleva en suspensión, el cual tiene su origen en Africa.

El *mistral*, cuyo contrario es el *foen*; es el primero un viento de muy baja temperatura que sopla en el sur de Francia después de haber pasado por las heladas cumbres de los Pirineos y los Alpes, debiendo en parte su violencia á la forma del istmo pirinaico. El segundo es un viento cálido procedente del Africa; su empuje es extraordinario, y al chocar contra las nieves perpetuas las derrite, siendo uno de los principales agentes del deshielo de los Alpes.

El *simún*, enemigo terrible de las caravanas que atraviesan los desiertos del Sahara y de la Arabia. Sopla con tan furioso ímpetu, que arrastra montañas de arena caldeada por los rayos de un sol ardiente que ciega primero y sepulta después á los desgraciados viajeros que á su paso encuentra. Procedente también del Africa, sopla en Italia otro viento particular, el *siroco*, que comunica gran malestar á los habitantes de aquel país á causa de su gran temperatura.

No siempre las corrientes aéreas siguen su

curso natural. Existen causas que á veces las desvían y encontrándose dos de ellas en sentido opuesto chocan entre sí, formando un torbellino que, girando sobre sí mismo con rapidez vertiginosa, tala los bosques, desmorona hasta los cimientos los edificios más sólidamente contruidos, infundiendo el terror y el espanto por doquiera que pase. Este terrible meteoro toma el nombre de *ciclón*.

Son los ciclones de extensión vastísima, aumentando su violencia de la circunferencia al centro, en cuyo lugar reina una calma de límites variables; en esta parte, llamada *vórtice*, no existe nube alguna, el sol luce con todo su esplendor, el aire no se mueve y, sin embargo, si el meteoro sucede en el mar, éste está furiosamente agitado.

Nacen por lo común estos meteoros en la zona tórrida, y apenas formados, con su cortejo de lluvias torrenciales y excepcionales descargas eléctricas, se dirigen hacia uno ú otro hemisferio con un rapidísimo movimiento de traslación, describiendo una curva parabólica de longitud y anchura variables, notándose la particularidad de que en el hemisferio norte, gira el ciclón de derecha á izquierda y de izquierda á derecha en el hemisferio sur. Su fuerza es tanta que nada resiste á su violento empuje; no parece sino

que el genio de la destrucción haya tomado cuerpo en él, pues su paso por una comarca, equivale á la ruina y á la desolación.

Otro meteoro aterrador es la tromba ó manga; parece ser debido á la electricidad y su violencia es tanta casi como la del ciclón, pero su círculo de acción es mucho más reducido. Su formación se explica de la siguiente manera:

A consecuencia de una gran tensión eléctrica, la parte inferior de una nube tempestuosa se dirige hacia la tierra ó al mar en forma de cilindro ó cono invertido más ó menos deformado, cuya base descansa en la nube, formando un lazo de unión entre ésta y la tierra.

En ambas partes reina bajo la columna una gran agitación, formando el agua ó el polvo otra columna que parece pedestal de la primera. Entonces empieza su obra de destrucción; avanza con lentitud aparente, se retuerce convulsa sobre sí misma y deja sentir su furioso ímpetu sobre todo lo que se halla á su alcance.

EL POR QUÉ DE LOS FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS

Por qué el aire es tan esencial para la vida?

Porque sus componentes forman el principal elemento del tejido de nuestro cuerpo. La respiración nos suministra tres cuartas partes de sustancia alimenticia.

Por qué el cielo despejado es azul?

Porque es el color del aire en grandes masas.

Por qué vemos las montañas lejanas de un color azul?

Porque hay una gran masa de aire interpuesta.

Por qué arden muchos cuerpos?

Porque se componen de materias que tienen afinidad con el oxígeno y se combinan con él.

Por qué explota el gas del alumbrado?

Porque al atravesar una llama la mezcla de este gas y el oxígeno, se combinan con gran rapidez, poniendo en conmoción las capas de aire.

Por qué ocurren explosiones en las minas de carbón de piedra?

Porque de este mineral se desprende un gas muy semejante al del alumbrado y con el cual tiene también el oxígeno mucha afinidad.

Por qué quemando azufre bajo la campana de una chimenea en la que se ha prendido fuego, éste se apaga casi enseguida?

Porque del azufre en combustión se desprende un gas llamado *ácido sulfuroso* el cual, además de ser impropio para la combustión, se apodera con mucha rapidez del oxígeno del aire y su efecto es seguro, si se evita la entrada del aire en la chimenea, tapando su boca con una manta mojada.

Por qué el eslabón produce chispas al chocar con el pedernal?

Porque con el choque se desprenden pequeñas partículas de hierro, el cual, estando muy dividido, se enrojece al contacto del aire.

Por qué el nitrógeno es tan abundante en la atmósfera?

Porque evita la demasiada energía del oxígeno.

Por qué no conviene dormir en una cama con las cortinas cerradas?

Porque con la respiración expelemos anhídrido carbónico, el cual es un gas muy nocivo.

Por qué sería conveniente que las cortinas de las camas tuvieran un agujero en la parte superior?

Porque el anhídrido carbónico expelido, que caliente es más ligero que el aire, encontraría por allí libre salida.

Por qué los objetos lejanos se ven más claros unos días que otros?

Porque á veces la atmósfera se halla más desprovista de vapor acuoso, que es la sustancia que le quita su transparencia.

Por qué el fuego arde con más intensidad soplándolo con un fuelle?

Porque recibe, por este medio, nuevas cantidades de oxígeno, el cual activa la combustión.

Por qué si se sopla fuertemente el pábilo de una luz que esté en inigción vuelve á encenderse?

Porque ponemos en su contacto repetidas cantidades de oxígeno.

Por qué se ponen tubos de vidrio en las lámparas?

Porque de esta manera se establece una corriente ó tiro continuo de aire.

Por qué las lámparas no dan buena luz en cuartos muy mal ventilados?

Porque carecen del oxígeno suficiente para completar la combustión.

Por qué el cok y el carbón vegetal arden sin llama?

Porque en su preparación se ha extraído la sustancia que combinándose con el oxígeno la produce.

Por qué el centro de las llamas tiene un color obscuro?

Porque en esta parte reside el carbono que aún no se ha quemado.

Por qué dan humo muchas lámparas?

Porque no afluye bastante oxígeno para quemar el carbono.

Por qué la lámpara de seguridad evita las explosiones en las minas de carbón?

Porque la tela metálica con que están formadas, enfría la llama y no puede atravesarla.

Por qué los habitantes de las ciudades tienen un color fresco y sonrosado, y los de las grandes ciudades lo tienen pálido y extenuado?

Porque el oxígeno colora la sangre, y los primeros respiran siempre aire puro, mientras que los segundos lo respiran en extremo viciado.

Por qué no conviene tener plantas en los dormitorios?

Porque en su respiración nocturna expelen anhídrido carbónico.

Por qué el barómetro determina la presión atmosférica?

Porque en la cámara barométrica hay el vacío casi absoluto, y según el aire se enra-

rezca, pesa más ó menos, haciendo subir ó bajar la columna de mercurio que no encuentra presión interior.

Por qué á grandes alturas sale sangre por la boca, ojos, narices, etc., de los viajeros?

Porque existe en aquellas alturas diferente presión entre el aire interior y el exterior del cuerpo, y como tiende siempre á conservar el equilibrio, rompe la piel por las partes más delgadas.

Por qué con el barómetro se puede medir la altura de las montañas?

Porque cuanto más se asciende, el aire está más dilatado, siendo menor su presión, y la columna barométrica baja á medida que aquélla disminuye.

Por qué decimos de ciertos días que son pesados?

Porque sentimos un especial malestar á consecuencia de una diferente presión, entre el aire exterior é interior de nuestro cuerpo.

Por qué una campana rajada produce sonidos ásperos y discordantes?

Porque no habiendo unión entre sus átomos, sus vibraciones no son uniformes ni se verifican con la misma intensidad, produciendo sensaciones desagradables al oído.

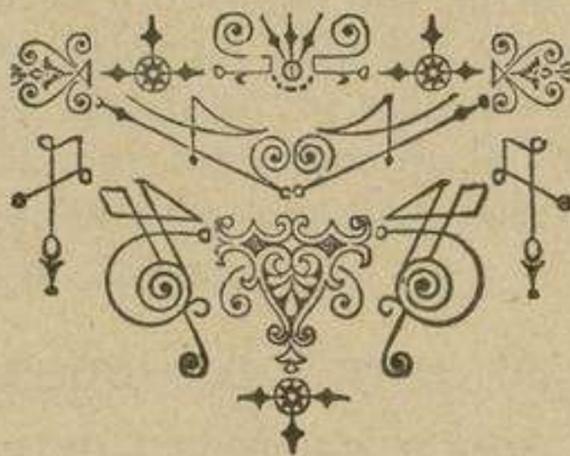
Por qué se aplica el oído al suelo para per-

cibir mejor el ruido que produce un carruaje?

Porque los sólidos conducen el sonido con más intensidad y rapidez que los gases.

Por qué sopla el viento?

Porque el aire tiende siempre á conservar el equilibrio, y el viento no es otra cosa que corrientes que se dirigen de un punto en que el aire es más denso á otro en que lo es menos.





PARTE SEGUNDA

EL AGUA

CAPÍTULO I

Composición del agua.—El hidrógeno.—Proporciones de los componentes y estados del agua.—El agua en estado líquido y su color en grandes masas.—Aguas subterráneas.—De qué depende su sabor.—Aguas potables.—Id. termales.—El mar.—Origen de la sal común.—Movimientos de las aguas del mar: olas, corrientes y mareas.—Acción del agua en la tierra.

El agua, después del aire, es el cuerpo más esencial de la naturaleza y como aquél había sido incluida por los antiguos entre los cuatro elementos; mas James Wat primero, y posteriormente Lavoisier la analizaron, hallando, no un cuerpo simple como hasta entonces se había creído, sino un compuesto de dos gases: el *oxígeno* y el *hidrógeno*.

El primero nos es ya conocido; el hidrógeno es un gas incoloro é insípido, de densi-

dad tan escasa, que es el cuerpo más ligero que se conoce, y por esta causa se llenan con él los globos aerostáticos para que puedan alcanzar grandes alturas. Arde con llama azulada, combinándose lentamente con el oxígeno del aire; mas si atraviesa la mezcla de ambos gases una chispa eléctrica ó una cerilla encendida, la combinación es entonces repentina, produciendo una violenta detonación.

Uniéndose el oxígeno con ese gas que ligeramente hemos descrito, se forma el agua; pero como las combinaciones químicas no se verifican al azar, sino que al unirse los cuerpos lo hacen bajo ciertas leyes, para formar el compuesto que estudiamos, sus componentes se combinan bajo la proporción de una unidad de oxígeno por dos de hidrógeno. Sólo así se forma el agua que en sus tres estados, sólido, líquido y gaseoso, ocupa más de tres cuartas partes de la superficie de nuestro globo.

El agua en estado líquido es incolora, inodora é insípida; sólo en grandes masas la vemos verde ó azul, según la hieran los rayos del sol y según la naturaleza del fondo sobre que descansan. Además, las aguas de los mares pueden presentárenos bajo otros colores, y de ahí las denominaciones de mar Rojo,

mar Negro, etc. Esta coloración se debe á las sustancias que el agua puede llevar disueltas y también á un sinnúmero de microscópicos animales y vegetales que viven en su seno. La fosforescencia que á veces en el mar se observa, es también producida por un animal pequeñísimo, la *noctiluca miliaris*, que en número extraordinario, flotan en la superficie de las aguas.

El mar es el depósito común de todas ellas. Las corrientes que circulan por la superficie de la tierra tienen en él su origen y á él vuelven después de un viaje más ó menos largo.

Bajo el influjo del calor solar el agua se evapora y forma las nubes, las cuales se condensan y se transforman en lluvia. Ya veremos más adelante cómo sucede todo esto. Al caer el agua de las nubes, parte de ella vuelve á evaporarse, y el resto se filtra por el interior de la tierra, hasta que encuentra una capa impermeable que no puede traspasar, deslizándose por ella, siempre en busca de su nivel, hasta salir de nuevo á la superficie en forma de *fuentes* ó *manantiales*.

Pero esta agua no tiene la misma pureza que cuando cayó de las nubes; como su poder disolvente es muy grande, en su marcha por el interior de la tierra habrá podido pasar por terrenos compuestos de sustancias

solubles en ella, é irse cargando de materiales diversos y de ahí el gusto que se observa en ciertas aguas. Estas sustancias pueden ser de tal naturaleza, que sirvan para combatir ciertas enfermedades, designándose entonces con el nombre de *minerales* ó *medicinales*. Cuando las sustancias disueltas no llegan á cinco decigramos por litro, las aguas se llaman *potables*. Pueden también pasar por terrenos dotados de gran actividad química en los que se produzcan combinaciones y descomposiciones con desarrollo de calor; entonces toma el agua una temperatura elevada y, en ocasiones, sale al exterior con esa temperatura, dando origen á los *geissers* ó manantiales de aguas calientes.

Hemos indicado que el mar recibe todas las corrientes terrestres, y como al evaporarse las aguas no se llevan consigo ninguna de las sustancias que tenía disueltas, todas quedan allí, de manera que la composición del agua del mar es muy compleja. Treinta y dos sustancias han podido encontrarse, siendo la más abundante de ellas la sal común.

Mucho se ha discutido sobre el origen de la sal en las aguas del mar; unos han sustentado que era debida á yacimientos que en su fondo existían, otros que era producida por la descomposición de ciertas plantas marinas y

otros, por fin, que la sal se ha ido acumulando en el transcurso de los siglos, procedente de las corrientes terrestres, las cuales después la han dejado al evaporarse.

A ciencia cierta nada puede decirse sobre esto. Es, sin embargo, probable que las aguas del mar no tenían en tiempos muy remotos el mismo grado de salobridad, lo cual vendría á confirmar la última de las hipótesis mencionadas. La sal común no existe sólo en el mar; encuéntrase también en el interior de la tierra, formando yacimientos, á veces de considerable extensión, los cuales pueden dar lugar á serios trastornos, pues estando al paso de una corriente subterránea, esta irá disolviendo la sal, que no pudiendo sostener luego los terrenos que descansan sobre ella, sobrevendrá un hundimiento de efectos análogos á un terremoto.

Las aguas no se encuentran nunca en reposo; prescindiendo ahora de los cambios de estado, ennumeraremos los movimientos de las aguas marinas. Son éstos las *olas*, las *mareas* y las *corrientes*.

Bajo la acción del viento se forman las olas en la superficie de los mares; son tanto más altas y espaciadas entre sí cuanto más impetuoso es el viento que las levanta y más profundo el fondo sobre que descansan las

aguas. En todos casos, no se agitan más que las aguas superficiales, sin que cambien de sitio. Las corrientes de aire no hacen más que comprimir el agua de arriba á abajo, aunque algo oblicuamente, produciendo una elevación que repetida sucesivamente en la masa líquida, nos hace ver, en virtud de una ilusión óptica, que las olas tienen una determinada velocidad.

Las mareas son movimientos periódicos que experimentan las aguas del mar, en virtud de la atracción combinada del sol y de la luna, especialmente de esta última. Dicha fuerza no puede ejercer su acción sobre la parte sólida del globo, y obra sobre la líquida, cuyas moléculas, por tener menos cohesión, son atraídas fuera de su nivel. Cuando las aguas suben, la marea se denomina *ascendente* ó *flujo* y *descendente* ó *reflujo* cuando bajan. El período de tiempo en que se verifican las mareas es de seis en seis horas.

Las corrientes, verdaderos rios marinos, son debidos á la diferente temperatura de las aguas del polo y del ecuador y al movimiento de rotación de la tierra. Las principales son las polares y la ecuatorial, especialmente esta última, que está caracterizada por un hermoso color azul y por la elevada temperatura de sus aguas. Confundida también con el

nombre de *Gulf-Stream* (corriente del Golfo), tiene ésta su origen en el de Méjico, y formando un inmenso circuito, vuelven sus aguas al punto de partida, después de haberse bifurcado en varias ramas.

La importancia de las corrientes es grandísima, pues ellas modifican en grande escala las condiciones climatológicas de algunos países, facilitan la navegación y uniforman la fauna y flora marina, pues arrastran gérmenes orgánicos á largas distancias.

El agua en estado líquido es un gran agente modificador de la naturaleza. El mar desgasta con el tiempo las orillas que lo limitan, transformando las rocas en menuda arena que deposita luego en las playas; las corrientes terretres arrastran materiales diversos que dejan á su desembocadura, formando verdaderas islas, generalmente en forma triangular, conocidas con el nombre de *deltas*; las lluvias forman á veces grandes sedimentos en las depresiones de los terrenos, y, por último, al tratar de la sal común hemos visto los hundimientos á que puede dar lugar la disolución de esta sustancia en las corrientes subterráneas.





CAPÍTULO II

El agua en estado sólido.—Dilatación que sufre al congelarse.—Formación del hielo en aguas tranquilas.—Idem en el mar.—Idem en aguas corrientes.—Nieve.—Ventisqueros.—Nieves perpetuas.—Glaciares.—Causas de sus movimientos.—Avalanchas.—Granizo.—Su formación.—Escarcha.

Cuando la temperatura disminuye, el agua va aumentando su densidad hasta llegar á 4° donde alcanza su punto máximo; mas si la temperatura continúa descendiendo, la densidad disminuye, hasta que á 0° empieza á solidificarse, tomando formas cristalinas bien definidas, que forman en conjunto una masa sólida y homogénea, de aspecto vítreo y de densidad menor que el agua líquida, puesto que flota sobre ella, conociéndose entonces con los nombres de *hielo*, *nieve*, *granizo* y *escarcha*.

En el estado sólido ocupa el agua una porción bastante grande de la superficie de nuestro globo, en las regiones polares y en la cumbre de las altas montañas. Al solidi-

ficarse aumenta considerablemente de volumen; un cañón de fusil, lleno de agua y herméticamente cerrado, estalla con violencia al someterlo á una baja temperatura. En virtud de esta expansión, se desgarran en invierno los tejidos de las plantas, se hienden los árboles, se desmoronan los edificios donde se ha infiltrado la humedad, etc.

En el agua tranquila, cuando el frío es muy intenso, aparece en su superficie una delgada película formada por innumerables agujas entrelazadas, que poco á poco van aumentando, formando en ocasiones una capa de considerable espesor.

Mas si hay una gran cantidad de agua no se hiela toda su masa, pues la del fondo se conserva relativamente cálida, pudiendo vivir de este modo las animales que de otra manera perecerían. La razón de esto es muy sencilla: el agua no conduce bien el calor, y como hemos dicho, tiene su máximum de densidad á 4°. Ahora bien: la capa de agua que está en contacto con la atmósfera, se enfría y se condensa hasta que no puede sostenerse en la superficie á causa de su mayor peso y baja para buscar el equilibrio; mas esta capa es reemplazada por otra que sufre igual suerte, y al llegar todas á la temperatura de 4° se quedan estacionarias y sólo se

enfriía la capa superior que ya no puede descender por ser menos densa que las otras, convirtiéndose en hielo, el cual, por no conducir bien el calor conserva el del agua restante.

Otro fenómeno contribuye en las aguas marinas á que estas no se solidifiquen en toda su masa. La sal que llevan disuelta se separa al congelarse el agua y pasa á saturar la que queda líquida, siendo entonces mucho más difícil su congelación.

En el agua corriente, como en la de los rios, arroyos, etc., la congelación empieza en las orillas, que son los puntos donde la velocidad es menor; principia el hielo á formarse en ellas y avanzando de ambas partes al centro, acaban por unirse, soldándose sus bordes. La congelación en muchos casos empieza en el fondo; allí la velocidad es también menor y por otra parte, es sabido que una cristalización se efectúa con más facilidad, si las sustancias que han de cristalizar encuentran un nucleo, alrededor del cual puedan agruparse. El fondo de los rios está lleno de guijarros, yerbas, etc., que detienen más ó menos el agua en su carrera y se empiezan á formar pequeños témpanos que suben á la superficie y se agrupan, uniéndose unos con otros hasta que se ha verificado la congelación total.

El agua se hiela también en las alturas. Las nubes, de las que hablaremos luego, encuentran en elevadas regiones una temperatura inferior á 0° y se convierten en diminutos cristales que, agrupándose en forma de diminutas flores de seis pétalos y estrellitas de seis ú ocho puntas, caen sobre la tierra como una bandada de blancas mariposas. El agua en esta forma recibe el nombre de *nieve*.

Cuando la nieve encuentra en el suelo una temperatura inferior á su punto de fusión, como sucede en la cumbre de las elevadas montañas, queda en estado sólido, y el viento levanta parte de ella y la transporta á sitios más abrigados, acumulándose allí en grandes cantidades, conociéndose estos lugares con la denominación de *ventisqueros*.

Sucede también que los rayos del sol y las nieblas tibias que se remontan por los flancos de las montañas, funden una buena porción de la nieve allí depositada, y el agua resultante vuelve á congelarse con el frío de la noche, transformándose en un hielo especial, granujiento y lleno de burbujas de aire, de estructura intermedia entre el hielo y la nieve, conocido con el nombre de *nevaxo*, el cual, en virtud de licuaciones y congelaciones sucesivas, llega á formar una masa

sólida y homogénea que constituye las *nieves perpetuas*.

En los países en que el invierno es muy frío y el verano templado, el nevazo puede acumularse en depresiones del terreno ó formarse en los mismos ventisqueros y salir de estos lugares ya completamente solidificado, por un cauce abierto en las rocas, y deslizarse con suave movimiento por las vertientes de las montañas, llegando en ocasiones hasta los valles. Estas corrientes de hielo se llaman *glaciares*.

Sus movimientos son de dos clases: uno semejante al que tomaría una masa sólida, una roca por ejemplo, al caer por una pendiente, y otro idéntico al de los líquidos, es decir, un cambio completo de posición de sus moléculas, en virtud de un movimiento independiente en cada una de ellas. No se sabe la causa cierta de estos movimientos; varios autores han tratado de explicarlo de una manera satisfactoria, diciendo que son debidos á la pesantez del hielo y á la fusión que en parte experimenta, ayudados por la escasa plasticidad que posee. Se ha observado que la velocidad es mayor en el centro del glaciar que en las orillas y que en el fondo; tal sucede también en las corrientes líquidas con las los que hemos comparado, siendo debido á

que en el centro no hay el rozamiento que en el fondo y en las orillas existe.

El calor del sol funde parte del hielo superficial de un glaciar y el agua se escurre al fondo por numerosas grietas ya longitudinales ya transversales, que, en virtud de la diferencia de velocidad, se abren en él, constituyendo una causa de su movimiento.

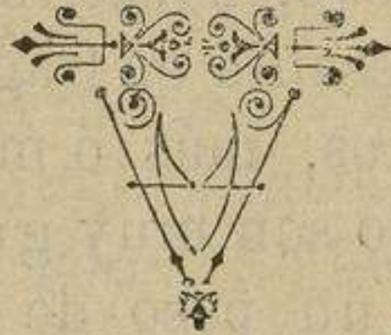
En ocasiones ocurren desprendimientos de grandes moles de hielo que por fusión de su base ú otras causas pierden el equilibrio, y entonces se desprenden con terrible ímpetu y atronador ruido, engrosando con la nieve que encuentran á su paso á medida que descienden, y al llegar á las regiones habitadas, devastan bosques y sembrados, y hasta aldeas enteras han quedado aplastadas bajo empuje tan formidable. A estos desprendimientos se les llama *avalanchas*.

Aun en verano vemos caer de las nubes el agua en estado sólido, pero en forma muy distinta de la nieve, constituyendo el *grani-zo*, el cual se presenta en fragmentos ordinariamente esféricos, más ó menos regulares, formados, cuando son muy gruesos,—pues á veces alcanzan un peso de 100 y aun 200 gramos—por la superposición de partículas cristalizadas alrededor de un núcleo central.

No se ha explicado todavía la formación

del granizo: atribúyese á la electricidad, pues se forma durante las borrascas, cuando la temperatura del suelo es elevada, y decrece rápidamente con la altura. Sin embargo, es más admisible creer que se forma al resolverse las nubes en lluvia, si bien con un frío tan intenso, que hiela los glóbulos de agua en el instante mismo de su formación. Por fortuna las granizadas son generalmente de poca duración, comprendiendo regiones muy limitadas, no dejando de ocasionar por eso graves perjuicios.

El vapor de agua puede congelarse sin pasar por el estado líquido, como también se evapora el hielo sin antes fundirse. En aquel caso se forma la *escarcha*, que en las mañanas de invierno se ve depositada sobre los cuerpos expuestos á la intemperie, en forma de una masa esponjosa de hielo.





CAPÍTULO III

—

El vapor de agua.—Las nubes: su formación y estructura.—Por qué se sostienen en el aire.—Formas que adoptan las nubes.—Tipos principales.—Niebla.—Lluvia.—Circunstancias que concurren al aumento de las lluvias.—Rocío: sus causas.—Serenos y relentes: causas que los producen.

Mediante el calor, el agua se evapora en cualquier estado que se encuentre, transformándose en un fluido transparente sutil y elástico, cuyo volumen es 1700 veces mayor que el que tiene en su estado líquido. El sol es el foco calorífico que levanta de las aguas marítimas y continentales grandes cantidades de vapor, el cual, por tener un peso menor que el del aire, se eleva á unas alturas á veces considerables. A causa de la menor temperatura que existe en las altas regiones, ó en virtud de una corriente de aire frío encontrada á su paso, el vapor se condensa y se agrupa en esferitas, perdiendo su transparencia, con lo cual queda constituida una nube. Muy divergentes son las opiniones de los me-

teorologistas sobre la naturaleza de tales esferitas, pues mientras unos suponen que son pequeñas vesículas semejantes á las burbujas de jabón, otros arguyen que son macisas y que flotan en el aire á manera de tenue polvillo.

De todas maneras, ninguna de estas dos hipótesis demuestra cómo se sostienen las nubes en el aire, y la ciencia anda apurada para explicarlo, puesto que estando formadas por agua en estado líquido, ésta siempre tiene un peso mayor que el aire. Sin embargo, hay un hecho que confirma que la inmovilidad de las nubes en sentido vertical no existe y es el descenso que aun en los días más serenos se observa en aquéllas desde la cumbre de las altas montañas. En virtud de este movimiento la parte inferior de la nube va evaporándose, á causa de encontrar el aire más cálido que el de la región de que procede, mientras que la superior se recarga con nuevas cantidades de fluido. Añádese á esto la resistencia que opone el aire á la caída de las vesículas, como también á las continuas corrientes de aire cálido que se levantan de la tierra y, además, á la calefacción del que está interpuesto entre los pequeños glóbulos, que á causa de estar en contacto con ellos, se calienta con mucha más rapidez que el exterior cuando el sol le hiere.

con sus rayos, ó bien se enfría menos durante la noche, y haciendo lo que el gas en un globo aerostático, contraresta en parte la acción de la gravedad.

Cuando las nubes encuentran una temperatura baja, sufren una condensación, y entonces se produce la *lluvia*, la cual no es más que la caída en forma de gotas del vapor de agua condensado. Estas gotas son en un principio muy pequeñas, mas luego se unen varias de ellas y á no ser por el aire que las disgrega, caerían reunidas en una sola masa de peso enorme, con una fuerza y velocidad considerables.

Con facilidad puede comprenderse que la lluvia es más frecuente en la zona tórrida que en las templadas y frias, puesto que siendo allí más abundante la evaporación á causa del mucho calor, siempre reina en la atmósfera un exceso de humedad que no tarda en resolverse en lluvia, excepto en los desiertos, de donde se levantan siempre corrientes de aire cálido que impiden la condensación del vapor. Varias circunstancias *accidentales* unas, como las plantaciones de árboles, canales de riego, etc., y *topográficas* otras, como son la latitud de un país, la proximidad del mar y las montañas concurren al aumento de las lluvias en una comarca dada,

siendo de notar la aridez de ciertas regiones antes fertilísimas, á causa de haberse talado inconsideradamente los bosques que en ellas existían, y otras, como en Egipto, donde gracias á grandes plantaciones, se han regularizado las lluvias, las cuales eran casi desconocidas.

Otro meteoro acuoso es el *rocío*: lo constituyen esas pequeñas gotas que en ciertas mañanas se ven depositadas sobre los objetos que han estado expuestos á la intemperie, debidas al vapor acuoso que se condensa á causa del enfriamiento que por irradiación sufren durante la noche los cuerpos que están en contacto con la tierra.

Al ocultarse el sol en el horizonte, el aire sufre un enfriamiento que hace condensar el vapor de agua de las capas inferiores de la atmósfera, cayendo en lluvia finísima y sólo perceptible por los efectos, sin que exista nube alguna. Á este fenómeno se le da el nombre de *sereno*, y cuando la caída es muy lenta y de mucha duración se denomina *relente*.

EL POR QUÉ DE LOS FENÓMENOS ACUOSOS

Por qué en las ascenciones aerostáticas se llenan los globos con gas hidrógeno?

Porque es el cuerpo más ligero que se co-

noce, y de esta manera los globos pueden alcanzar grandes alturas.

Por qué tienen color las aguas de los mares y la de los grandes lagos?

Porque se lo comunican la naturaleza del fondo sobre que descansan, el modo con que la hieren los rayos del sol y las sustancias animales, vegetales y minerales que llevan en suspensión.

Por qué el agua de los pozos se diferencia de la de lluvia, de la cual procede?

Porque en su camino por el interior de la tierra disuelve algunos cuerpos sensibles al gusto.

Por qué en las calderas de vapor quedan residuos pedregosos?

Porque el agua común, que es la que industrialmente se emplea para la producción de aquel fluido, no es pura, pues contiene diferentes sustancias en disolución, las cuales, al evaporarse el agua, quedan depositadas en las paredes y fondo de la caldera, formando una costra pétrea, por cuyo motivo deben limpiarse con frecuencia.

Por qué el agua de ciertos manantiales es caliente?

Porque en su marcha subterránea ha pasado por terrenos dotados de una gran actividad, en los cuales se verifican fenómenos

químicos, con desarrollo de calor, comunicándole una gran temperatura.

Por qué el agua destilada no es buena para beber?

Porque no lleva ninguna sustancia en disolución, y para que el agua sea *potable* debe llevar disueltas varias sales, mucho aire y una cantidad de ácido carbónico, pues todo ello facilita mucho la digestión.

Por qué vemos avanzar indefinidamente las olas, cuando en realidad no sucede así?

Porque su formación es sucesiva y nos produce una ilusión en el sentido de la vista.

Por qué son tan importantes las mareas?

Porque modifican mucho el clima de los países que están cerca del camino por donde pasan, y favorecen además la propagación de los seres animales y vegetales que viven en el mar, pues arrastran sus gérmenes á largas distancias.

Por qué flota el hielo en el agua?

Porque ésta tiene su máximo de densidad á 4°, decreciendo, tanto si la temperatura aumenta como si disminuye; y como el hielo está por lo menos á 0°, pues en llegando ahí empieza á fundirse, es menos denso que el agua líquida á la temperatura ambiente.

Por qué se rompen algunas rocas cuando la temperatura llega á menos de 0°?

Porque entonces el agua empieza á solidificarse, y al hacerlo aumenta considerablemente de volumen; y si ciertas rocas porosas estaban impregnadas de agua ó bien la contenían en algunas grietas, al dilatarse bruscamente, rompe la roca, ocasionando desprendimientos.

Por qué pueden formarse bolas de nieve?

Porque las finas y numerosas puntas cristalinas de sus copos se entretejen y forman de la nieve una masa compacta.

Por qué hay nieves perpetuas en la cumbre de altas montañas?

Porque cuanto más se asciende, tanto más frío es el aire, y, á diferente altura, según los climas, no hay bastante calor para derretir la que allí se va depositando.

Por qué desaparece la nieve sin derretirse, cuando después de una ligera nevada sopla un viento fresco del norte?

Porque aun cuando el agua esté congelada se evapora, y en el caso mencionado desaparece por evaporación.

Por qué la sal da estallidos al ser arrojada sobre las ascuas?

Porque contiene encerrada el agua llamada de cristalización que, al ser convertida en vapor, rompe bruscamente las paredes que la aprisionan.

Por qué desaparece el agua de una vasija expuesta al calor?

Porque en virtud de su acción se evapora.

Por qué no vemos formarse las nubes?

Porque el vapor de agua es diáfano y solamente pierde esta propiedad al condensarse, lo cual se verifica á grandes alturas.

Por qué las nubes cambian constantemente de forma?

Porque siempre son empujadas por corrientes atmosféricas en uno ú otro sentido.

Por qué son esféricas las gotas de lluvia?

Porque las partículas de agua se unen en virtud de la *cohesión*, y atrayéndose unas á otras se agrupan alrededor de un centro común.

Por qué llueve más en la zona tórrida que en las templadas y frías?

Porque allí, á causa de mucho calor, la evaporación es muy abundante y siempre hay un exceso de humedad en la atmósfera.

Por qué no llueve en los desiertos?

Porque continuamente se levantan del suelo corrientes de aire cálido que impiden la condensación del vapor acuoso.

Por qué la neblina anuncia próxima lluvia?

Porque indica que el aire está saturado de vapor acuoso que se condensará al menor descenso de temperatura.

Por qué llueve más en los países montañosos que en los llanos?

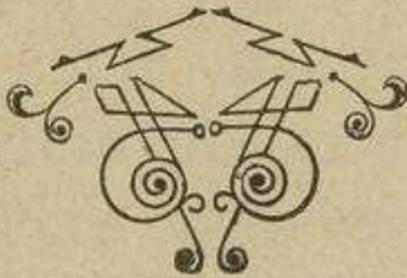
Porque las montañas detienen las nubes en su carrera, y las corrientes que suben por los flancos de aquéllas las condensan.

Por qué en invierno se empañan los cristales de los aposentos en que haya varias personas?

Porque en la respiración expelemos de nuestro cuerpo cierta cantidad de vapor de agua, el cual, al ponerse en contacto con los cristales, que tienen más baja temperatura por hallarse bajo la influencia del aire exterior, se condensa y queda allí depositado en forma de menudísimas gotas.

Por qué llueve?

Porque el vapor de agua que se levanta del mar y de la superficie de la tierra, encuentra en las altas regiones de la atmósfera una temperatura más baja, y no pudiendo sostenerse en aquel estado, se condensa y se transforma en lluvia.





PARTE TERCERA

EL CALOR

CAPÍTULO I

Los agentes naturales.—El calor y la vida.—El calor en los antiguos.—Teoría de la emisión.—El éter.—Teoría de las ondulaciones.—La temperatura.—Insuficiencia del tacto para su medida.—Variaciones que el calor produce en los cuerpos.—Dilatación y contracción.—Medida de la temperatura por la dilatación de los cuerpos.—El termómetro.—El pirómetro.

Hasta aquí hemos tratado de cuerpos en cuyo seno se verifican la mayor parte de los fenómenos de la naturaleza; mas éstos obedecen á ciertas causas ó *agentes*, los cuales eran antes considerados como fluidos imponderables y hoy como manifestaciones diversas de un principio único, denominado *energía universal*. Pero como estas manifestaciones tienen distinto carácter, no podemos reunir en un mismo grupo sus fenómenos,

y por lo tanto, hemos de hacer un estudio separado de cada uno de ellos, empezando por el *calor*.

Parémonos un momento á examinar el papel esencialísimo que este agente representa en la tierra; sin el temor de equivocarnos, podemos afirmar que calor es sinónimo de vida. Ved sino la aridez de las regiones polares y la de las nieves perpetuas; ni un arbusto siquiera tiende sus ramas en aquellas vastas soledades para interrumpir su monotonía, pues los vegetales, lo mismo que los animales, necesitan cierta cantidad de aquel elemento para vivir y desarrollarse. Pero esta cantidad no es constante para todas las especies; la fauna y flora de los trópicos y la de los círculos polares no son iguales ni siquiera idénticas. Una semilla de una planta que florece en una región cálida, no germinará si se siembra en lugares cuya temperatura sea baja, y no tardará en agostarse un vegetal que se desarrolle en un clima frío ó templado si se le traslada á regiones cuyo calor sea excesivo. Lo mismo sucede con los animales; sin embargo, hay plantas que, como el alerce y el abedul enano, resisten temperaturas friísimas en las cuales el mercurio se congela, mas en estas condiciones su vida está aletargada, no se desarrollan.

Seguramente que, en vista de su importancia, los sabios de todas las edades han intentado estudiar este agente; pero la insuficiencia de los medios para estudiarlo, hacían estériles é infructuosos sus estudios. Consideraban los antiguos al calor como materia, como un fluido sutil é imponderable, cuyos átomos estaban en un continuo estado de repulsión y que, interponiéndose entre las moléculas de los cuerpos, pasaba de unos á otros y se introducía en ellos, impidiendo el contacto de sus átomos, aumentando las distancias que guardaban entre sí y disminuyéndola cuando los abandonaba. Epicuro y Lucrecio llegaron á suponer que el frío y el calor eran producidos por fluidos especiales, y que se diferenciaban entre sí por su naturaleza y conformación.

La Física moderna supone otra cosa; no acepta al calor más que como una palabra, para explicar uno de los efectos de esa energía universal de que más arriba hemos hablado. No considera al calor como materia, sino como el resultado de las vibraciones de las moléculas de los cuerpos, transmitidas sin cesar de unas á otras. Sin embargo, falta un medio trasmisor de tales vibraciones, y es cosa corriente en la ciencia, la admisión de un fluido eminentemente sutil, elástico é

imponderable, una materia, en fin, sumamente rarificada, llamada *éter*, el cual, además, de llenar los abismos interplanetarios, llena también los intersticios ó poros de la materia. Las vibraciones de las moléculas ponderables son transmitidas á las inmediatas por medio de esta materia, á semejanza de la manera cómo se efectúa la propagación del sonido en el aire. Al primer modo de explicar los fenómenos caloríficos, se le da el nombre de *teoría de la emisión* y al segundo *teoría de Descartes ó de las ondulaciones*.

Uno de los efectos más importantes del calor y que vemos constantemente, es la modificación de temperatura que experimentan los cuerpos; mas, para definirla, tratemos de explicar un fenómeno que diariamente acontece. Si en un recinto introducimos cuerpos de diversa naturaleza y desigualmente calentados, se establece entre ellos cierta comunicación, en virtud de la cual los más calientes pierden parte de su calor, de la que se apropian los más fríos, hasta que llegan todos á un estado de equilibrio en el cual cesan todas las modificaciones. En tal caso se dice que tienen una misma *temperatura* y, por consiguiente, ésta no será más que la mayor ó menor tendencia que tiene el calor á des-

prenderse de los cuerpos, ó bien la cantidad de calor *sensible* que poseen; si esta cantidad es mayor que la que tiene nuestro cuerpo, diremos que aquéllos están *calientes*, y *fríos* si es menor.

Sin embargo, al recibir nuestro organismo las impresiones de distintos cuerpos dotados de igual temperatura, experimenta diversos efectos, debidos al estado en que se encuentra el tacto y á las sensaciones anteriormente recibidas. En verano encontramos fresco el ambiente de una cueva ó sótano, mientras que en invierno lo encontramos templado y aun caliente, á pesar de que su temperatura ha variado muy poco; si después de tener sumergida una mano en agua fría y la otra en agua caliente introducimos ambas en un baño templado, experimentaremos sensaciones de calor y frío, correspondientes, la primera, á la que teníamos en agua fría y la segunda á la que estaba acostumbrada al calor.

Por consiguiente, las sensaciones del tacto son insuficientes para apreciar la diversa temperatura de que se hallan dotados los cuerpos, y como por otra parte, es punto éste capitalísimo para estudiar los fenómenos del calor, de aquí que hayan tenido que buscarse otros medios para efectuarlo.

Afortunadamente, se han podido completar

las indicaciones tan poco exactas que nuestros sentidos pueden proporcionarnos sobre el grado de calor de los cuerpos, con aparatos cuya construcción y graduación están fundadas en los efectos producidos en ellos por las variaciones mismas de la temperatura. Estas variaciones, que el calor produce en los cuerpos, pueden reunirse en dos grupos: los *cambios de volumen* y los *cambios de estado*.

Cuando el calor obra sobre los cuerpos, éstos experimentan un aumento de volumen, es decir, se *dilatan*, y se *contraen* cuando el calor los abandona.

Ya sabemos lo que sucede cuando dos cuerpos desigualmente calentados son puestos en presencia uno de otro: el más caliente pierde parte de su calor que absorbe el frío, hasta que quedan en equilibrio. Pues bien: á cada una de estas variaciones de su estado térmico corresponde una variación de volumen igual siempre, según la experiencia enseña, mientras la materia sea la misma y en igual cantidad.

De todo esto puede deducirse perfectamente que las variaciones de temperatura pueden medirse con los cambios de volumen ó sea con las dilataciones. Y en efecto, si suponemos un cuerpo de muy poca cantidad de materia para, que puesto en contacto con otro no

modifique mucho su temperatura, y de tal manera dispuesto que nos permite apreciar con exactitud sus cambios de volumen, muy pronto se establecerá el equilibrio entre los dos y habrá sufrido una dilatación ó contracción, según se haya apoderado ó haya cedido calor al cuerpo con el cual se pone en comunicación. Con estos sencillos razonamientos se comprende con facilidad en qué consiste el *termómetro*. No es otra cosa que un aparato destinado á medir las variaciones de temperatura que experimenta un cuerpo, en virtud de los cambios de volumen que aquél sufre, determinados por su propia temperatura, y á los cuales se saben medir.

Como casi todos los cuerpos se dilatan, la mayor parte de ellos serán buenos para medir la temperatura; pero los sólidos con esos cambios alteran su estructura molecular, y en los gases, los fenómenos de dilatación y contracción están íntimamente relacionados con la presión atmosférica; solamente los líquidos están exentos de tales inconvenientes, y por esto son generalmente empleados, especialmente el mercurio y el alcohol, para la construcción de termómetros.

Veamos ahora lo que constituye estos aparatos: no es más que un tubo cuyo diámetro interior es pequeñísimo, cerrado por un extre-

mo y el por otro terminado con un ensanche cilíndrico ó esférico; llénase de mercurio ó de alcohol teñido, y los cambios de volumen de estos líquidos, perfectamente visibles por la delgadez del tubo, nos permiten averiguar el grado de calor de los cuerpos.

Mas el termómetro no *mide* la temperatura, según pudiera deducirse de la etimología de la palabra, sino que la compara con la de otros cuerpos que la tienen siempre constante y fija; marca pues, solamente la temperatura *relativa*. Cuando en 1621 se inventó este aparato no había puntos fijos, hasta que, más adelante, se propuso como tal la temperatura de los sótanos, que si bien varía poco dista mucho de ser constante. En 1701 Newton tomó como punto de partida inferior la temperatura de la nieve, y para el superior la del cuerpo humano, lo cual era ya dar un gran paso, cambiándose más tarde por la del hielo fundente y la del agua hirviendo, cuyas temperaturas, siempre fijas, rigen actualmente, marcándose la primera con 0° y la segunda con 100° en la escala centesimal.

Los termómetros de mercurio pueden marcar temperaturas mayores de 200° y aun de 300 grados; pero no sirven para las muy inferiores á 0°, pues á 40° bajo cero se solidifica. Para estos casos se emplean termómetros

de alcohol, el cual resiste fríos intensísimos sin mostrar indicios de congelación.

Para temperaturas muy altas, como la de los hornos de fundición, etc., se emplean unos aparatos especiales llamados *pirómetros*, los cuales están fundados en la dilatación de los sólidos.





CAPÍTULO II

—

Algo más sobre la dilatación de los cuerpos en sus tres estados.—Aplicaciones.—Propagación del calor por conductibilidad.—Conductibilidad de los sólidos.—Id. de los líquidos.—Id. de los gases.—Aplicaciones.—Propagación del calor por trasmisión.—Id. por radiación.—Emisión: causas que la modifican.—Reflexión.—Absorción: circunstancias que la alteran.

Obra el calor en los cuerpos como si fuera una fuerza repulsiva que, introduciéndose entre sus átomos, tiende á disgregarlos, aumentando la distancia que guardan entre sí y, por consiguiente, el volumen de dichos cuerpos. A este fenómeno hemos llamado dilatación, mas conviene notar que ésta no es igual en todos ellos, porque la fuerza que mantiene unidos sus átomos no es tampoco igual en todos, ni en cada uno de los estados en que pueden encontrarse. Síguese de aquí, que el aumento de volumen que sufren los cuerpos es muy distinto, aunque tengan la misma temperatura; y en efecto, los líquidos se dilatan más que los sólidos y los gases más aún

que los líquidos, debiendo distinguir en los dos últimos la dilatación *aparente* y la *real*, pues las vasijas que los contienen, se dilatan juntamente con ellos, y por eso su aumento de volumen es mayor de lo que á primera vista parece.

Existen algunos cuerpos que en lugar de dilatarse sufren una contracción; mas no por esto se destruye la ley general de dilatabilidad, pues si bien la arcilla y otras pocas sustancias se contraen al obrar sobre ellos el calor, es porque con su auxilio se verifican combinaciones químicas, de las cuales resultan cuerpos de menos volumen, ó bien experimentan una vitrificación que, disminuyendo la porosidad de dichos cuerpos, aumenta su densidad, al mismo tiempo que decrece su volumen.

La dilatación de los cuerpos tiene numerosas aplicaciones, y sus efectos deben tenerse en cuenta en muchos casos. Los constructores de carruajes calientan fuertemente las llantas, para que, penetrando libremente en ellas las ruedas, en virtud de la dilatación que aquéllas experimentan, queden perfectamente ajustadas cuando se enfríen; los rails de los caminos de hierro guardan una pequeña distancia entre sí, para evitar que se encorven al dilatarse en tiempos calurosos.

El aumento de volumen que sufren los líquidos es de sumo interés para la fabricación de termómetros, y además, se emplea la dilatación del agua, en virtud de la cual se vuelve menos densa, para el transporte del calor de unas habitaciones á otras, por medio de aparatos á propósito, llamados caloríferos y, por último, á la dilatación de los gases se debe en parte la fuerza expansiva de la pólvora y otros muchos fenómenos.

Pero ¿cómo se propaga el calor en los cuerpos? Ante todo veamos algunos ejemplos que nos permitan luego explicarlo. Calentemos la punta de un alfiler mientras lo sostenemos con los dedos por el otro extremo; muy pronto tendremos que soltarlo, porque una sensación dolorosa nos habrá obligado á ello: nos habremos quemado. Sin embargo, podremos sostener un pedazo de madera ardiendo ó una cerilla encendida, hasta que la llama toque nuestros dedos, y antes de ello ningún efecto habremos experimentado. Esto demuestra claramente que en ciertos cuerpos encuentra el calor camino libre para pasar rápidamente de una molécula á otra, mientras que otros le ofrecen ciertas dificultades; á los primeros se les llama cuerpos *buenos conductores* y á los segundos *malos conductores*. En general, sucede con la conductibilidad del calor lo con-

trario que con la dilatación, es decir, los sólidos lo conducen mejor que los líquidos, y éstos mejor que los gases; pero varía notablemente de un cuerpo á otro, aun en el mismo estado, pues cuanto más denso sea, tanto mejor conducirá el calor, y si es de escasa densidad, ó también de naturaleza fibrosa ó porosa, lo conducirá mal. Todos los metales, el mármol, el carbón bien calcinado, etc., son cuerpos buenos conductores; la madera, la lana, las resinas y los líquidos y gases son malos conductores.

Los líquidos todos, á excepción del mercurio, conducen mal el calor. Sin embargo, habíase creído que eran buenos conductores en vista de la facilidad con que se calientan en toda su masa; pero no sucede así cuando se les aplica el combustible por la parte superior en vez de hacerlo por la inferior, como ordinariamente se practica. Es que los líquidos se calientan por *transporte* del calor; la capa líquida que se encuentra inmediata al foco calorífico, se dilata y sube á la superficie, quedando otra en su lugar con la que sucede lo mismo, hasta que todas hayan adquirido la misma temperatura. Esto se demuestra claramente, poniendo un poco de serrín en una vasija de vidrio que contenga agua, y calentándola luego, se nota que las

partículas de serrín son arrastradas por dos corrientes, ascendente la una y descendente la otra, las cuales cesan en el momento en que el agua adquiere su máxima temperatura.

Á pesar de que es muy difícil la determinación del poder conductor de los gases, sin embargo, ha podido practicarse aprisionándolos entre filamentos de seda ó de algodón cardado, con lo cual se ha podido averiguar que su conductibilidad es escasísima. De todos ellos, el que más bien conduce el calor es el hidrógeno, siendo esto un dato favorable para la hipótesis que considera á dicho gas como un metal.

La conductibilidad del calor hace que nos parezcan fríos ciertos cuerpos buenos conductores, porque al tocarlos, el calor de nuestras manos desaparece rápidamente, esparciéndose por estos cuerpos. La escasa conductibilidad de la madera, hueso y otras sustancias se aprovecha para la fabricación de mangos para los utensilios de metal que hayan de exponerse al fuego; los entarimados y esterados tienen por objeto interponer cuerpos malos conductores entre nuestro cuerpo y el suelo, para que éste no robe el calor de aquél. Las dobles vidrieras se emplean para mantener calientes las habitaciones, porque el aire

interpuesto entre los cristales no deja pasar al exterior el calor que dentro existe. En invierno nuestras ropas son de tejido grueso, para que el aire aprisionado en la trama evite las pérdidas de calor del cuerpo, mientras que en verano las llevamos de hilo compacto y delgado para que fácilmente lo conduzca al exterior.

Cuando el calor es conducido por un cuerpo, calienta sus moléculas á medida que va pasando por ellas; pero esto no debe confundirse con la *trasmisión*, la cual no es más que el paso rápido del calor á través de un cuerpo, sin que haga aumentar su temperatura de una manera sensible. Cuando un rayo de sol, por ejemplo, atraviesa un cristal, pasa sin que éste se caliente apenas; mas luego no puede retroceder, es decir, no puede traspasar otra vez el cristal, porque ya no procede directamente de un foco calorífico. Esta circunstancia se ha utilizado para la construcción de invernaderos, en donde las plantas de países cálidos, trasportadas á otros templados ó fríos, disfrutan de una temperatura conveniente para su desarrollo. No son sólo las sustancias transparentes las que están dotadas de la propiedad de que venimos hablando, pues el alumbre, que se deja atravesar perfectamente por la luz, intercepta

todos los rayos caloríficos, y en cambio, la sal común, cubierta de negro de humo hasta quedar completamente opaca, deja paso libre á la mayor parte de ellos. Los físicos han llamado sustancias *diatérmanas* á las que transmiten el calor, y *atérmanas* á las que no lo transmiten.

La conductibilidad y la trasmisión son los únicos modos con que el calor se propaga. Se ha de contar también con la *radiación*, en virtud de la cual un cuerpo caliente desprende de sí rayos caloríficos en todas direcciones, no necesitando para ello de medio ponderable que los conduzca. Los cuerpos radían calor en cualquier temperatura se hallen, siendo siempre en línea recta la dirección de los rayos caloríficos, mientras no cambien de medio, porque de lo contrario, se *refractan* y sufren una desviación tanto más sensible cuanto mayor sea la diferencia de densidades de los medios que atraviesan.

La cantidad de calor que de sí desprenden los cuerpos no es igual en todos ellos, aunque estén dotados de la misma temperatura; pues si se calientan, por ejemplo, á 100° varios cuerpos de igual superficie, tardan tiempo desigual en enfriarse á un mismo número de grados. Sucede esto porque su poder emisor no es igual. La *emisión* consiste en la

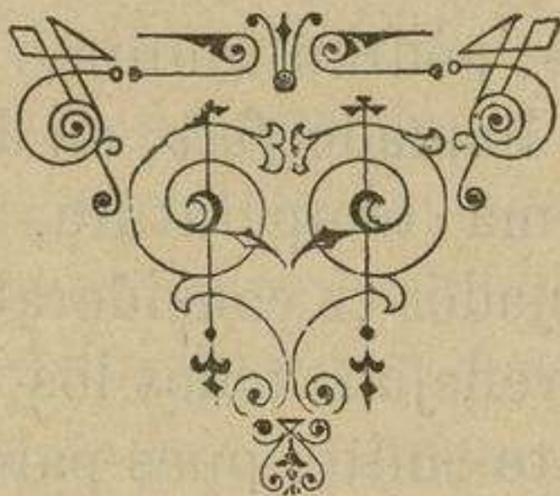
propiedad que tienen los cuerpos de irradiar calor. Una porción de circunstancias influyen en que la emisión sea mayor ó menor, pero la circunstancia más importante es el estado físico de los cuerpos; en general, un cuerpo irradiará tanto más calor cuanto mayor sea su temperatura y más escabrosa su superficie.

Si los rayos caloríficos encuentran un obstáculo en su camino, chocarán contra él y se *reflejarán*, retrocediendo en su marcha; y si se da una forma conveniente á la superficie que los refleja, podrán reunirse dichos rayos en un punto, llamado *foco*, en donde existirá una elevadísima temperatura, si el número de rayos reflejados es considerable.

Pero no se reflejan todos los rayos que el cuerpo caliente emite, pues parte de ellos penetran en el cuerpo, contra el cual chocan y elevan su temperatura, diciendo entonces que hay *absorción* de calor. El poder absorbente de los cuerpos varía según la naturaleza de cada uno de ellos; una superficie mate absorberá muchos rayos caloríficos, mientras que otra brillante los reflejará casi todos.

El color que tienen los cuerpos influye considerablemente en la absorción; si es obscuro, absorberá mucho calor, y muy poco si es cla-

ro. Utilizamos esta propiedad, usando en invierno ropas de color obscuro, y de color claro en verano, para que la absorción sea mayor ó menor, según lo requiera la temperatura.





CAPÍTULO III

Cambios de estado.—Fusión.—Cuerpos fijos y refractarios.—Leyes de la fusión.—Disolución.—Mezclas frigoríficas.—Solidificación.—Estado pastoso.—Vaporización: evaporación, ebullición y sublimación.—Líquidos fijos y volátiles.—Vaporización en el vacío.—Causas que influyen en el aumento de la evaporación.—Estado esferoidal.—Licuación.—Manantiales del calor.

Al segundo grupo de los fenómenos producidos por el calor, pertenecen los cambios de estado que experimentan los cuerpos. Dichos cambios son cuatro: *fusión*, *solidificación*, *vaporización* y *licuación*. La fusión y vaporización se verifican cuando el calor aumenta, y la solidificación y licuación cuando disminuye.

La fusión es el tránsito del estado sólido al líquido. Casi se puede afirmar que ningún cuerpo deja de fundirse, si se le aumenta convenientemente la temperatura; pues si bien existen algunos que se han llamado *fijos*, como la madera, el papel, etc., que se descomponen antes de pasar al estado líquido,

sin embargo, se ha conseguido liquidar algunos de ellos, como, por ejemplo, el mármol, el carbón y otros, elevándolos á una altísima temperatura en vasijas herméticamente cerradas. Existen otros cuerpos, llamados *refractarios*, que se muestran insensibles al más fuerte calor; pero, á no dudarlo, cuando la ciencia disponga de manantiales caloríficos más enérgicos que los que hoy posee, podrán fundirse, como ha sucedido ya con el platino, la magnesia y otros, que se habían considerado, hasta no hace mucho tiempo, como absolutamente infusibles.

La fusión no se verifica de una manera arbitraria, sino que lo efectuase bajo ciertas leyes que conviene conocer. Consiste la primera en que cada cuerpo tiene una temperatura fija y constante para pasar del estado sólido al líquido, llamándose dicha temperatura *punto de fusión*. El punto de fusión del agua es á 0° , el del platino á 2000° , el del anhídrido carbónico á 78° bajo cero, etc. La otra ley es que mientras dura la fusión de un cuerpo, la temperatura permanece invariable, sea cualquiera la intensidad del foco calorífico. Prácticamente tiene esta ley numerosas aplicaciones; en las fábricas de bujías, para evitar la descomposición del sebo, cera, estearina, etc., se echan en la caldera

donde se derriten, trozos sólidos de las referidas sustancias, y así, la que se funde, se mantiene siempre á la misma temperatura. Sucede esto, porque el calor que procede del foco calorífico se emplea para producir un *trabajo mecánico*, cual es la disgregación de las moléculas del cuerpo sólido.

Puédese considerar como una especie de fusión á la *disolución*, en virtud de la cual ciertos líquidos, llamados *disolventes*, disgregan las moléculas de los sólidos. Es de notar que la disolución puede verificarse á cualquier temperatura; pero para que se efectúe, el cuerpo, lo mismo que en la fusión, debe consumir cierta cantidad de calor que, si no puede absorber de un foco calorífico, lo tomará del líquido que lo disuelve, ocasionando un descenso de temperatura. En esta propiedad están fundadas las *mezclas frigoríficas*.

Cuando un cuerpo en estado líquido sufre un descenso de temperatura, entouces sobreviene su *solidificación*, á la cual podremos definir diciendo que es el tránsito del estado líquido al sólido. La solidificación tiene leyes muy semejantes á la fusión, pues cada cuerpo tiene una temperatura fija para solidificarse, la cual es llamada *punto de solidificación*, y al llegar á dicho punto, su temperatura permanece estacionaria. Algunas sustancias,

tales como la cera, el vidrio, el hierro, etc., cuando son calentados, ó bien antes de solidificarse, presentan una serie de consistencias intermedias entre el estado sólido y líquido, diciéndose entonces que están en *estado pastoso*.

Si se aumenta la temperatura de un cuerpo en estado líquido, se convertirá en gas y acabará por desaparecer del vaso que lo contiene, constituyendo el fenómeno llamado *vaporización*. Esta se puede efectuar de dos distintas maneras: por *evaporación* y por *ebullición*. Puedese contar además la *sublimación* como un caso particular. La primera se produce cuando los vapores se levantan lentamente de la superficie del líquido; y si se forma con rapidez en el interior de su masa se llama *ebullición*, la cual se verifica á una temperatura dada para cada líquido y á la cual se da el nombre de *punto de ebullición*. Cuando un sólido se evapora sin pasar primero por el estado líquido, como sucede con el alcanfor, el hielo y otros, tiene lugar la *sublimación*.

Hay líquidos que se descomponen antes de pasar al estado gaseoso, y á éstos se les ha dado el nombre de *fijos*, conociéndose con el de *volátiles* aquellos que emiten rápidamente vapores aun á bajas temperaturas. A los primeros pertenecen los aceites y grasas, y á los

segundos el éter, cloroformo, etc.

En el vacío los vapores se producen instantáneamente, y como ocupan un espacio mucho mayor que el líquido de que proceden, ejercen una presión, diferente en cada uno de ellos, sobre las paredes del vaso que los contiene, denominándose este esfuerzo *tensión* del vapor.

En el seno del aire, la evaporación se activa bajo el influjo de ciertas circunstancias, como son el aumento de temperatura, renovación del aire, aumento de la superficie libre, etc. De sobra conocidas son las aplicaciones de la evaporación para que nos detengamos á enumerarlas. En cuanto á la ebullición, puede acelerarse, disminuyendo la presión que el aire ejerce sobre la masa líquida. Así pues, colocando, por ejemplo, agua á 50° bajo la campana de la máquina neumática, y enrareciendo el aire, llegará un momento en que bullirá y cantará tan alegremente como si estuviera á 100°.

Cuando los líquidos son arrojados gota á gota sobre una placa incandescente, toman el *estado esferoidal*. Entonces sus moléculas se agrupan en pequeñas esferas, con una temperatura siempre inferior á su punto de ebullición. El ácido sulfuroso liquidado, que hierve á 10° bajo cero, puede, á pesar de ello,

sostenerse sin hervir sobre una placa de hierro enrojecida, y aún más puede congelarse el agua sobre dicha placa, poniéndola en contacto con aquella materia. Se había supuesto para explicar el estado esferoidal, que los vapores que se desprenden del líquido lo sostenían sin que tocara la placa; mas hoy parece comprobado que el estar en suspensión sobre ella es debido á una fuerza de repulsión que entre ambos se establece.

Cuando un cuerpo gaseoso pasa al estado líquido, sobreviene el fenómeno llamado *licuación*. Puede conseguirse por dos distintos procedimientos: por *enfriamiento* y por *presión*, y también por medio de ambos, obrando simultáneamente. Además, puede añadirse á estos el de la *disolución*, si bien en este caso no queda el gas aislado, sino mezclado con el disolvente. Empléase el primero para gases que exijan temperaturas algo inferiores á 0° para pasar al estado líquido; la compresión se emplea para aquellos cuya licuación es más difícil, y, finalmente, con la combinación de ambos procedimientos, se ha conseguido liquidar gases que, como el hidrógeno, se tenían por permanentes ó imposibles de liquidar.

Y ¿de dónde procede el calor? No hay duda de que el sol es el foco calorífico más potente

que nosotros conocemos. La cantidad de calor que envía á nuestro globo es tal, que en un año fundiría una capa de hielo de 28 metros de espesor que rodeara á la tierra. También existen otros orígenes de donde el calor dimana; *mecánicos* unos, como el frotamiento, la presión, el choque, etc; *físicos* otros, que comprenden además del calor solar, los cambios de estado, y las corrientes eléctricas; y por último, los *químicos*, ó sean las combinaciones, y, especialmente, la combustión.

EL POR QUÉ DE LOS FENÓMENOS CALORÍFICOS

Por qué sentimos frío y calor?

Porque nuestro cuerpo, en su estado normal, tiene una temperatura muy constante, y si la de la atmósfera que nos rodea es más ó menos baja, nos cede ó roba calor y, por lo tanto, sentimos aquellos efectos.

Por qué cuando hace frío comemos con más apetito?

Porque nuestro cuerpo ha de desarrollar más calor para restablecer el que pierde, lo cual equivale á mayor consumo de sangre, que debe repararse con los alimentos.

Por qué los termómetros nos indican los cambios de temperatura?

Porque el mercurio y el alcohol, con que re-

gularmente se construyen estos aparatos, son cuerpos muy sensibles á los cambios de temperatura, dilatándose ó contrayéndose con regularidad, según el aumento ó disminución del calor, y como están dispuestos de manera que estos cambios de volumen puedan verse con facilidad, dichas variaciones marcan *relativamente* la temperatura del medio ambiente en que se encuentran.

Por qué se emplean termómetros de alcohol para temperaturas muy inferiores á 0°?

Porque este líquido resiste temperaturas muy bajas sin congelarse, mientras que el mercurio lo verifica á 40° bajo cero.

Por qué el agua no se emplea para construir termómetros?

Porque sus cambios de volumen son muy irregulares.

Por qué los constructores de carruajes calientan las llantas antes de ser fijadas en las ruedas?

Porque aquéllas se dilatan bajo la acción del calor, y las ruedas son colocadas sin esfuerzo en ellas; mas luego al enfriarse se contraen y quedan perfectamente ajustadas.

Por qué la pólvora arroja las balas á tan larga distancia?

Porque los gases que se desprenden instantáneamente, además de ocupar un volumen

mucho más considerable que en su estado primitivo, quedan muy dilatados á causa del calor desprendido por la combustión.

Por qué ciertos relojes atrasan en verano y adelantan en invierno?

Porque su péndulo no está compensado, y en verano se dilatan, y sus oscilaciones son más lentas, sucediendo lo contrario en invierno.

Por qué los rails de las vías férreas guardan una pequeña distancia entre sí?

Porque si no estuviesen dispuestos de esta manera, al dilatarse por la acción del calor no encontrarían espacio libre y se encorvarían.

Por qué las sustancias densas son las que mejor conducen el calor?

Porque las vibraciones de las moléculas son transmitidas con mayor rapidez de una á otra hasta atravesar la masa.

Por qué cuando un trozo de madera arde por un extremo no sentimos calor en el otro?

Porque dicha sustancia conduce mal el calor.

Por qué siendo los líquidos malos conductores se calientan con tanta rapidez?

Porque el calor es transportado por las capas líquidas. La que está más inmediata al foco calorífico se calienta, en virtud de lo

cual se dilata, y sube á la superficie, dejando otra en su lugar que seguirá la suerte de la primera, hasta que todas hayan adquirido la mayor temperatura que puedan alcanzar.

Por qué para calentarnos los pies empleamos botellas de barro llenas de agua caliente y envueltas con trapos de lana?

Porque el barro y la lana son cuerpos malos conductores y conservan el calor del agua durante mucho tiempo.

Por qué unas telas son frescas y otras calientes?

Porque las primeras conducen algo el calor, y dejan paso al que desarrolla nuestro cuerpo; mientras que las segundas lo conducen mal, y no llevan al exterior el calor desarrolla lo.

Por qué cuanto más burdas son las telas son tanto más calientes?

Porque en su tejido tienen una gran cantidad de aire aprisionado, y el aire es mal conductor.

Por qué se quiebran los vidrios al cambiar bruscamente de temperatura?

Porque el vidrio es un cuerpo mal conductor y las dilataciones y contracciones que experimenta no se verifican con uniformidad.

Por qué el termómetro nos indica la temperatura exterior estando cerrado?

Porque aun así el calor traspasa el vidrio en virtud de la trasmisión.

Por qué con una lente se puede encender fuego?

Porque los rayos caloríficos se refractan al atravesar la lente, y se reúnen en un mismo punto.

Por qué en las alturas reina un frío excesivo?

Porque el aire está muy enrarecido, y no puede absorber gran cantidad de rayos caloríficos.

Por qué en invierno se suelen usar ropas de color obscuro y de color claro en verano?

Porque las primeras absorben mucho calor, y las segundas reflejan casi todo el que reciben.

Por qué cuando se fabrican velas ó bujías, se tiene cuidado de arrojar siempre trozos sólidos de cera ó estearina en la caldera donde se derriten dichas sustancias?

Porque así se mantienen constantemente á la misma temperatura, y se evita que se descompongan.

Por qué poniendo en contacto determinadas sustancias se produce un descenso de temperatura?

Porque para disolverse ó combinarse necesitan cierta cantidad de calor que absorben de los cuerpos que las rodean.

Por qué el agua apaga el fuego?

Por que se evapora con gran rapidez, y para ello necesita cierta cantidad de calor, que le cede inmediatamente el fuego. Además forma sobre él una capa líquida que impide su contacto con el aire.

Por qué el agua hierve á menor número de grados á una altura considerable que en el nivel del mar?

Porque cuanto menos presión sufre un líquido tanto más pronto se vaporiza, y es sabido que á medida que subimos la presión disminuye.

Por qué en los carruajes en movimiento, se calientan los ejes de las ruedas si no están bien engrasados?

Porque el rozamiento es muy considerable y éste constituye un origen mecánico del calor.

Por qué se inflaman á veces los montones de heno expuestos al aire?

Porque experimenta un principio de fermentación, desarrollándose energías químicas que constituyen otro origen del calor.





PARTE CUARTA

LA LUZ

CAPÍTULO I

La luz.—Su importancia en la naturaleza.—Antiguas hipótesis para explicar los fenómenos luminosos.—Teoría de la emisión.—Id. de las ondulaciones.—Cuerpos luminosos, iluminados, transparentes, traslúcidos y opacos.—Sombra y penumbra.—Interés que ofrece su estudio.—Velocidad con que la luz se propaga —Cámara obscura.—Formación de las imágenes en dicho aparato.—Intensidad de la luz.

Hémos en presencia de otro agente maravilloso: la *luz*, en cuyo estudio hemos de encontrar grandes analogías con el calor. Ambos tienen el mismo origen, puesto que aquélla es también el resultado de las rapidísimas vibraciones de las moléculas, transmitidas, como las del calor, por medio del éter.

Bajo todos conceptos, la luz es el agente de la naturaleza que más merece ser estudiado. Ella fué la primera obra del Criador al hacer

surgir de la nada al conjunto de la creación. El papel que representa en la naturaleza es de importancia suma. Los colores, las variaciones de luz y sombra, el día y la noche, los crepúsculos y auroras, todos son fenómenos luminosos que nos admiran y encantan. Por otra parte, los vegetales no podrían desarrollarse sin la luz, porque con su auxilio descomponen el anhídrido carbónico; y sin las plantas, la vida animal es imposible.

Curiosas y extrañas son las antiguas hipótesis para explicar los fenómenos luminosos, ó mejor dicho, los de la visión. Pitágoras suponía que los ojos emanaban una infinidad de rayos que, á manera de brazos ó tentáculos, iban á palpar los cuerpos, y comunicaban luego al cerebro las impresiones recibidas. Más tarde se explicó con otra teoría contraria á la anterior, y que acabó por predominar sobre ella. Se dijo que las imágenes que se formaban en los ojos eran producidas por emanaciones de los objetos que se miraban. No faltó quien tratase de conciliar ambas teorías, diciendo que los rayos salidos de los objetos se encontraban en la mitad de su camino con los que salían de los ojos.

Mucho más modernamente patrocinó Newton la teoría de la *emisión*. Según ella, la luz se compone de tenuísimas moléculas, lanza-

das por los cuerpos luminosos con velocidad extraordinaria. Cuando estas moléculas se encuentran con la superficie de los cuerpos, unas veces se reflejan, otras penetran en su interior, y otras atraviesan su masa, explicando de esta manera, aunque con algunas contradicciones los fenómenos luminosos.

Esta teoría ha caído casi completamente en desuso, quedando en pie la llamada de las *ondulaciones*, la cual explica con mucha más claridad todos los fenómenos concernientes á la luz. Se admite que el éter lo llena todo, y que las vibraciones de los cuerpos luminosos son transmitidas por esta sustancia con velocidad asombrosa, marchando siempre en línea recta, si el medio que atraviesan es perfectamente homogéneo.

Los cuerpos, con respecto á la luz, se dividen en *luminosos é iluminados*. Cuerpo luminoso es todo aquel que emite ó produce luz, porque vibra, y cuerpo iluminado es aquel que recibe luz de uno luminoso, participando entonces de su movimiento vibratorio.

Además, los cuerpos pueden ser *diáfanos* ó *transparentes*, *traslúcidos* y *opacos*. Con la primera denominación se conocen aquellos cuerpos que, como el aire, el agua, el vidrio, etc., dejan paso á la luz, pudiendo ver los objetos que están situados detrás de ellos,

con todas sus formas y detalles; cuerpos traslúcidos son aquellos que, si bien dejan paso á la luz, no dejan distinguir los objetos á través de su masa, como sucede con el vidrio deslustrado, la cera, y otras sustancias. Por último, llámanse cuerpos opacos los que no se dejan atravesar por ningún rayo luminoso. Rigurosamente hablando, no existe ningún cuerpo sólido ó líquido que sea perfectamente diáfano, puesto que serían del todo invisibles, y de esto no existe ejemplo alguno. Solamente algunos gases, y aun en pequeñas cantidades, gozan de esta propiedad. La opacidad tampoco es absoluta, pues se observa que muchos cuerpos opacos dejan pasar algo la luz si se les adelgaza convenientemente. El oro, visto en las finísimas hojas que se emplean para dorar, es completamente traslúcido.

Fácilmente se comprende lo que sucede cuando un *haz* de rayos luminosos encuentra en su camino un cuerpo opaco. Como la luz se propaga siempre en línea recta, chocan los rayos contra dicho cuerpo, y no pudiendo atravesarlo, quedará detrás de él un espacio no iluminado que constituye la *sombra*. Si interceptamos los rayos con una pantalla, veremos que la sombra marca perfectamente el perfil del cuerpo que la produce, y que su

contorno está señalado por otra menos obscura que se llama *penumbra*.

El estudio de las sombras y penumbras es de gran interés. A la primera se deben los fenómenos del día y de la noche, los eclipses, etc., pues la parte de un astro que está iluminada priva á la otra de recibir rayos luminosos, y por esto está obscurecida. Los pintores y dibujantes hacen continua aplicación de las sombras y penumbras para producir la ilusión del relieve de los cuerpos que pintan.

Crejóse hasta no hace mucho tiempo, que la luz se propagaba instantáneamente, pues los experimentos que se habían efectuado para conocer y determinar su velocidad así lo demostraban. Sucedió esto porque se operaba en espacios demasiado cortos, que eran recorridos por la luz en tiempos infinitamente pequeños; y por otra parte los aparatos que se empleaban adolecían de graves inconvenientes. Mantúvose tal opinión en el mundo sabio, hasta el año 1675, en el cual, un astrónomo dinamarqués, llamado Roemer, en virtud de una observación hecha durante el eclipse de un planeta de Júpiter, demostró que la luz necesita cierto tiempo para transmitirse de un punto á otro, si bien lo verifica con una gran velocidad. Esta velocidad varía según los medios que la luz atraviesa, siendo

menor cuanto más densos sean. En el aire recorre este agente 75'000 leguas por segundo.

Ahora que conocemos cómo se propaga la luz, daremos cuenta de un fenómeno muy curioso. Trátase de la *cámara obscura*. Si en la ventana ó puerta de una habitación completamente cerrada, practicamos un agujero de pequeño diámetro y recogemos los rayos luminosos que entran por dicho agujero en una pantalla, observaremos reproducidos en ésta todos los objetos exteriores, hasta sus más insignificantes detalles, y con su color propio, aunque adoptando una posición invertida á la natural. Este resultado se explica de la siguiente manera:

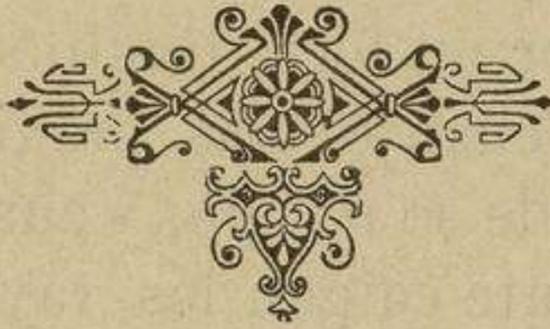
Supongamos que la imagen recogida en la pantalla sea la de un árbol: convertido en cuerpo luminoso, por estar iluminado, se desprenderá un rayo del punto superior de la copa, el cual, siguiendo en línea recta, penetrará por el agujero abierto en la puerta; pero una vez dentro de la habitación no podrá desviarse de su dirección primitiva para ir á ocupar el punto bajo de la misma. De la base del tronco partirá otro rayo que cruzará al primero en forma de X, y ocupará la parte superior en la pantalla. Ahora bien; de todos los puntos del árbol parten rayos luminosos que se cruzan en la forma antedicha, y

solamente un corto número de ellos, los que corresponden á los puntos situados frente al agujero, penetrarán horizontalmente y ocuparán en la imagen producida su posición natural.

No todos los focos luminosos producen una cantidad igual de luz. Una bujía, por ejemplo, no iluminará una habitación de la misma manera que una lámpara eléctrica; se dirá, pues, que la luz de ésta es más *intensa* que la de la bujía. *Intensidad* de una luz es la cantidad de la misma que se recibe en una superficie dada; por ejemplo, un metro cuadrado. Puédese observar, además, que la luz derramada por un foco luminoso será tanto más intensa cuanto más próximo esté á la superficie donde se recoge, y cuanto más perpendicularmente caigan los rayos luminosos sobre dicha superficie. Una bujía situada á 2 metros de distancia producirá exactamente el mismo efecto que 4 bujías iguales á la primera, colocadas á 4 metros.

Un foco luminoso débil, colocado cerca de otro intenso, no produce efecto alguno, pues la luz que desprende es, digámoslo así, absorbida por el otro, que es solamente el que ilumina. A esta causa se debe que durante el día no se vean brillar las estrellas en el firmamento; pues la luz del sol, que es por lo

menos 64 veces más intensa que la de las más brillantes estrellas, absorbe la luz que de éstas procede.





CAPÍTULO II

Reflexión de la luz.—Ángulos de incidencia y de reflexión.—Espejos: sus clases.—Imágenes producidas por los espejos.—Imágenes reales y virtuales.—Imágenes producidas por la combinación de varios espejos planos.—Aplicaciones de esta clase de espejos.—Espejos curvos.—Imágenes que forman.—Refracción de la luz.—Fenómenos á que da lugar.—Espejismo.

Cuando un rayo luminoso encuentra durante su trayecto una superficie pulimentada y brillante, chocará contra ella, y retrocederá, siguiendo el mismo camino si la dirección del rayo luminoso es perpendicular ó *normal* á la superficie reflectora; y si es oblicua, el rayo reflejado se desviará de su dirección primitiva, formando un ángulo con el rayo directo ó *incidente*. Si se traza una perpendicular al punto donde hiere el rayo directo, obtendremos dos ángulos perfectamente iguales: el de *incidencia*, formado por el rayo incidente y la perpendicular mencionada, y el de *reflexión*, que lo forman dicha perpendi-

cular y el rayo reflejado. Estos ángulos serán tanto mayores cuanto más oblicuamente caiga el rayo luminoso sobre la superficie que lo refleja.

Conócese con el nombre de *espejo* á una superficie pulimentada y brillante, que da por reflexión la imagen de los objetos situados delante de él. Según su forma, se dividen los espejos en *planos* y *curvos*, pudiendo ser estos últimos *esféricos*, *cóncavos*, *convexos*, etc.

En los espejos planos la imagen producida es simétrica al objeto, y tiene las mismas dimensiones, apareciendo como si estuviera situada detrás del espejo, á una distancia igual á la que tiene delante el cuerpo reflejado. Esta imagen no existe realmente, puesto que los rayos luminosos no atraviesan el espejo, ni tampoco puede aquélla recogerse en una pantalla, como sucedería si fuese *real*, tomando por esta causa el nombre de imagen *virtual* para distinguirla de las reales.

Fácilmente se comprenderá, pues la experiencia diaria nos lo demuestra, que con sólo dos espejos podemos reproducir una misma figura tantas veces como queramos, dando á aquéllos una posición conveniente, tanto, que si los espejos son paralelos, el número de reproducciones sería infinito, si en cada refle-

xión no se perdiera cierta cantidad de luz, lo cual hace que las imágenes se presenten cada vez más confusas.

Los espejos planos tienen numerosas aplicaciones, muchas de las cuales son de todos conocidas. Se emplean también para conducir la luz á sitios donde no hiere directamente, y hasta en los espectáculos públicos tienen uso, pues en las funciones de magia y fantasmagoría, desempeñan los espejos el principal papel.

En los espejos curvos es también el ángulo de incidencia igual al de reflexión; pero la curvatura de la superficie, modifica luego la dirección de los rayos luminosos que van á impresionar el sentido de la vista.

Algunos de estos espejos, los cóncavos, producen imágenes reales y virtuales. Las primeras son más pequeñas que el objeto, y se presentan invertidas. Las segundas son mayores que el objeto, y están en posición simétrica al mismo.

Los espejos convexos forman siempre imágenes virtuales más pequeñas que el objeto y al cual son simétricas. Todo el mundo conoce esta clase de espejos, pues se emplean como adorno en los escaparates de ciertas tiendas: unas pequeñas esferas de vidrio, azogado interiormente, las cuales reproducen en dimi-

nutas proporciones todo el panorama exterior.

Hemos dicho en otro lugar que la luz se propaga en línea recta, siempre que los rayos luminosos no cambien de medio; pero si atraviesan oblicuamente medios de diferente densidad ó naturaleza, como el agua y el aire, ó dos líquidos distintos, aun de la misma densidad, entonces se desvían brusca-mente de su dirección primitiva, y forman un ángulo tanto mayor cuanto más oblicuos sean los rayos luminosos al medio que atraviesan. Dicho ángulo puede ser dividido en dos, por medio de una perpendicular trazada en el punto donde los rayos luminosos empiezan á desviarse, y se obtendrán los ángulos de *incidencia* y de *refracción*.

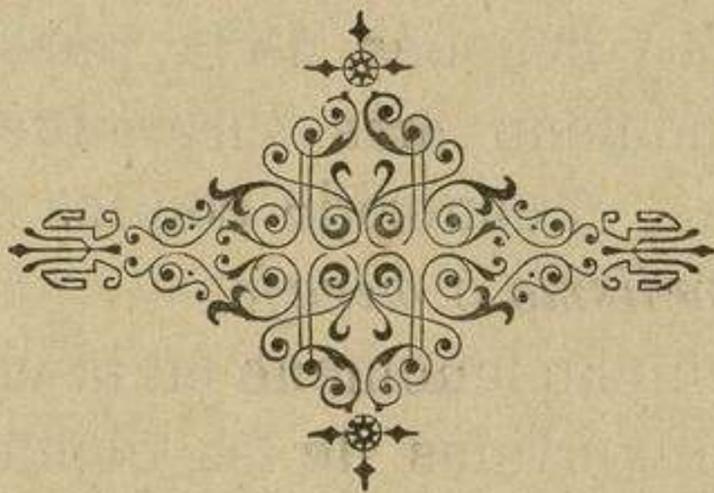
La refracción es causa de numerosas ilusiones ópticas y de fenómenos muy sorprendentes. Si introducimos un bastón en el agua, aparece á nuestra vista como si estuviera quebrado; el fondo de una vasija que contenga agua ú otro líquido, parece que está más alto que cuando está vacía, y asimismo, los objetos situados en el fondo de un depósito que contenga algún líquido transparente, parecen mayores de lo que son en realidad.

Es también consecuencia de la refracción,

ver los astros más elevados sobre el horizonte de lo que están realmente; pues al pasar los rayos luminosos que ellos emiten, desde el vacío á la atmósfera sufren una desviación, que se acrecienta á medida que van cruzando capas de aire, las cuales son cada vez más densas. Cuando la luna y los demás astros están muy cerca del horizonte, nos parecen mucho mayores que cuando están en su zenit, porque en el primer caso, recibimos sus rayos con mucha oblicuidad. Debida también á la refracción de la luz es la débil claridad denominada *crepúsculos*, que observamos antes de la salida y después de la puesta del sol; pero el fenómeno más sorprendente es, sin duda alguna, el conocido con los nombres de *espejeo*, *espejismo* ó *miraje*.

Consiste dicho fenómeno en la visión de las imágenes invertidas de los objetos lejanos. Se presenta siempre el espejismo en los países cálidos, mayormente en los desiertos; pues caldeado el aire por un suelo ardiente, se dilata y sube á las alturas en busca del equilibrio, quedando otra capa en su lugar, que sufre igual suerte. Estos cambios son en ocasiones tan rápidos, que llega un momento en que el aire superior es más denso que el inferior. En tal estado, los rayos que son emitidos por los objetos, lejos de seguir una

dirección rectilínea, se desvían á causa de atravesar medios cada vez menos densos, y nos hacen ver la imagen como si hubiera un espejo situado en el suelo.





CAPÍTULO III

Lentes.—Sus clases.—Foco de las lentes.—Imágenes que producen.—Aplicaciones.—Prismas.—Dispersión de la luz.—El espectro solar.—El arco-iris.—Teoría de Newton sobre los colores.—Aparatos de óptica.—El ojo humano.—El microscopio.—El telescopio.—La linterna mágica.—La fotografía.

Los medios que la luz atraviesa pueden adoptar diferentes formas, complicándose entonces el fenómeno de la refracción. Nosotros nos ocuparemos solamente del paso de la luz á través de las *lentes* y de los *prismas*.

Conócese con el nombre de lentes á unos cuerpos diáfanos terminados por superficies curvas. Estas superficies pueden ser convexas ó cóncavas, formando respectivamente las lentes llamadas *convergentes* y las *divergentes*. Las primeras, conocidas también con el nombre de cristales de aumento, reúnen los rayos luminosos que las atraviesan, en un punto llamado *foco*; y si entre éste y la lente se coloca un objeto cualquiera, se obtiene una imagen del mismo, tanto más ampli-

ficada cuanto mayor sea la convexidad ó *abertura* de la lente.

En cuanto á las lentes *divergentes*, ó de superficies cóncavas, separan los rayos luminosos, y nos hacen ver las imagenes de los objetos con un tamaño menor del que tienen realmente.

Las lentes tienen numerosas aplicaciones. Las de aumento son empleadas por naturalistas, relojeros y por todas las personas que necesitan ver un objeto pequeño en sus más insignificantes detalles. Usanse también para corregir un defecto del ojo, denominado *presbicia*, procedente de su demasiada fatiga, así como las cóncavas se emplean para que los *miopes*, ó cortos de vista, puedan distinguir los objetos á largas distancias. Ambas clases de lentes, combinadas de cierta manera, forman los anteojos de larga vista que, aumentando considerablemente los objetos lejanos, hacen parecer como si estuvieran cerca del que mira; y por fin, en todos los aparatos de óptica vemos empleadas las lentes de una ú otra clase ó bien la combinación de ambas.

Merece especial mención el paso de la luz á través de los prismas. Dase en óptica este nombre á unos cuerpos diáfanos terminados por caras no paralelas, siendo los exclusiva-

mente usados, los prismas triangulares ó de tres caras, cuyas bases forman un triángulo. Cuando un rayo luminoso atraviesa un prisma, se desvía hacia la base de este último, la cual es la cara no atravesada por la luz. Ocorre además otro fenómeno de mucha importancia, cual es la *dispersión*.

Para comprender claramente en qué consiste dicho fenómeno, convendrá que se sepa primero que ni la luz del sol, ni las artificiales son homogéneas, pues la de aquel astro consta de siete especies de rayos luminosos, ó sea *colores*, los cuales forman, en conjunto, la luz natural ó blanca. Ahora bien; haciendo pasar un rayo de luz á través de un prisma, y recogiendo en una pantalla el rayo refractado, observaremos en aquella una serie de siete colores, dispuestos bajo el siguiente orden: *rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violado*, cuyo conjunto forma lo que se denomina el *espectro solar*. Si se repite el experimento con una luz artificial, resultará lo mismo, sólo que, en determinados casos, faltará alguno de los mencionados colores, dominando sobre todos, el que tiene el foco de luz empleado.

Este fenómeno puede ser á menudo observado en la naturaleza, cuando se forma en el cielo el *arco iris*. Consiste en una taja ar-

queada, en la que aparecen los colores del espectro; pero el tránsito de uno á otro color no se verifica en ningún caso de una manera brusca, sino que van mezclándose gradualmente, formando una serie de colores intermedios.

Fórmase el arco-iris cuando un rayo de luz atraviesa una nube ó una región donde caiga la lluvia, siendo condición indispensable para que pueda distinguirse, que el observador se encuentre situado entre la nube y el sol.

Demuéstrase que los colores del espectro son resultado de la descomposición de la luz, haciendo pasar el rayo refractado por un prisma á través de una lente convergente, la cual reunirá todos los rayos y nos dará en su foco la luz blanca.

Pero ¿de dónde dimana tanta variedad de colores con que se nos presentan los cuerpos? Newton lo explicó satisfactoriamente con una hipótesis, que luego la experiencia ha confirmado.

Según este sabio, los cuerpos opacos poseen la propiedad de absorber diferentes rayos del espectro, reflejando los demás. Si los absorbe todos, el cuerpo será negro y blanco si los refleja. De este modo, un cuerpo será rojo cuando absorba todos los rayos y refleje sola-

mente el rojo, mientras que si refleja el verde, por ejemplo, será de este color, y así respecto á los demás. Las coloraciones ó matices intermedios son debidos á la reflexión combinada de dos ó más rayos del espectro. Dichos matices son tan variados, que los romanos empleaban para sus mosaicos más de treinta mil tintes diferentes.

De la combinación de los espejos, lentes y prismas, especialmente de las segundas, resultan los aparatos de óptica, los cuales se dividen en tres grupos: de *amplificación*, de *aproximación* y de *proyección*; pero de todos ellos, el más importante es sin duda el *ojo humano*.

Consta de una porción de humores más ó menos densos y de una verdadera lente orgánica biconvexa, llamada cristalino, que conducen los rayos luminosos hasta la retina, en donde se forma la imagen del objeto, la cual persiste en aquélla una cantidad de tiempo casi inapreciable.

Entre los aparatos de amplificación ocupa el puesto de honor el *microscopio*, que está formado por una reunión de lentes, combinadas de tal manera, que algunos de estos aparatos aumenta hasta 5.000 diámetros la imagen de los objetos que con él se miran.

Al lado del microscopio se puede colocar

un aparato de aproximación llamado *telescopio*, por medio del cual ha hecho la astronomía muy brillantes progresos. Este aparato acerca prodigiosamente los astros, de manera que algunos de ellos, especialmente la luna, son conocidos, como quien dice, palmo á palmo por los astrónomos. Se componen de lentes y espejos combinados de un modo conveniente, habiéndose construído algunos de tamaño colosal, pues un irlandés, lord Rosse, construyó uno cuyo peso era de 3.800 kilogramos.

Entre los aparatos de proyección se cuenta la *linterna mágica*: ¿quién no la conoce? Varias lentes convergentes constituyen todo este aparato, el cual proyecta con grande aumento las imágenes de los objetos pequeños, pintados con vivos colores sobre láminas de vidrio.

No hemos de terminar este capítulo, sin dar cuenta de una importantísima aplicación de la luz. Tal es la *fotografía*, la cual consiste en fijar sobre una placa ó papel, por medio de la acción de la luz, las imágenes producidas en la cámara obscura. Al francés Niepce, militar retirado, cabe la honra de ser el inventor de este arte, que es hoy universalmente conocido. Fúndase en la propiedad que tienen ciertos cuerpos de ser química-

mente alterados por la acción que la luz ejerce sobre ellos. Niepce empleó el betún de Judea, y necesitó 10 horas para obtener la imagen imperfecta de un paisaje, lo cual se obtiene hoy en menos tiempo de un segundo. Por este motivo las aplicaciones de la fotografía se han extendido á casi todos los ramos del saber y de la industria.

EL POR QUÉ DE LOS FENÓMENOS LUMINOSOS

Por qué un foco de luz alumbrá todo su alrededor?

Porque la luz radia en todas direcciones.

Por qué las plantas que no están expuestas á la luz tienen un color amarillento?

Porque dicho agente desarrolla en los vegetales la sustancia colorante verde llamada *clorofila*.

Por qué la luz es tan necesaria para la vida animal?

Porque sin luz la sangre carecería de muchos principios nutritivos que ella desarrolla.

Por qué se oye el trueno después de percibirse el relámpago?

Porque el sonido y la luz se propagan con

distinta velocidad, pues mientras ésta recorre una distancia de 75.000 leguas por segundo, aquél solamente puede recorrer 340 metros en igualdad de tiempo; en una palabra, la velocidad de propagación de la luz es 940.000 veces mayor que la del sonido.

Por qué las imágenes se presentan invertidas en la cámara oscura?

Porque los rayos luminosos que marchan siempre en línea recta, al pasar por un estrecho agujero no pueden desviarse de la dirección que seguían, y como el número de ellos que penetran en la cámara es limitado, tampoco pueden confundirse.

Por qué no vemos las estrellas durante el día?

Porque la intensidad de su luz es mucho menor que la de la luz del sol.

Por qué los espejos reproducen las imágenes?

Porque la superficie pulimentada y brillante de aquéllos reflejan normalmente los rayos luminosos emitidos por los objetos.

Por qué la luz de la luna no es tan viva como la del sol?

Porque aquel astro no es luminoso, y la luz que nos envía es reflejo de la que recibe del sol.

Por qué siendo el agua transparente, el fondo del mar no es visible?

Porque los rayos luminosos, á medida que van atravesando capas de agua, son absorbidos por ésta, por cuyo motivo no pueden alcanzar gran profundidad.

Por qué al introducir un bastón en el agua, aparece como si estuviera quebrado?

Porque los rayos luminosos, al atravesar medios de diferente densidad, se desvían bruscamente de su dirección primitiva, formando un ángulo mayor ó menor según la oblicuidad con que pasan al segundo medio.

Por qué los objetos situados en el fondo del mar nos parecen mayores que cuando están fuera de él?

Porque al pasar los rayos que emiten del agua al aire, lo hacen divergentemente y nosotros seguimos sus prolongaciones, que necesariamente abarcan un lugar mayor que si salieran paralelos.

Por qué vemos al sol y la luna de mayor diámetro cuando están cerca del horizonte que cuando están en su zenit?

Porque en el primer caso, la refracción que experimentan sus rayos al pasar desde el vacío á la atmósfera, es mucho mayor que en el segundo, porque entonces nos llegan con mucha oblicuidad.

Por qué el crepúsculo vespertino es más largo que el matutino?

Porque al amanecer, la atmósfera está menos dilatada á causa del frío de la noche; mientras que por la tarde, á causa de la acción del sol el aire está más enrarecido, y la refracción que experimentan los rayos de dicho astro es mucho mayor.

Por qué vemos los objetos aunque no sean directamente heridos por un rayo de luz?

Porque la atmósfera refracta los rayos luminosos y los reparte por todas partes, dando origen á lo que se llama *luz difusa*.

Por qué se produce el espejeo ó espejismo?

Porque en los países cálidos, donde generalmente ocurre este fenómeno, el aire que está en contacto con el suelo se calienta muy rápidamente, y sube á otras regiones para buscar el equilibrio, quedando otra capa en su lugar, con la que sucede lo mismo. Estos cambios pueden ser tan rápidos, que el aire inferior sea menos denso que el superior, y entonces los rayos luminosos desprendidos de los objetos lejanos se desvían de su dirección y se reflejan en el suelo.

Por qué ciertos operarios colocan por la noche unas esferas de cristal llenas de agua delante del foco de luz que emplean?

Porque obrando dichas esferas como lentes

convergentes, reúnen en su foco los rayos luminosos, obteniendo de este modo mayor cantidad de luz.

Por qué se emplean lentes para corregir ciertos defectos del ojo?

Porque dichos defectos son á causa de la poca ó demasiada convexidad del cristalino, y se corrigen empleando lentes convexas y y cóncavas respectivamente.

Por qué se produce el arco-iris?

Porque los rayos solares se descomponen al pasar á través de las gotas de agua.

Por qué vemos los objetos con colores diferentes?

Porque reflejan desigualmente algunos rayos del espectro.

Por qué ciertos cuerpos tienen por la noche un color diferente al que tenían durante el día?

Porque por la noche deben mirarse con luz artificial, á la cual pueden faltar uno ó más colores.

Por qué se suele poner una pantalla blanca en las lámparas?

Porque dicho color es producido por la reflexión de todos los rayos luminosos, y con la pantalla se busca este efecto, por recibir mayor cantidad de luz.

Por qué la parte interior de los tubos de los anteojos está pintada de negro?

Porque dicho color absorbe todos los rayos luminosos que lo hieren, y de este modo no ocurren reflexiones en el interior de dichos tubos, las cuales harían imposible ver con claridad los objetos que se miran.

Por qué vemos los objetos?

Porque emiten rayos luminosos que, penetrando en nuestro ojo lo mismo que en la cámara obscura, se fijan en la retina, en donde se encuentran las ramificaciones del nervio óptico que trasmite la impresión al cerebro.

Por qué los fotógrafos emplean para sus manipulaciones, faroles cuyos cristales son rojos?

Porque este color no ejerce ninguna acción química sobre los cuerpos, y como las sustancias que emplean los fotógrafos son muy sensibles á la luz por efecto de alguno de sus rayos, debe emplearse el rojo para que dichas sustancias no se alteren.





PARTE QUINTA

La Electricidad

CAPÍTULO I

La electricidad.—Una propiedad del ámbar.—Descubrimiento de Gilbert.—Péndulo eléctrico.—Atracción.—Repulsión.—Teoría de Symmer.—La electricidad y la física moderna.—Cuerpos buenos conductores.—Id. malos conductores.—Aisladores.—Tensión eléctrica.—Poder de las puntas.—Electrización por influencia.—La chispa eléctrica.

¿Qué es la electricidad? Muy apurado se habría de ver cualquier hombre de ciencia, si se le obligase á contestar categóricamente á esta pregunta. Es un agente misterioso aún, que se manifiesta por atracciones, repulsiones, ráfagas luminosas, chispas, etc., y que se desenvuelve por frotamiento, presión, calor, combinaciones químicas y por otra porción de causas.

El conocimiento de la electricidad es muy

antiguo, pues Thales Miletto, que vivió en el siglo IV antes de J. C., habla ya de la propiedad que posee el ámbar gris—*electrón*, entre los griegos—de atraer cuerpos ligeros, como pedacitos de paja, papel, etc., cuando previamente se le ha frotado. Pero no empezó á estudiarse este agente hasta fines del siglo XVI, en que Gilbert, médico de la reina de Inglaterra, dió á conocer nuevos é importantes descubrimientos.

En efecto, observó Gilbert que no solamente el lacre estaba dotado de tal propiedad, sino que la poseían la mayor parte de los cuerpos; solamente con los metales, y alguna que otra sustancia no pudo lograr los mismos resultados; ya veremos más adelante la causa. Tratemos ahora de estudiar algunos fenómenos.

Frótese fuertemente una barra de vidrio, y acérquese enseguida al *péndulo eléctrico*, el cual no es otra cosa que una bolita de corcho ó de médula de saúco suspendida por un hilo de seda. Al instante el péndulo será atraído por el vidrio: este fenómeno se conoce con el nombre de *atracción*. Mas no para aquí la cosa; sino que apenas la esferita toca el vidrio es rechazada por éste, ocurriendo el fenómeno llamado *repulsión*. Si después de repelida la esfera por el vidrio se le acerca un cilindrito

de resina ó lacre recién frotado, será al instante atraída por dichas sustancias, sucediendo lo contrario si el péndulo hubiese estado primero en contacto con la resina; es decir, hubiera sido repelido por ésta y atraído por el vidrio.

Para explicar el resultado de tales observaciones, comenzaron á formularse hipótesis y teorías, absurdas muchas, y otras con apariencia de verdaderas. Mas de todas ellas, la más sencilla y acreditada es la sustentada por Symmer, el cual supone que la electricidad es un fluido sutil é imponderable, que se manifiesta de dos distintas maneras ó, mejor dicho, reconoce dos especies de fluido: uno correspondiente al vidrio, ó *positivo*, y otro á la resina, ó *negativo*, los cuales, combinándose, forman un estado pasivo de la electricidad, al cual ha denominado fluido *neutro*. Admite, además, que las electricidades de un mismo nombre ó clase se repelen, mientras que las de nombre contrario se atraen. Así pues, cuando el péndulo está electrizado positivamente es repelido por el vidrio y atraído por la resina, sucediendo lo contrario cuando está negativamente electrizado.

Sin embargo, á pesar de la claridad de esta teoría, los sabios de hoy tienden á sustituirla por otra más probable aún, muy semejante á

las adoptadas para explicar los fenómenos caloríficos y luminosos. Pero como para explicar los concernientes á la electricidad por la teoría de las ondulaciones, faltan aún muchos vacíos que llenar, síguese en el estudio de dicho agente la teoría de Symmer; mas, á no dudarlo, dentro de pocos años quedará completamente relegada al olvido.

La electricidad se propaga con rapidez incalculable; pero como el calor, necesita de sustancias que la conduzcan, á las cuales se les da el nombre de *buenos conductores*. Entre ellos se cuentan los metales, y por esta razón Gilbert no pudo electrizarlos, pues la electricidad que se producía, se escapaba rápidamente, pasando al *depósito común* ó sea á la tierra, la cual es llamada así porque á ella va á parar y perderse la electricidad de los cuerpos que se electrizan sin estar aislados. Además de los metales, conducen bien la electricidad otra porción de cuerpos, como la plombagina, el agua, el cuerpo del hombre y el de los animales, los vegetales húmedos, etc. Existen otras sustancias, por las cuales la electricidad no puede propagarse, y por esta razón reciben el nombre de *malos conductores*, contándose entre ellos el vidrio, la seda, el ámbar, las resinas, la lana, etc.

Los cuerpos malos conductores se denomi-

nan también *aisladores*, pues se sirven de ellos para interponerlos entre los que conducen bien la electricidad, á fin de que ésta no se escape cuando conviene retenerla.

La electricidad se halla en la superficie de los cuerpos electrizados, bajo la forma de una tenue capa, y según la mayor ó menor fuerza atractiva ó repulsiva que comunica al cuerpo electrizado, se dice que está en mayor ó menor *tensión*. En las esferas dicha capa es igual en toda la superficie de aquéllas, y en un elipsoide la carga es mayor en los extremos.

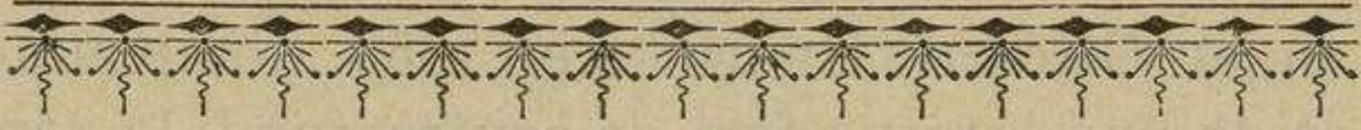
Los cuerpos conductores terminados en punta, tienen la propiedad de dejar escapar la electricidad, de manera que es imposible electrizarlos aunque estén perfectamente aislados. Más adelante veremos una curiosa y útil aplicación de esta propiedad.

Para que un cuerpo se electrice no es necesario que se ponga en contacto con un foco ú origen de electricidad; basta solamente que esté aproximado á él, y entonces se dice que se ha electrizado por *influencia* ó por *inducción*.

Si dos cuerpos que estén cargados de electricidad de nombre contrario, con tensión algo crecida, se aproximan suficientemente sin llegar al contacto, ambas electricidades se

combinan bruscamente, y brota la *chispa*, por haber vencido la resistencia que le oponía la mala conductibilidad del aire interpuesto entre ambos cuerpos, resultando de dicha combinación el fluido natural ó neutro.





CAPÍTULO II

—

Otra división de la electricidad.—Máquinas eléctricas.—Máquina de Ramsdem.—Electróforo de Volta.—Efectos de la chispa eléctrica.—Acumuladores.—Botella de Leyden.—Magnetismo.—Imanes.—Su división.—Polos de los imanes.—Línea neutra.—Atracción y repulsión magnética.—Orientación de la aguja magnética.—La brújula.

Falta aún conocer otra división de la electricidad, pues además de positiva y negativa, divídese también en *estática* y *dinámica*. Bajo la primera denominación se estudian los fenómenos producidos por la electricidad en estado de reposo, y bajo la segunda, los fenómenos que deben su origen á la electricidad en movimiento. Para producir la primera, se recurre siempre á medios mecánicos, y los aparatos que la producen toman el nombre de *máquinas eléctricas*; para engendrar la segunda se echa mano de medios químicos, denominándose *pilas* los aparatos destinados á producirla.

La primera máquina eléctrica fué inventa-

da por Ottón de Guericke en 1650. Componíase de una gran esfera de azufre fundido, en disposición de poder hacerla girar velozmente sobre sí misma, produciéndose la electricidad en virtud del frotamiento que era ejercido sobre la esfera por las manos de un observador. La electricidad desarrollada era recogida por una regla metálica, suspendida por cordones de seda, y puesta en contacto con la esfera por medio de una cadenilla de metal. En esta forma duraron las máquinas eléctricas hasta 1766, en cuya época empezó á sustituirse el globo de azufre por un disco de vidrio. Hoy día existen muchas clases de máquinas eléctricas más ó menos perfeccionadas, pero de todas ellas, la más usada es la que inventó el inglés Ramsdem. Consiste en un disco de vidrio que gira entre dos pares de almohadillas, por cuyo motivo sufre un suave frotamiento que desarrolla la electricidad, la cual es recogida por unas guarniciones metálicas sostenidas por pies aisladores.

Hay, además, una máquina eléctrica sencillísima conocida con el nombre de *electróforo de Volta*. Está formado este aparato por una caja cilíndrica de poca altura, llena de una torta resinosa, compuesta de una mezcla de pez griega, cera y resina convenientemente fundidas, y por un disco de madera,

de un diámetro algo menor que el de la caja, cubierto de papel de estaño en toda su superficie, y que se puede poner y quitar sobre la torta por medio de un mango aislador de vidrio ó de cordones de seda.

Este aparato funciona frotando fuertemente la torta por medio de un trapo de lana, con lo que se carga de electricidad negativa, luego se cubre con el disco, el cual se toca brevemente con el dedo, y asiéndolo luego por el mango, se levanta, quedando electrizado positivamente; si entonces se le acerca un cuerpo buen conductor, salta una chispa de longitud varia, según las dimensiones del electróforo que la produce.

La chispa eléctrica produce una variedad de efectos, que pueden clasificarse en *luminosos, caloríficos, fisiológicos, mecánicos y químicos*; pero su poder es poco, aun el de las producidas con las más potentes máquinas. Cuando se quiere que una chispa produzca efectos considerables, se recurre á los *acumuladores*, llamándose así unos aparatos destinados á retener una gran cantidad de electricidad en muy poca superficie. Su origen se debe á la casualidad. Cuéntase que Cuneus, discípulo de Muschembroeck, célebre físico del siglo pasado, quiso un día electrizar el agua. Al efecto, tomó una botella casi

llena de dicho líquido, y después de introducir en ella una varilla metálica como conductor, la tomó con la mano y la suspendió de la máquina eléctrica. Al cabo de un rato quiso sacar la varilla con la otra mano, y al instante recibió una fuerte sacudida en los brazos y pecho, que lo dejó aterrizado. Comunicó lo sucedido á su maestro, el cual quiso comprobarlo, y al recibir la conmoción fué tal su espanto, que al dar cuenta de ello á un amigo suyo, le dijo que no volvería á repetir el experimento, aunque le dieran todo el reino de Francia. Pero otros físicos fueron menos miedosos, y después de muchas experiencias, se construyó al cabo la *botella de Leyden*, que es el condensador más sencillo y de más fácil manejo.

Consta dicho aparato de una botella de boca estrecha y de vidrio delgado, en cuyo interior se colocan cuerpos buenos conductores, como por ejemplo, papel de estaño, pan de oro, etc., lo cual constituye la *armadura interna* de la botella. El exterior se halla recubierto hasta muy cerca del cuello por una hoja de papel de estaño, que también cubre el fondo, formando la *armadura externa*. El tapón se halla atravesado por una varilla metálica, uno de cuyos extremos termina en punta, y atraviesa la armadura interna; el

otro extremo, bien sea rectilíneo, bien en forma de gancho, termina en una esferita de metal, para que la electricidad no se escape.

Para cargar la botella, se pone en contacto con la máquina eléctrica, manteniéndola así durante cierto tiempo. Si luego se establece comunicación entre las dos armaduras por medio de un cuerpo buen conductor, brota una chispa de efectos tan considerables, que el abate Nollet, profesor del Delfín de Francia, hizo sentir una conmoción bastante violenta á más de 300 guardias del rey, formando cadena, con la descarga de una sola botella.

Antes de hablar de la electricidad dinámica, y para comprender claramente algunos fenómenos que con ella se relacionan, hemos de ocuparnos, aunque brevemente, del *magnetismo*, ó sea de la causa á que obedece la atracción de los *imanes*.

Dicha causa es todavía desconocida, por más que parezca probado que es una sencilla manifestación de la electricidad. Sin embargo, está aún admitida la hipótesis de la existencia de dos fluidos magnéticos, fundándose en la circunstancia de que los imanes pueden perder sus propiedades, sin haberse alterado su estructura molecular ni su composición química.

Los imanes se dividen en *naturales* y *artificiales*. Son los primeros unas piedras de color negruzco, formadas por una combinación del oxígeno con el hierro, que tienen la propiedad de atraer dicho metal y algunos otros. Puesta una aguja ó barra de acero largo tiempo en contacto con un imán natural, llega á adquirir sus propiedades, y en estas condiciones es designada con el nombre de imán artificial. En éstos se estudian todas las leyes del magnetismo.

La atracción que ejerce una barra imanada no es igual en todos sus puntos. Introdúzcase en un montoncillo de limaduras de hierro, y se verá que éstas se agrupan solamente en los extremos de la barra. Estos puntos, donde reside la fuerza de atracción de los imanes, se llaman *polos*, tomando el nombre de *línea neutra* la sección intermedia en donde la atracción es nula.

Cuando un imán ejerce su acción sobre otro imán, se observa una propiedad muy digna de tenerse en cuenta. Acérquese sucesivamente á la misma punta de una aguja imanada suspendida libremente por su centro las dos extremidades ó polos de un imán, y se verá que si uno la atrae el otro la repele. Si se repite el experimento con la otra punta de la aguja, se podrá observar que el

polo del imán que antes atraía la primera, ahora la repele, y viceversa. Se han llamado polos de un *mismo nombre* á los que se repelen, y de *nombre contrario* á los que se atraen.

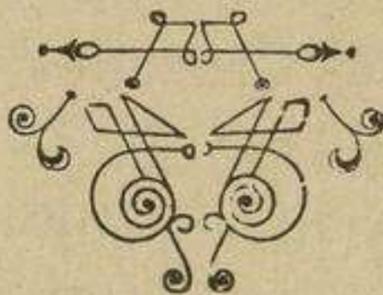
Gozan los imanes de otra propiedad que los han hecho preciosos. Tal es la dirección y orientación de las agujas magnéticas. Todo imán que pueda girar libremente sobre sí mismo en sentido horizontal, se dirige de norte á sur, presentando siempre una misma extremidad hacia el norte.

El descubrimiento de esta propiedad dió origen á la invención de la brújula, que tantos y tan señalados servicios ha prestado. Consiste en una aguja imanada que, suspendida horizontalmente por un fino eje, puede girar alrededor de un círculo que lleva pintada la *rosa de los vientos ó náutica*. Los chinos emplearon ya este aparato en el siglo II de la Era Cristiana, extendiéndose luego su uso por la India y Arabia, de donde la llevaron á Europa los Cruzados.

Mas ¿por qué la brújula se mantiene siempre en la misma dirección? La experiencia nos demuestra que colocada una aguja imanada sobre una gran barra de acero imanada también, se coloca en una posición paralela á dicha barra, con el polo sur de la aguja en

dirección al polo norte de aquélla. La tierra obra sobre las agujas magnéticas como si fuese un poderoso imán dirigido de norte á sur; pero su acción es solamente *directora*, pues no ejerce sobre la aguja las atracciones y repulsiones que un imán produciría.

Las sustancias magnéticas, como son el hierro dulce, el acero, el cobalto, etc., pueden imanarse por tres distintos procedimientos: por la acción de los imanes, por el magnetismo terrestre y por las corrientes eléctricas, siendo de notar que el hierro dulce pierde sus propiedades de imán en el momento mismo en que deja de obrar sobre él uno de los orígenes que hemos indicado, mientras que el acero, si bien no las adquiere en seguida, las conserva, en cambio, por mucho tiempo.





CAPÍTULO III

—

Electricidad dinámica.—Pilas.—Polos de la pila.—Efectos y aplicaciones de las pilas.—Electro-ímanes.—Telégrafo eléctrico: su mecanismo.—Corrientes inducidas.—Modificaciones de la chispa eléctrica en los tubos de Geissler.—Rayos X de Röntgen.—Fluoroscopio.—Teléfono.—La electricidad atmosférica.—El rayo.—El pararrayos.

Mucho tiempo después en que se habían estudiado los principales fenómenos de la electricidad estática, vino en conocimiento de la electricidad *dinámica*, en virtud de una brillante discusión entablada allá por el año 1787 entre los eminentes sabios Galvani y Volta.

La electricidad dinámica ó sea electricidad en movimiento, es la desarrollada por ciertas combinaciones químicas verificadas en aparatos especiales, denominados pilas. La más sencilla es la que inventó Volta para explicar su teoría. Consiste en una serie de rodajas de cobre, paño y zinc superpuestas, con el orden indicado y humedecidas con agua

salada ó acidulada. La reacción química que se verifica, desarrolla la electricidad, la cual se distribuye en ambos extremos ó *polos* de la pila, siendo el *positivo* el formado por el cobre, por dirigirse á él la electricidad positiva, mientras que la negativa se dirige al zinc, formando por esta causa el polo *negativo*. Cada polo lleva unido un hilo de cobre, á fin de transmitir el fluido que á ellos afluye, tomando dichos hilos el nombre de *reóforos*.

Cuando los reóforos están en comunicación, ya sea directamente, ó ya por intermedio de un cuerpo buen conductor, se establece la corriente eléctrica, diciéndose entonces que el *circuito* está *cerrado*, y *abierto* cuando los reóforos están separados. En este caso, la electricidad se acumula en los extremos de aquéllos, permaneciendo allí con cierta *tensión*.

La pila que acabamos de describir, no se usa ya en ninguna parte, y solamente se conserva como una reliquia científica, pues ésta y algunas de sus modificaciones, como la de artesa, corona, etc., adolecen de graves inconvenientes, siendo el principal de ellos la *polarización* que sufre el cobre al poco rato de establecerse la corriente, por cuyo motivo ésta se debilita cada vez más. Se dice que el cobre, ó el metal que ejerce su oficio, está po-

larizado, cuando se halla recubierto de una capa formada por pequeñas burbujas de gas hidrógeno, resultante de la descomposición del agua, en virtud de la corriente eléctrica. Por este motivo, dichas pilas han cedido el paso á las *despolarizantes* ó de corriente continua, siendo de mayor importancia las inventadas por Daniell, Grenet, Bunsen, etc., y en especial esta última, cuando se trata de obtener una corriente de mucha energía.

Las aplicaciones de las pilas son numerosísimas, pues producen los mismos efectos que las máquinas eléctricas, en grado mucho mayor, por obrar constantemente la fuerza que los produce. Los efectos de la electricidad estática proceden de la recomposición brusca de las dos electricidades, con una tensión considerable, mientras que los producidos por la electricidad dinámica son debidos á la recomposición lenta de ambos fluidos con débil tensión.

Con varias pilas unidas entre sí se obtienen efectos considerables. Al aproximarse los reóforos saltan las chispas, pasando de uno á otro hilo; y si en las extremidades de dichos reóforos se pone un cono de carbón de cok bien calcinado, se produce una luz deslumbradora, conocida con el nombre de luz eléc-

trica, la cual ha sido utilizada para el alumbrado público.

Los efectos fisiológicos son también considerables, pues se puede producir la muerte instantánea de un animal corpulento, poniéndolo en contacto con los reóforos.

Con las pilas se produce calor suficiente para fundir y aun volatilizar cuerpos, como el hierro, el oro y hasta el platino, que para fundirse requiere una temperatura de 2.000°.

Las corrientes eléctricas descomponen muchos cuerpos, especialmente las sales metálicas cuando están disueltas, depositando el metal en el polo negativo. La industria ha aprovechado esta propiedad, dando origen á la galvanoplastia, ó sea al arte de reproducir en metal los objetos que se quieran. Se utiliza además en el dorado y plateado galvánico, desterrando para siempre el procedimiento llamado al mercurio, que tantas víctimas ha causado.

Dijimos en el capítulo anterior que las corrientes eléctricas eran un medio de hacer adquirir propiedades de imán á las sustancias magnéticas, y esta propiedad ha dado origen á los *electro-imanés*. Consisten en una barra de hierro dulce, encorvada generalmente en forma de herradura, en cuyas ramas va arrollado en espiral un hilo de cobre.

cubierto de seda, por donde pasa la corriente. En el instante mismo en que ésta empieza á circular, el pedazo de hierro dulce se convierte en imán poderoso, perdiendo tales propiedades cuando cesa la corriente. Todos los motores eléctricos tienen por base los electroimanes; pero de todas sus aplicaciones, la más interesante es, sin duda alguna, el *telégrafo*.

Existen muchos sistemas de telégrafos eléctricos; pero el más importante, es el inventado por Morse. Consta, como todos, del *manipulador* y del *receptor*. El primero no es otra cosa que una pequeña palanca, que sirve para cerrar ó abrir á voluntad el circuito, estableciendo ó interrumpiendo la corriente eléctrica, suministrada por una porción de pilas. El órgano principal del receptor es un electroimán, el cual, al pasar la corriente atrae una varilla de hierro dulce, á la que va unido un pequeño punzón ó estilete, mojado siempre con tinta. Por debajo del estilete va pasando regularmente, por medio de un aparato de relojería, una cinta de papel, sobre la cual deja al estilete ciertos trazos. Fácilmente se comprende que si la corriente es instantánea, el trazo que deje el estilete será solamente un punto, mientras que si dura algo más, será una raya. De la combinación

de los puntos y de las rayas resultan las letras, dejando entre cada una de ellas y entre cada palabra, un pequeño espacio para que no se confundan.

La corriente se trasmite por un alambre aislado con una velocidad de 115.000 leguas por segundo. Modernamente se habla de la invención del telégrafo sin hilos; pero aún no se ve instalado en parte alguna.

Existen una especie de corrientes eléctricas llamadas de *inducción* ó *inducidas*, las cuales son desarrolladas en hilos conductores, por influencia de otras que pasan por hilos inmediatos. Los aparatos que se emplean para producir estas corrientes, se dividen en varias clases, según la naturaleza del órgano *inductor*, pues á veces puede ser un imán permanente, otras un electro-imán y otras, por fin, una corriente voltaica próxima á un hilo inducido. Los primeros se llaman aparatos *magneto-eléctricos*, los segundos *dinamos* y, por último, los terceros se conocen con el nombre de *electro-voltaicos*. Entre éstos figura el carrete de Ruhmkorff, muy conocido por sus numerosas aplicaciones. La corriente inductora es suministrada en este aparato por una pila de cualquier especie de las mencionadas.

Los efectos obtenidos con estas máquinas

son de la misma naturaleza que los obtenidos con las pilas. Con el carrete de Ruhmkorff puede estudiarse un fenómeno muy curioso. Trátase de las modificaciones que experimenta la chispa, cuando se produce en tubos de Geissler, los cuales no son otra cosa que tubos cerrados herméticamente, que contienen gases en extremo enrarecidos, obteniendo la chispa diversa coloración, según la naturaleza del gas que encierran.

Al saltar la chispa en dichos tubos, los llena enteramente; pero se presenta con estrías ó fajas cóncavas hacia el polo positivo, que está más iluminado que el negativo. Aquí es donde se producen los famosos rayos X de Röntgen. Estos rayos, que son invisibles, tienen la propiedad de traspasar cuerpos opacos, como por ejemplo la madera, papel, carne y otros, obrando además químicamente sobre ciertas sustancias. Solamente los metales, los huesos y algunos otros cuerpos son refractarios al paso de dichos rayos, no dejándose atravesar sino muy débilmente. El poder químico que poseen, los han hecho aplicables á obtener fotografías de cuerpos no visibles, como, por ejemplo, una sustancia extraña introducida en nuestro organismo, por lo cual han producido una verdadera revolución en la medicina y la cirugía, que son

las dos ramas de la ciencia que más partido han sacado de ellos.

Para producir los rayos X se opera con tubos de Crookes, los cuales son muy semejantes á los de Geissler, pues consisten en tubos de grandes dimensiones, herméticamente cerrados, en los que se ha verificado un vacío casi perfecto. En ambos extremos llevan un alambre de platino para ponerlo en comunicación con los reóforos de un carrete de Ruhmkorff, que produce la chispa, saliendo los rayos de que se trata del polo negativo.

Para obtener una imagen fotográfica, por ejemplo la del esqueleto de la mano, se coloca ésta sobre una placa muy sensible, y después de sometida algún tiempo á la influencia de los rayos invisibles, se revela aquélla por los medios ordinarios, apareciendo los huesos rodeados de una ligera sombra, producida por la carne. Edison ha inventado un aparato llamado *fluoroscopio*, que permite ver los fenómenos producidos por los rayos X y observarlos directamente, sin el auxilio de las placas fotográficas.

En el transcurso de estos capítulos hemos visto varias y útiles aplicaciones de la electricidad. Existen otros muchos aparatos eléctricos de reconocida utilidad práctica, mas

de éstos sólo trataremos, y aun muy ligeramente, del *teléfono*.

Sirve este aparato para transmitir á distancia las palabras, y, en general, todos los sonidos. Su invento fué debido á Graham Bell, siendo luego modificado por varios físicos, entre los que se cuenta Edison. En este aparato se aprovechan las corrientes inducidas, las cuales eran desarrolladas por un imán en los teléfonos primitivos, mientras que hoy se emplean las corrientes producidas por una pila.

Réstanos, para concluir, mencionar al menos la *electricidad atmosférica*. El primero en sospechar su existencia fué el físico inglés Wall, indicando la analogía que existe entre el rayo y la chispa de la máquina eléctrica. Franklin lo evidenció más tarde con su famosa cometa, y desde entonces se estudiaron las causas que la producen.

Dichas causas parecen ser el frotamiento del aire contra el suelo, la respiración de las plantas, la evaporación de las aguas y la combustión.

Las nubes están cargadas de electricidad, unas veces positiva y otras negativa. Las primeras se han formado en las altas regiones de la atmósfera, por la condensación de los vapores que emanan del suelo. Las se-

gundas son las que resultan de la ascensión de las nieblas que han estado largo tiempo en contacto con el suelo.

Hemos dicho en otra ocasión, que las electricidades de nombre contrario se atraen. Así pues, cuando dos nubes, una cargada de electricidad positiva y la otra negativa, se encuentran á cierta distancia, se atraen con fuerza, y cuando la tensión en que se encuentran ambos fluidos puede vencer la resistencia del aire interpuesto, se recomponen bruscamente brotando una chispa que pone en conmoción el aire inmediato, constituyendo el *relámpago* y el *trueno*.

Cuando la recomposición se verifica entre una nube y el suelo, se produce el *rayo*, cuyos terribles efectos son conocidos de todo el mundo; pero á pesar de su furia, Franklín consiguió dominarlo, ó al menos preservar los edificios de sus efectos, por medio del *para-rayos*.

El para-rayos consiste en una barra de hierro terminada por una punta muy sutil de cobre ó platino que se coloca en la parte más alta del edificio que se quiere preservar. Al otro extremo de la barra va unida una cadena de metal, que se sumerge en el agua de un pozo, ó se entierra en un hoyo abierto en la tierra. Como ya sabemos, las puntas tie-

nen la propiedad de dejar escapar la electricidad, y por la punta del para-rayos se escapa el fluido que posee la tierra, neutralizando el de nombre contrario que tiene la nube. En caso de verificarse la descarga, el rayo acude con preferencia á la barra, y por ella y por el conductor va á perderse en el suelo.

EL POR QUÉ DE LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Por qué si se frota un pedazo de lacre ó de vidrio, atrae cuerpos ligeros?

Porque el frotamiento es una de las fuentes ú orígenes de la electricidad, la cual se manifiesta por medio de atracciones ó repulsiones.

Por qué cuando el péndulo eléctrico ha sido atraído por el vidrio, es repelido inmediatamente por dicha sustancia?

Porque el péndulo toma la electricidad del vidrio, y las electricidades de un mismo nombre se repelen.

Por qué no pueden electrizarse los metales?

Porque son buenos conductores, y cuando no están aislados, la electricidad que en ellos se desarrolla pasa rápidamente al suelo.

Por qué las máquinas eléctricas no funcionan todos los días?

Porque la atmósfera puede estar muy cargada de vapor acuoso, que como buen con-

ductor de la electricidad, conduce en seguida al suelo la que producen las máquinas.

Por qué los hilos telegráficos no descansan directamente sobre los postes?

Porque la madera conduce bien la electricidad, y ésta se esparciría por el suelo al primer punto de contacto. Por esta causa llevan los postes un aislador de loza, que es un cuerpo mal conductor; de este modo la electricidad sigue su camino por el alambre.

Por qué los conductores de las máquinas eléctricas terminan siempre con superficies esféricas?

Porque si terminaran en punta, la electricidad se escaparía á medida que se iría formando.

Por qué las máquinas eléctricas desarrollan electricidad?

Porque el disco de vidrio que casi siempre es su órgano principal, gira rozando entre almohadillas y el rozamiento es origen ó fuente de electricidad.

Por qué la descarga de una botella de Leyden produce tan fuerte conmoción?

Porque este aparato acumula grandes cantidades de electricidad, y su efecto es mucho mayor que el producido por las mejores máquinas.

Por qué las brújulas señalan siempre una misma dirección?

Porque la tierra ejerce sobre las brújulas la acción de un grande imán, cuyos polos atraen constantemente los de nombre contrario de la aguja imanada.

Por qué la proximidad de hierro ó acero á las brújulas las desvía de su dirección?

Porque el hierro ó el acero son atraídos por el imán; pero como la aguja de la brújula tiene débil fuerza y, por otra parte, puede girar sobre sí misma con gran facilidad, dirige su punta hacia la masa metálica que la solicita.

Por qué las pilas desarrollan electricidad?

Porque en ellas se producen combinaciones químicas, que constituyen un origen del fluido eléctrico.

Por qué se emplea la corriente eléctrica para dorar y platear los metales?

Porque la electricidad descompone las sales metálicas que están disueltas, dirigiéndose el metal al reóforo negativo, en donde se coloca el objeto que se quiere dorar ó platear.

Por qué cuando las nubes están electrizadas marchan unas hacia las otras?

Porque sus electricidades son de distinto nombre y se atraen.

¿Por qué se produce el rayo?

Porque la electricidad tiende á estar siempre en equilibrio y el rayo no es otra cosa que la recomposición brusca de electricidades de nombre contrario.

¿Por qué se produce el trueno juntamente con el rayo?

Porque la recomposición de las electricidades se verifica de una manera brusca, y las capas de aire intermedias se ponen en conmoción.

¿Por qué los para-rayos evitan las descargas eléctricas?

Porque la electricidad de la tierra se escapa por la punta del para-rayos y neutraliza el fluido de nombre contrario de la nube.

¿Por qué los para-rayos llevan la punta de cobre ó de platino?

Porque si se produce alguna vez una descarga, no se funda la punta, como sucedería si fuese de hierro, pues el cobre es muy buen conductor, y el platino casi infusible.

¿Por qué durante una tempestad no es conveniente cobijarse debajo de un árbol?

Porque los vegetales, sobre todo si están húmedos, son buenos conductores y además están muy elevados sobre el suelo.

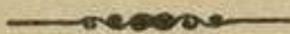
— FIN —

ÍNDICE



	<u>PÁGINA.</u>
A mi querido hijo el autor de la presente obrita.	3
PARTE PRIMERA	
EL AIRE	
Capítulo I	7
Capítulo II.	14
Capítulo III	23
El por qué de los fenómenos atmosféricos	29
PARTE SEGUNDA	
EL AGUA	
Capítulo I	37
Capítulo II.	44
Capítulo III	51
El por qué de los fenómenos acuosos	54
PARTE TERCERA	
EL CALOR	
Capítulo I	61
Capítulo II.	70
Capítulo III	79
El por qué de los fenómenos caloríficos	85
PARTE CUARTA	
LA LUZ	
Capítulo I	91
Capítulo II.	99
Capítulo III	105
El Por qué de los fenómenos luminosos	111
PARTE QUINTA	
LA ELECTRICIDAD	
Capítulo I	117
Capítulo II.	123
Capítulo III	131
El por qué de los fenómenos eléctricos	141

ERRATAS IMPORTANTES



<u>Página.</u>	<u>Línea</u>	<u>DICE</u>	<u>DEBE DECIR</u>
21	13	no	<i>nos</i>
48	29	las los que	<i>las cuales los</i>
63	4	estudiarlo	<i>apreciarlo</i>
67	2	permite	<i>permita</i>
68	1	el por	<i>por el</i>
80	15	efectuase	<i>efectúa</i>
96	24	bajo de la misma	<i>superior de la pantalla, y necesariamente de- berá ocupar el punto bajo de la misma.</i>





LA ESCUELA PRÁCTICA

REVISTA PEDAGÓGICA POR JUAN BENEJAM

LA ESCUELA PRÁCTICA es una publicación especialísima. La 1.ª serie empezó en 1.º de Abril de 1894 (pudiéndose contar con todas las series publicadas) costando solo *cuatro pesetas* al año en España y *un peso* en América. Entre las varias secciones que comprende hay una destinada á la enseñanza práctica del

DIDASCOSMOS

(APROBADO POR EL CONSEJO DE INSTRUCCIÓN PÚBLICA)

Aparato el mas interesante para la enseñanza intuitiva, el cual ofrece en forma plástica un trozo ideal de nuestro planeta: tierra, mar y atmósfera.

Además de todos los accidentes terrestres, de toda la hidrografía marítima y continental, de los más caracterizados meteoros atmosféricos, se ven en aquel hermoso panorama, en forma adecuada, poblaciones, casas de campo, línea férrea, telégrafo, faro, semáforo, buques, en fin, multitud de objetos cada uno de los cuales se presta á interesantísimas lecciones; porque el *Didascosmos* es un pequeño mundo que se trata de introducir en las escuelas, y aunque no sea obligatoria esa enseñanza, nadie puede pasarse sin tales conocimientos.

Este moderno aparato, embeleso constante de los niños y motivo de curiosidad de cuantas personas visiten la escuela, solo cuesta 90 pesetas en grandes dimensiones, y en pequeñas (1 metro de largo por 70 centímetros ancho) el infimo precio de 38 pesetas, colocados ambos sobre el muelle de Barcelona, cuidando el inventor de mandarlo á destino, con un pequeño aumento de gastos.

Fuera de España se remite con las mismas condiciones, pudiendo dirigirse el pedido á la casa Bastinos de Barcelona ó directamente al inventor.

Dirección: Juan Benejam.—Islas Baleares.—Ciudadela.

SM

516