

RESÚMEN
COMPENDIADO DE FÍSICA

PARA EL REPASO

PREPARATORIO DE LOS EXÁMENES.

ARREGLADO

Á LAS OBRAS DE TEXTO APROBADAS POR EL GOBIERNO,

POR

DON JOSÉ ALCOLEA,

CATEDRÁTICO DE DICHA ASIGNATURA.

~~~~~  
CADIZ.

—  
IMPRENTA Y LITOGRAFIA DE LA REVISTA MEDICA,

Á CARGO DE D. FEDERICO JOLY,

CALLE DE LA BOMBA NUMERO 1.

1868.

El buen éxito en un exámen depende casi tanto de la suma de conocimientos que se tengan sobre una materia, como de la facilidad en recordarlos y el lucimiento al exponerlos. Imposible es aprender en pocos días una asignatura; pero se puede sin gran trabajo metodizar lo que ya se sabe agrupando los detalles al rededor de los hechos fundamentales, para que sirviendo de base á la asociacion de las ideas, ayuden á la memoria en la evocacion de los recuerdos.

Esta consideracion me ha movido á redactar el ligerísimo extracto de Física que dedico á los cursantes de esta asignatura, contentándome con que puedan sacar de él alguna parte de buen resultado que les desea

EL AUTOR.

---

Es propiedad del autor.

---

solo difieren del torno en la disposicion de sus partes. Las ruedas dentadas representan tambien un torno cuyo cilindro dentado se llama piñon, y sus dientes alas, siendo la potencia á la resistencia como el número de alas del piñon es al de los dientes de la rueda.

Se llama plano inclinado el que forma con el horizonte un ángulo menor de 90°. De su interseccion con un plano vertical y otro horizontal resulta un triángulo rectángulo cuya hipotenusa se llama longitud, el cateto horizontal base, y el vertical altura. En esta máquina la potencia es á la resistencia como la altura del plano es á su longitud, ó como la altura es á la base, segun el modo de obrar de la potencia. Al plano indicado se refieren el tornillo y la cuña.

El movimiento se divide en uniforme y variado: en el primero son iguales los espacios recorridos por el móvil en la misma unidad de tiempo y desiguales en el segundo. En aquel se llama velocidad el espacio recorrido en la unidad de tiempo y se representa por la fórmula  $V = \frac{e}{t}$  cuyas letras indican la velocidad, espacio y tiempo.

El movimiento variado se divide en acelerado y retardado, segun que los espacios recorridos en igual tiempo van creciendo ó disminuyendo; llamándose uniformemente acelerado ó retardado cuando esta variacion sigue una ley constante: la fuerza que produce el aceleramiento ó retraso recibe el nombre de aceleratriz ó retardatriz.

En el movimiento uniformemente acelerado se llama velocidad, al cabo de un tiempo dado, el espacio que desde aquel momento recorrería el móvil en cada unidad de tiempo si cesara repentinamente la fuerza aceleratriz. Su fórmula es  $e = \frac{1}{2}gt^2$ , representando  $g$  la velocidad adquirida al cabo de un segundo,  $t$  el tiempo y  $e$  el espacio. Este movimiento tiene por causa la accion de una fuerza constante, y se halla sometido á las dos leyes siguientes: 1.ª las velocidades adquiridas son proporcionales á los tiempos: 2.ª los espacios recorridos son como los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos: ambas se comprueban con la máquina de Atwood y el plano inclinado de Galileo, los cuales por sus condiciones modifican la intensidad de la gravedad, que obra como una fuerza aceleratriz constante, sin alterar la naturaleza del movimiento.

La altura de que los cuerpos descienden modifica la energía con que la Tierra los atrae, á causa de que esta atraccion tiene lugar en razon inversa del cuadrado de la distancia; sucediendo lo mismo con la latitud, porque habiendo una diferencia de siete leguas entre el radio polar y el ecuatorial, la distancia de la superficie de la tierra al centro disminuye del ecuador al polo y por consiguiente crece en el mismo sentido la accion de la gravedad.

El movimiento curvilíneo es efecto de la accion de dos fuerzas que se llaman fuerzas centrales: cuando las direcciones de estas forman ángulo, siendo una instantánea y otra continua, se engendra el movimiento parabólico;

tal es el caso de un proyectil lanzado horizontalmente, el cual solicitado en cada momento por la gravedad sigue una direccion intermedia entre la horizontal y la vertical, que variando sucesivamente, produce la curva llamada parábola. Si una de las fuerzas conserva relaciones invariables con respecto á un punto fijo se origina el movimiento circular.

Fuerza centrífuga es la tendencia que se produce en los cuerpos que se mueven á una distancia constante de un punto á separarse de este centro de rotacion: está en razon directa de la masa de los cuerpos, y es proporcional al cuadrado de la velocidad de rotacion.

La aplicacion de estas leyes al movimiento de la Tierra sobre su eje explica el aplanamiento de esta por sus polos, suponiendo que hubo una época en que su masa se hallaba en estado de fluidez; y hace comprender el influjo de la latitud en la intensidad de la fuerza centrífuga y el de ésta en la intensidad de la gravedad.

El péndulo simple se supone formado por un hilo inextensible y sin peso, que lleva en una extremidad un punto material y está sostenido por la otra en un punto fijo á cuyo alrededor puede oscilar: la distancia entre éste y el punto material se llama longitud del péndulo; ángulo de desviacion el formado por dos líneas que marcan las posiciones extremas del péndulo á uno y otro lado de la vertical en cada oscilacion; amplitud de la oscilacion el arco comprendido entre ellas, y duracion de la oscilacion el tiempo que emplea el punto material en recorrer este arco.

El péndulo compuesto está constituido por un cuerpo generalmente de forma lenticular, sujeto á una varilla metálica y oscila al alrededor de una línea horizontal que se llama eje de suspension. En todo péndulo compuesto se puede determinar otra línea, paralela á la anterior, que se denomina eje de oscilacion, y la distancia comprendida entre estos dos ejes constituye la longitud del péndulo compuesto. Las oscilaciones del péndulo se hallan sometidas á estas cuatro leyes. 1.<sup>a</sup> En un mismo péndulo las oscilaciones cuya amplitud no pasa de 3° son isóchronas. 2.<sup>a</sup> Suponiendo constante la longitud del péndulo, la duracion de las oscilaciones es independiente de la materia de que esté formado. 3.<sup>a</sup> En péndulos desiguales la duracion de las oscilaciones es proporcional á la raiz cuadrada de la longitud. 4.<sup>a</sup> Para un mismo péndulo situado en diferentes puntos de la Tierra, la duracion de las oscilaciones se halla en razon inversa de la raiz cuadrada de la intensidad de la gravedad.

El péndulo se aplica para regularizar la marcha de los relojes; para comprobar la atraccion de la tierra sobre todos los cuerpos; para medir la intensidad de la gravedad en cada punto del globo y para demostrar experimentalmente el movimiento de rotacion de este sobre su eje.

Rozamiento es la resistencia que al movimiento se produce entre dos cuerpos apoyados uno en otro, por efecto de la interposicion recíproca de las emi-nencias y depresiones de ambas superficies.

El rozamiento puede ser de dos especies: en la primera solo varía la superficie de contacto de uno de los cuerpos, resbalando el otro sobre él y en la segunda se tocan sucesivamente partes distintas de ambos: tal es el caso de un cilindro que rueda sobre un plano.

Llámanse choque la acción recíproca que se produce por el encuentro de dos cuerpos en movimiento. Para los efectos del choque se consideran los cuerpos divididos en dos grupos: duros ó no elásticos y elásticos. El choque se llama central cuando los centros de movimiento de los cuerpos se hallan en línea recta y excéntrico cuando dichos centros tienen otra situación.

Los casos mas notables que en el choque pueden ocurrir son tres: 1.º Un cuerpo en movimiento y el otro en quietud. 2.º Dos cuerpos en movimiento y en dirección contraria. 3.º Dos cuerpos en movimiento, en la misma dirección, con diferente velocidad.

Hidrostática es la parte de la Física que se ocupa del equilibrio de los líquidos. Estos están caracterizados por la movilidad de sus moléculas, en consecuencia de la cual toman la forma del recipiente que los contiene, y por ser muy poco compresibles y perfectamente elásticos.

El principio fundamental de la hidrostática, conocido con el nombre de principio de igualdad de presión, se comprende en el siguiente enunciado. Toda presión ejercida perpendicularmente á la superficie de un líquido se transmite á igualdad de área en todos sentidos con la misma intensidad: para establecerlo se supone á los líquidos sin viscosidad y sin peso.

Por efecto de la gravedad ejercen los líquidos presiones de arriba abajo, de abajo arriba y laterales: estas presiones son iguales al nivel de cada capa horizontal del líquido y se hallan en razón directa de la profundidad y de la densidad de este. La presión de arriba abajo es independiente de la forma del vaso é igual al peso de una columna de líquido que tenga por base la superficie que se considere y por altura la distancia de esta al nivel: la de abajo arriba, denominada empuje de los líquidos, es igual en cada caso á la presión de arriba abajo. Esta equivalencia se deduce teóricamente del principio de Pascal, pues en cada capa de líquido debe producirse una reacción igual y contraria á la presión que resulta del peso de las capas superiores. Las presiones laterales equivalen al peso de una columna de líquido que tuviera por base la porción de pared del vaso que se considere, y por altura la distancia vertical del centro de gravedad de aquella al nivel del líquido.

Se llama centro de presión el punto de aplicación de la resultante de las presiones laterales ejercidas por la totalidad de capas líquidas comprendidas en la porción de superficie que se examina: el centro de presión se halla mas alto que el de gravedad. En el principio de Pascal se funda la prensa hidráulica: el torniquete hidráulico comprueba las presiones laterales, cuyo efecto se aplica en las ruedas de reacción.

Las leyes de equilibrio de un líquido en un solo recipiente son dos: 1.ª La superficie debe ser en cada punto perpendicular á la resultante de las fuer-

zas que actúan sobre las moléculas. 2.<sup>a</sup> En el interior de la masa líquida cada molécula debe sufrir en todos sentidos presiones contrarias é iguales. Cuando la cantidad de líquido es algo considerable y no está contenida en tubos de pequeño diámetro, la superficie es horizontal por el predominio con que la gravedad obra sobre las moléculas que ocupan el nivel con respecto á las fuerzas de cohesion y adhesion.

Para que el equilibrio subsista cuando un líquido está contenido en vasos comunicantes, las superficies de nivel en cada uno de ellos deben hallarse en el mismo plano horizontal. Si son varios los líquidos, de diferente densidad y están contenidos en un solo vaso, cada uno en particular se halla sometido á las dos primeras leyes, y el equilibrio del conjunto solo se realiza á condicion de que se hallen superpuestos por órden de densidad creciente de arriba abajo.

Cuando dos líquidos de diferente densidad y sin accion química entre sí están contenidos en vasos comunicantes, las alturas de nivel se hallan en razon inversa de sus densidades. El nivel de agua y la teoria de los pozos artesianos se fundan en la ley de equilibrio de un solo líquido en vasos comunicantes.

El principio de Arquímedes se contiene en la siguiente proposicion. Todo cuerpo sumergido en un líquido pierde de su peso una cantidad igual al peso del volúmen de líquido que desaloja. Este principio se comprueba por el raciocinio y con la balanza hidrostática.

Todo sólido colocado en un líquido mas denso que él solo se sumerge en la parte que basta á desalojar un volúmen de líquido cuyo peso sea igual al suyo: entonces se dice que el cuerpo flota. Para que el equilibrio de los cuerpos flotantes sea estable es preciso que su centro de gravedad se halle debajo del centro de presion y en la misma línea vertical: si la posicion de los centros es inversa será inestable el equilibrio.

Peso específico de los cuerpos sólidos y líquidos es la relacion entre el peso de un volúmen dado del cuerpo y otro volúmen igual de agua á 4 grados sobre 0°: el peso del agua es por consiguiente la unidad de comparacion.

Para determinar el peso específico se emplean tres métodos: el de la balanza hidrostática, el de los areómetros y el del frasco. Todos tienen por objeto hallar el peso de volúmenes iguales del cuerpo y de agua: dividiendo el primer peso por el segundo se obtiene la relacion que constituye el peso específico.

Con la balanza se determina suspendiendo de ella el cuerpo, pesándolo de esta manera, y sumergiéndolo despues en el agua: la pérdida de peso que entonces se comprueba es el peso de un volúmen del líquido igual al del cuerpo. Para establecerlo con el areómetro de Nicholson, debe averiguarse antes las pesas que es preciso colocar en el platillo superior para sumergir el instrumento hasta el punto de enrase, y colocando en aquel un fragmento del cuerpo, las pesas que deban quitarse para que el enrase subsista representan el peso del cuerpo en el aire; poniendo en seguida el cuerpo en el platillo inferior, las pesas que hayan de agregarse entonces en el superior para que vuelva á

enrasar indican el peso del volúmen de agua desalojado por el cuerpo. Se halla con el frasco pesando antes el cuerpo solo, colocándolo despues en uno de los platillos de la balanza con el frasco lleno de agua, introduciendo en seguida el cuerpo en el interior de aquel y volviendo á colocarlo en el mismo platillo: las pesas que sea preciso poner en él para restablecer el equilibrio marcan el peso de un volúmen de agua igual al del cuerpo.

Para hallar con la balanza el peso específico de los líquidos se suspende de uno de sus platillos una esfera de platino de peso conocido, y sumergiéndola sucesivamente en el líquido explorado y en el agua, las respectivas pérdidas de peso que resulten son los pesos de volúmenes iguales de ambos líquidos. Se determina con el aerómetro de Fahrenheit haciéndolo enrasar en el agua y en el líquido; el valor de las pesas empleadas en cada caso, aumentado con el peso del instrumento, indican respectivamente el peso de volúmenes iguales de ambos cuerpos. Para averiguarlo con el frasco se pesa este primero vacío y despues lleno sucesivamente de agua y del líquido en cuestion: restando de los dos últimos pesos el primero, se obtiene el peso de igual volúmen de una y otro.

Las otras especies de aerómetros marcan el grado de concentracion de los líquidos segun la porcion del tallo que en ellos se sumerge, teniendo el 0° de la escala en la extremidad superior cuando se aplican á líquidos mas densos que el agua, y en el extremo inferior si han de servir para líquidos de menor densidad que esta. El alcoholómetro de Gay-Lussac mide por centésimas partes, en volúmen, la cantidad de alcohol que contienen las bebidas espirituosas.

---

Hidrodinámica es la parte de la Física que estudia el movimiento de los líquidos. Este es producido siempre por la gravedad sola, ó combinada con la accion de otra fuerza mecánica.

En el derrame ó salida de los líquidos de un depósito se consideran cuatro casos. 1.º Derrame por un orificio en pared delgada, entendiéndose por tal cuando su grueso es menor que la mitad de la mas pequeña dimension del orificio. 2.º Derrame por tubos adicionales, ó cuya longitud no excede del doble de su diámetro. 3.º Por tubos largos de gran calibre; y 4.º Por tubos capilares.

Llámase vena fluída el chorro cilindrico que sale por un orificio circular practicado en una pared delgada. Se halla constituida por dos porciones de apariencia distinta: la mas próxima al orificio es trasparente, fija como un cristal, y vá estrechándose hasta una distancia variable; llamándose seccion contracta la parte que presenta menor diámetro. La porcion que sigue es movable, turbia, y ofrece ensanchamientos llamados vientres y estrecheces denominadas nodos, terminando por dispersarse en gotas.

El teorema de Torricelli sirve para determinar la velocidad de salida de los líquidos y se formula del modo siguiente. Las moléculas líquidas, al salir por un orificio, tienen la misma velocidad que si cayeran libremente en

el vacío de una altura igual á la distancia vertical del centro del orificio á la superficie del líquido en el depósito. Como consecuencias de éste teorema se deducen: 1.º Que la velocidad del derrame es independiente de la densidad del líquido. 2.º Que la velocidad de las moléculas al salir es proporcional á la raíz cuadrada de la altura del nivel en el depósito encima del centro del orificio.

Llámanse gasto efectivo el volúmen de líquido que sale por un orificio durante un segundo, y gasto teórico el volúmen de un cilindro ó prisma que tuviera por base el orificio y por altura la velocidad teórica deducida por el teorema de Torricelli: el último es siempre mayor que el primero.

Para muchos experimentos de hidrodinámica es indispensable obtener un derrame constante, el cual se consigue con el flotador de Prony, el frasco de Mariotte y el vaso constantemente lleno.

Surtidores son unos chorros de agua que se elevan á diferente altura por efecto de la presión que ejerce el mismo líquido encerrado en un depósito.

Aerostática es la parte de la Física que trata del equilibrio de los gases. Estos se hallan caracterizados por la movilidad de sus moléculas, por su gran compresibilidad, y por la tendencia continua á ocupar mayor espacio, propiedad conocida con los nombres de tensión, expansibilidad ó fuerza elástica.

Se conocen 34 gases: todos ellos son pesados, lo cual se comprueba pesando un balón vacío y despues lleno de cada uno de estos fluidos.

La atmósfera es una capa de aire de unos 100 kilómetros de altura que rodea toda la superficie del globo. El aire está formado por una mezcla de oxígeno, azoe, ácido carbónico y pequenísimas porciones de otros cuerpos. A igualdad de volúmen pesa el aire 773 veces menos que el agua, siendo por consiguiente su peso específico respecto á esta 0,001293: un litro de aire pesa 1<sup>g</sup>,293. Por efecto de la gravedad ejerce el aire presión de arriba abajo, fácil de comprobar con el rompe-vejigas; y las produce también en todas direcciones, como lo demuestra el experimento de los hemisferios de Magdebourg. En 1643 hizo Torricelli la primera experiencia para medir la presión de la atmósfera, llenando de mercurio un tubo de cristal de 80 centímetros de longitud cerrado por un extremo é invirtiéndolo en una vasija que contenia el mismo metal despues de tapan con el dedo la extremidad abierta: al separar el dedo dentro del mercurio, descendió este en el tubo, dejando en la parte superior un espacio vacío al que se ha dado el nombre de cámara barométrica. Tres años mas tarde repitió Pascal la experiencia con un tubo de 15 metros lleno de agua obteniendo igual resultado; con la diferencia de que la columna de agua tenia una altura de 10<sup>m</sup>,40 mientras que la del mercurio era de 0<sup>m</sup>,76 por término medio, ó sea 13,6 veces menor.

Los instrumentos destinados á medir la presión atmosférica se llaman barómetros: los hay de mercurio y metálicos. De la primera clase son los de cubeta, de Fortin, de Gay-Lussac y de cuadrante: de la segunda el de Bourdon y el aneroide. Los dos primeros constan esencialmente de un tubo de

Torricelli sumergido en un depósito de mercurio y acompañado de una escala dividida en centímetros y milímetros, cuyo cero corresponde al nivel del metal en la cubeta ó recipiente: la longitud de la columna de mercurio, á contar desde este nivel, mide las diferentes presiones. Llevan solo una porcion de la escala en la parte superior porque el resto sería inútil: á la altura de 9<sup>m</sup>731, vá marcada la palabra tempestad; y por encima, de 9 en 9 milímetros, las de gran lluvia, lluvia ó viento, variable, buen tiempo, buen tiempo fijo, y muy seco. Las indicaciones del barómetro aplicadas á la prediccion de las variaciones de tiempo solo tienen el valor de la probabilidad. En los barómetros de Gay-Lussac y de cuadrante el tubo se halla encorvado en forma de sifon, haciendo veces de cubeta la rama corta que está abierta: en el primero corresponde el 0° á la mitad del tubo y lleva una escala en cada rama, siendo preciso para determinar la altura sumar las indicaciones de ambas. El de cuadrante señala las presiones en una esfera, mediante una aguja movida por un flotador que descansa sobre el mercurio en la rama corta.

El barómetro de Bourdon se funda en el principio de que todo tubo de paredes flexibles, encorvado segun su longitud, tiende á rectificarse cuando aumenta la presion interior, encorvándose mas en el caso inverso: es tambien de cuadrante, moviéndose la aguja por un sistema de palancas puesto en juego por un tubo metálico cerrado, de paredes delgadas, en cuyo interior se ha hecho el vacío. El aneroid funciona por una cáusa análoga, resultando sus indicaciones del aplastamiento variable que sufre la pared superior de una cajita orbicular, de paredes flexibles, en la que está hecho el vacío. Estos dos barómetros y el de cuadrante se gradúan por comparacion.

La compresibilidad de los gases está sometida á la siguiente ley, establecida por Mariotte. El volúmen de un gas se halla en razon inversa de las presiones que sufre. Esta ley, rigurosamente exacta para el aire, se comprueba con el tubo de Mariotte. De ella se deduce que la densidad y la tension de los gases son proporcionales á la presion que experimentan. Para medir las tensiones se toma como unidad la presion de la atmósfera, valuada por término medio en 0<sup>m</sup>,760. Las fuerzas elásticas de los gases y vapores se determinan por medio de los mamómetros, cuando son superiores á la de la atmósfera. Los hay de tres especies: el de aire libre, que se reduce á un tubo de cristal de cinco metros de altura, abierto por ambas extremidades, sumergido inferiormente en una cubeta cerrada que contiene mercurio, sobre cuyo nivel obran los gases haciéndolo subir en el tubo que lleva una escala dividida en porciones de 0<sup>m</sup>,760: el de aire comprimido, que se funda en la ley de Mariotte, tiene el tubo mas pequeño, cerrado por arriba y lleno de aire seco; y el de Bourdon, basado en el mismo principio que su barómetro, y de una conformacion análoga. Las válvulas de seguridad sirven hasta cierto punto para el mismo objeto: son unos conos de metal que se adaptan á orificios practicados en las calderas de vapor, é impiden su salida por la presion que les transmite una palanca de segundo género con un peso en su extremidad libre.

Las mezclas de gases se efectúan rápidamente, dando por resultado una

masa homogénea cuya tensión es igual á la suma de las tensiones de los gases mezclados. La cantidad de gas que puede mezclarse con un líquido es independiente de la naturaleza y cantidad de los demás gases que este tenga disueltos, se halla en razon directa de la presión é inversa de la temperatura.

Bombas son unas máquinas destinadas á elevar el agua: pueden ser aspirantes, impelentes ó mixtas. Constan, en general, de un cilindro hueco ó cuerpo de bomba; de un piston ó émbolo movido por una varilla; de un tubo de aspiracion que comunica con el depósito y otro de ascension ó desagüe para dar salida al líquido: tienen además como parte esencial dos ó mas válvulas, de situacion variable. La aspirante lleva una en la base del cuerpo de bomba y otra en el piston que se abren de abajo arriba: la mixta recibe de válvula en el piston y en su lugar la tiene en la extremidad de un tubo anguloso que comunica con el fondo del cilindro, pero se mueven del mismo modo que las anteriores. La elevacion del agua desde el depósito hasta la cara inferior del émbolo es debida á la presión atmosférica; así es que estos aparatos no funcionan en el vacío, ni pueden atraer el agua á mas altura de 10<sup>m</sup>,40; siendo menor aun el efecto que en la práctica se consigue. Para hacer continuo el chorro, se hace comunicar el tubo de salida de las bombas impelentes con un depósito cerrado que contiene aire, el cual una vez comprimido, expulsa el agua por su fuerza elástica en los intervalos que el piston sube: este accesorio es muy importante en la bomba de incendios. Prescindimos de la bomba impelente, porque para nada entra en su teoría la presión de la atmósfera. La pipeta, fuente intermitente, frasco de Mariotte y sifon, deben sus variados efectos á la misma causa que las bombas.

La máquina neumática, inventada por Otto de Guericke en 1650, es un aparato empleado para enrarecer el aire en un espacio cerrado. Tal como hoy se construye consta esencialmente de dos cuerpos de bomba, donde se mueven en sentido opuesto dos pistones mediante cremalleras que hacen veces de varillas y engranan en un piñon que se hace girar alternativamente á derecha é izquierda con una doble palanca. Los cilindros comunican por el fondo con un tubo, terminado en el centro de un plano de vidrio llamado platina, sobre la cual se colocan campanas de cristal con el borde esmerilado para que se adapten con exactitud. Cada piston lleva una válvula que se abre de abajo arriba, y á los dos orificios en que terminan los tubos de comunicacion con la platina se aplica otra cuando el piston desciende. Suponiendo á este en la parte inferior, al empezar á subir abre el orificio de comunicacion con la platina, y el aire contenido en la campana penetra en el vacío que tras de sí vá dejando hasta que llega al extremo superior; al principiar á descender cierra la comunicacion con la platina arrastrando una varilla que mueve la válvula, y el aire comprimido cada vez mas levanta la que se halla en el piston y sale al exterior á través de un orificio practicado al efecto en la plancha que cubre el cuerpo de bomba: esto mismo acontece alternativamente en el otro cilindro. A medida que el aire se enrarece es mayor la desigualdad de

presión que el pistón resiste en sus caras y crece por consiguiente la dificultad de elevarlo, por ser preciso contrarrestar el peso de una columna de aire que tiene por base el émbolo y por altura la de la atmósfera: este inconveniente desaparece con el enlace de los dos pistones; pues la presión que se opone al ascenso del uno favorece en igual cantidad el descenso del otro. Para medir el grado de enrarecimiento del aire tiene la máquina una campana estrecha que comunica con el recipiente y contiene un barómetro truncado, llamado probeta. Nunca es posible hacer con ella el vacío completo por la imperfección de los ajustes y porque llega un momento en que el aire interior no tiene ya elasticidad suficiente para mover la válvula del pistón.

Las experiencias más comunes que se hacen con la máquina neumática son la de la lluvia de mercurio, la del descenso de los cuerpos, del rompe-vejigas, de los globos de Magdebourg, del surtidor en el vacío y las relativas á la respiración y la combustión con un pájaro y una bujía.

La máquina de compresión sirve para condensar el aire, diferenciándose de la neumática en que las válvulas se abren de fuera adentro y en tener el recipiente sólidamente fijo á la platina. La escopeta de viento y la fuente de compresión demuestran los efectos del aire comprimido.

Aplicando á los gases el principio de Arquímedes, se comprueba con el baróscopo que los cuerpos rodeados por un gas pierden de su peso una cantidad igual al peso del volúmen de gas que desalojan. En este principio se funda la construcción de los aerostatos, inventados por los hermanos Montgolfier en 1783. Son unos globos de papel ó tela ligera é impermeable, llenos de aire caliente ó de hidrógeno, que se elevan en la atmósfera en virtud de su menor peso, á igualdad de volúmen, respecto al aire. Los de papel se llaman mongolfieres, y se construyen pegando por los bordes tiras fusiformes en número bastante para que resulte una capacidad mas ó menos esférica á la que se deja una boca bastante ancha por donde penetra la llama que ha de calentar el aire interior. Los de hidrógeno están formados de pedazos de tafetan de igual figura cosidos unos á otros, terminan en una abertura estrecha y se cubren de una capa de barniz. llevan en la cúspide una válvula que se abre hácia dentro mediante un cordel que sale por la boca del globo, al cual se adapta sobre la mitad superior una red de la que parten las cuerdas que sostienen una canasta de mimbres donde se coloca el aereonáuta. Para llenarlos se suspenden por una argolla que vá unida á la válvula, haciéndolos comunicar con el depósito de gas por medio de un tubo: nunca se llenan por completo y adquieren bastante fuerza ascensional con solo que el globo, su contenido, y todos los cuerpos que sostiene pesen ocho ó diez libras menos que el volúmen de aire que desalojan. Para descender se abre la válvula tirando del cordón desde la barquilla, dejando salir una parte del hidrógeno, y en los casos extremos se lanza el aereonáuta en el para-caídas, que es una especie de gran paraguas con un agujero en el centro. Gasómetros son unos depósitos de paredes metálicas que sirven para almacenar los gases: están abiertos por abajo é introducidos en el agua donde se sumergen mas ó menos segun la cantidad de gas que contienen.

Las fuerzas moleculares tienen por carácter el no producir su efecto sino á distancias inapreciables. De ellas dependen la elasticidad, la dureza, la ductibilidad, maleabilidad, cohesion, adhesion, afinidad, y los fenómenos de capilaridad, absorcion, imbibicion y endósmosis. Bajo el nombre de capilaridad se comprenden ciertos fenómenos de atraccion y repulsion que resultan del contacto entre sólidos y líquidos, sobre todo en tubos de pequeño diámetro. Estos fenómenos consisten en la elevacion ó depresion de los líquidos en el interior de los tubos y siguen estas leyes. 1.<sup>a</sup> Hay ascenso si el líquido moja el tubo y depresion si no lo moja. 2.<sup>a</sup> La ascension y depresion están en razon inversa del diámetro de los tubos, mientras este no exceda de 3<sup>m</sup>. 3.<sup>a</sup> Una y otra varían con la naturaleza del líquido y la temperatura; pero son independientes de la materia los tubos y de su grueso, con tal que se mojen de antemano. Los efectos producidos por láminas permiten establecer que la altura ó descenso está en razon inversa del intervalo que las separa y es la mitad de los que se obtendrian con tubos cuyo diámetro fuese igual á este intervalo. Entre dos cuerpos flotantes que se hallan á distancia capilar hay atraccion si ambos son mojados, ó no lo son uno ni otro: hay repulsion si uno es mojado y el otro no.

La superficie del líquido cuando hay ascenso es cóncava y convexa si hay depresion: estas superficies se llaman meniscos. Esta forma es debida á la relacion que existe en cada caso entre la cohesion del líquido, su atraccion para con el sólido y la gravedad; dependiendo de ella la diferencia de nivel.

Llámanse endósmosis una corriente que se establece entre dos líquidos de naturaleza diferente cuando están separadas por un tabique delgado y permeable, de materia orgánica ó inorgánica: aunque esta corriente es doble, se verifica con mas actividad del líquido menos denso hácia el que lo es mas. El mismo fenómeno se observa entre dos gases colocados en iguales condiciones.

---

Acústica es la parte de la Física que se ocupa del estudio de los sonidos. Por sonido se entiende la sensacion que en el oido produce el movimiento vibratorio de los cuerpos transmitido por un medio ponderable; diferenciándose el sonido propiamente dicho del ruido en que el primero produce una impresion continua y tiene un valor músico apreciable y el segundo es tan rápido que no se puede apreciar. Ambos son el resultado de un movimiento de vibracion en las moléculas del cuerpo que suena, y no se propagan en el vacío. La serie de capas sucesivamente comprimidas y rarefactas que se forman en el aire para la trasmission del sonido se llaman ondas condensadas y dilatadas. Se entiende por onda sonora el conjunto de la onda condensada y la dilatada, y por longitud de la onda el espesor de estas dos reunidas. La intensidad del sonido está en razon inversa del cuadrado de la distancia del oido al cuerpo sonoro y se modifica además por la densidad ó la agitacion del aire, por la amplitud de las vibraciones y por la proximidad de otros cuerpos sonoros. La trasmission del sonido no es instantánea, siendo su velocidad en el aire 340<sup>m</sup> por segundo á la temperatura de 16°; de 1435<sup>m</sup> en el agua á la

de 8° y muy superior aun en los sólidos. Llámase reflexion del sonido la variacion de marcha que sufren las ondas sonoras cuando chocan con un obstáculo; en cuyo caso el ángulo formado por la direccion que llevan con la normal levantada en el punto de encuentro se llama ángulo de incidencia y es igual al que forma al otro lado con la misma línea la nueva direccion que siguen; estando dicha normal y las rectas que marcan ambas direcciones en un mismo plano perpendicular á la superficie reflejante. Los ecos y las resonancias son efectos de la reflexion.

Entiéndese por cuerdas en acústica unos hilos elásticos por tension que pueden vibrar longitudinal ó transversalmente, verificándolo con sujecion á las siguientes leyes: 1.<sup>a</sup> Para una misma tension el número de vibraciones en la unidad de tiempo está en razon inversa de la longitud. 2.<sup>a</sup> Este número es proporcional en cada cuerda á la raíz cuadrada del peso que la distiende. 3.<sup>a</sup> En igualdad de circunstancias, el número de vibraciones está en razon inversa del radio de la cuerda y de la raíz cuadrada de su densidad. Cuando una cuerda vibra toma una forma flexuosa, y se dá el nombre de concameraciones á las porciones que se separan de la direccion rectilínea, el de vientre á la parte media de estas y el de nodos á los puntos que se hallan entre las flexuosidades. El sonómetro demuestra las particularidades relativas á la vibracion de las cuerdas.

Para determinar el número de vibraciones que corresponden á un sonido se emplean la Sirena, la rueda dentada de Savart, y los aparatos de Duhamel, Scott y Lissajous. En el sonido musical se distinguen tres cualidades: la intensidad, que depende de la amplitud de las vibraciones; el tono, del número de estas; y el timbre, que es debido á las condiciones del cuerpo sonoro. Escala es un conjunto de siete sonidos, cuya relacion de altura parece tener su origen en la organizacion de nuestro oído: los intervalos de una nota á cualquiera de las otras se miden por el número de las vibraciones.

Llámanse instrumentos de viento aquellos en que el sonido resulta de las vibraciones del aire: los hay de dos clases, de boca y de lengüeta: los primeros suenan por efecto de las condensaciones y enrarecimientos rápidos y sucesivos que sufre el aire al atravesar por aberturas estrechas de forma especial y los segundos por la accion de una lámina metálica flexible.

Calórico es un agente imponderable é invisible que produce la sensacion del calor. Para explicar su naturaleza se admiten dos hipótesis ó sistemas: el de la emision por el cual se supone que la causa del calor consiste en un flúido material, imponderable, acumulado alrededor de las moléculas de todos los cuerpos, produciendo en ellas un estado de repulsion y capaz de transmitirse de unos á otros: el otro, llamado de las ondulaciones, considera al calor como efecto de un movimiento vibratorio que se establece en las moléculas de los cuerpos calientes y se trasmite á los demás, propagándose como el sonido á través de la masa de un flúido extraordinariamente sutil y elástico llamado éter, que llena todo el espacio y penetra toda la materia. El calórico tie-

ne por efecto general el dilatar los cuerpos, llegando hasta hacerlos variar de estado.

Temperatura de un cuerpo es el grado de calor apreciable que tiene en un momento dado. Los instrumentos usados para determinarlo se llaman en general termómetros; pero se reserva especialmente este nombre para los que se aplican á medir temperaturas medias, dándose el de pirómetros á los que se emplean para grados de calor mayores. El termómetro mas usado es el de mercurio: este metal tiene las ventajas de conducir bien el calórico, dilatarse con regularidad y ser poco volátil. Consisten los termómetros en un tubo capilar cerrado por un extremo y terminado por el opuesto en un receptáculo lleno de mercurio, así como una parte del tubo, con una escala adjunta que marca las dilataciones: los principales son el centígrado, el de Reaumur y el de Fahrenheit, que se distinguen por la graduacion. La escala del primero comprende cien partes entre el 0 que señala la temperatura del hielo fundente y el 100 la de ebullicion del agua; la del segundo contiene solo ochenta divisiones entre los mismos límites; y la del tercero abraza ciento ochenta, á contar del grado 32 que señala en el hielo, porque el cero de ella se obtiene sumergiéndolo en una mezcla refrigerante, de lo que resulta que su escala consta de 212°. Para convertir los grados R.º en cº se multiplica el número de aquellos por  $\frac{5}{4}$ ; si se trata de reducir á R.º los cº se multiplican estos por  $\frac{4}{5}$ ; para pasar los F.º á cº se resta 32 de los primeros multiplicando el residuo por  $\frac{5}{9}$ ; y para convertir los cº á F.º se multiplican aquellos por  $\frac{9}{5}$  agregando al producto 32.

El termómetro de alcohol es preferible para temperaturas muy bajas y solo difiere del anterior en el líquido. El diferencial de Leslie y el termoscopio de Rumford marcan por la dilatacion del aire la diferencia de temperatura de dos puntos próximos; el de Breguet y el metálico de cuadrante se fundan en la desigual dilatacion de los metales, y los de máxima y mínima señalan por medio de un índice, arrastrado por sus respectivos líquidos, el mayor grado de calor ó de frio habido durante un intervalo dado.

Aunque los cuerpos se dilatan simultáneamente en sus tres dimensiones se estudian por separado la dilatacion lineal y la cúbica. Se entiende por coeficiente de dilatacion lineal la prolongacion que experimenta la unidad de longitud de un cuerpo cuando su temperatura se eleva de 0º á 1 grado, y por coeficiente de dilatacion cúbica el aumento que sufre en igual caso la unidad de volumen: este último es tres veces mayor que el primero.

La dilatacion de los sólidos tiene muchas aplicaciones, siendo una de las mas importantes la de los péndulos compensadores. Es sabido que para que no varíe la duracion de las oscilaciones de un péndulo es preciso que se conserve siempre idéntica su longitud, ó sea la distancia entre los centros de suspension y de oscilacion: esto se consigue suspendiendo la lente por medio de una série de barras alternativamente de acero y de laton, enlazadas en forma de rectángulos, de modo que las primeras se prolonguen hácia abajo en la misma proporecion que las otras se extienden hácia arriba; lo cual se obtiene ha-

ciendo que sus longitudes se hallen en razon inversa de los coeficientes de dilatacion respectivos.

En los líquidos solo se considera la dilatacion cúbica, que se divide en aparente y absoluta: aquella representa el aumento de volúmen que por el calor adquiere un líquido encerrado en una vasija menos dilatante que él, y esta indica el aumento real que experimenta sin tomar en cuenta la dilatacion del recipiente, siendo por lo tanto mayor que la primera. En los líquidos interesa fijar por separado el coeficiente de dilatacion absoluta y el de la aparente: los del mercurio son  $\frac{1}{5850}$  y  $\frac{1}{6480}$ . El agua ofrece la particularidad de que al bajar su temperatura solo se contrae hasta 4°, aumentando despues de volúmen si continúa el enfriamiento, de modo que su mayor densidad corresponde á dicha temperatura.

Los gases se dilatan en mayor proporcion y con mas regularidad que los sólidos y líquidos y el coeficiente de dilatacion varía muy poco de unos á otros; pudiéndose tomar como tipo para todos sin grave error el del aire, representado por 0,00367.

Peso específico de los gases es la relacion entre el peso de un volúmen dado de un gas y el de otro igual de aire, en el supuesto de que ámbos estén sometidos á la misma presion y temperatura: se acostumbra á elegir las de 0<sup>m</sup>,760 y 0°. Los pesos específicos de los gases con relacion al agua se obtienen multiplicando su densidad respecto al aire por 0,001293.

El paso de los cuerpos del estado sólido al líquido por la accion del calor se llama fusion. Sus leyes son dos: 1.<sup>a</sup> Siendo constante la presion, cada cuerpo funde siempre á la misma temperatura. 2.<sup>a</sup> Esta permanece invariable hasta que el cuerpo acaba de fundir, cualquiera que sea el foco calorífico empleado. Esta cantidad de calor absorbido por el cuerpo é inapreciable por el termómetro se llama calórico latente de fusion. El tránsito de un cuerpo del estado líquido al sólido constituye la solidificacion: tiene lugar á la misma temperatura que la fusion y esta temperatura permanece constante mientras no concluye la variacion de estado. La absorcion de calórico latente por los cuerpos que se liquidan explica el efecto de las mezclas refrigerantes.

Vapores son los flúidos aeriformes que resultan del paso de los líquidos al estado gaseoso por efecto del calórico. Los vapores están dotados de fuerza elástica como los gases y se producen en el vacío instantáneamente. Se halla un vapor al estado de saturacion ó en su máximo de tension cuando la cantidad de él que llena una capacidad es la mayor que puede subsistir á aquella temperatura y presion; se dice entonces que el espacio está saturado. En este caso los vapores se diferencian de los gases en que no están sometidos á la ley de Mariotte.

La tension de los vapores está íntimamente relacionada con la temperatura, habiéndose estudiado con especial esmero bajo este aspecto el vapor del agua por sus importantes aplicaciones: á — 30° es de 0,<sup>mm</sup>30; á 0° de 4,<sup>mm</sup>60; á 100° de 0,<sup>m</sup>760 y á 231° pasa de 28 atmósferas. Cuando el vapor de agua

se halla encerrado en un espacio desigualmente caliente la fuerza elástica en todo él es la que corresponde á la temperatura más baja. Al mezclarse los vapores con los gases conservan la misma tension que si se hallaran solos, suponiendo que no varíe la temperatura; y la fuerza elástica de la mezcla es igual á la suma de las fuerzas elásticas que ámbos tendrían estando separados. En el acto de vaporizarse absorben los líquidos una gran cantidad de calórico latente que se denomina calórico de elasticidad.

La formacion lenta del vapor en la superficie de un líquido se llama evaporacion. La rapidez con que se produce depende de la temperatura, de la cantidad del mismo vapor contenido en la atmósfera ambiente, de la renovacion de esta y de la estension de la superficie evaporante. Para pasar el líquido al estado gasiforme necesita hacer latente mucho calor y no teniendo en este caso un foco que se lo comunique, lo roba al resto de su masa y á la vasija produciendo su enfriamiento: haciendo aplicacion de este hecho congeló Leslie el agua evaporándola bajo la campana de la máquina neumática.

Liquefaccion ó condensacion de los vapores es su paso al estado líquido: se puede producir por compresion, por enfriamiento y por la afinidad química. La destilacion es un doble fenómeno que consiste en vaporizar un líquido por el calor y condensarlo despues por el enfriamiento: se emplea para aislar los líquidos de las sustancias menos volátiles que ellos á que están unidos.

---

Llábase ebullicion la produccion rápida de vapor en el interior de un líquido. Está subordinada á dos leyes: 1.<sup>a</sup> La temperatura á que comienza, variable en distintos líquidos, es siempre igual para cada uno y proporcional á la presion. 2.<sup>a</sup> Desde que empieza hasta que concluye la temperatura queda estacionaria cualquiera que sea la intensidad del calor aplicado á la vasija. La naturaleza de esta y las sustancias disueltas en el líquido modifican bastante la temperatura inicial del fenómeno, sucediendo lo mismo con la presion: el hervidero de Franklin y la marmita de Papin prueban los efectos de esta última. Los gases son en realidad vapores muy dilatados y de aquí el que se puedan liquidar por los mismos medios que estos; siendo necesario emplear para conseguirlo la accion sola ó combinada de grandes presiones y bajas temperaturas: los que resisten á estos medios se llaman permanentes.

---

Conductibilidad calorífica es la propiedad que los cuerpos tienen de transmitir el calor mas ó menos fácilmente á través de su masa: son buenos conductores los que lo transmiten con facilidad, y malos conductores los que se prestan poco á propagarlo. La conductibilidad diferente de los sólidos se demuestra con los aparatos de Ingenhousz y de Jamin: yo empleo uno para este fin que está exento de las causas de error de que aquellos adolecen aun como aparatos de simple demostracion.

Los líquidos y gases son malos conductores: se calientan por corrientes, mediante las cuales se ponen las moléculas sucesivamente en contacto con el foco de calor ó con las partes de la vasija que tienen mayor temperatura.

Cuando el calor se propaga de un cuerpo á otro á través del espacio se llama calórico radiante: rayo calórico es la recta que marca la direccion del calórico al propagarse. La radiacion se verifica en el vacío como en el aire, y si el medio es homogéneo tiene lugar en línea recta y se efectúa en todas direcciones. La intensidad del calórico radiante es proporcional á la temperatura del foco, está en razon inversa del cuadrado de la distancia y es tanto menor cuanto mas oblicuos son los rayos respecto á la superficie que los emite.

Se entiende por reflexion del calórico la variacion de marcha que sufren los rayos caloríficos cuando llegan á la superficie de un cuerpo. Llámase rayo incidente el que vá directamente desde el foco á la superficie reflejante; rayo reflejo la nueva direccion que entonces toma; normal una perpendicular que se concibe levantada en el punto de reflexion; ángulo de incidencia el que esta forma con el rayo incidente y ángulo de reflexion el formado por la misma con el rayo reflejo. Con los espejos conjugados se demuestran estas dos leyes á que está sometida la reflexion: 1.<sup>a</sup> El ángulo de incidencia es igual al de reflexion. 2.<sup>a</sup> El rayo incidente, el reflejo y la normal se hallan en el mismo plano perpendicular á la superficie reflejante.

Llámase poder reflector la propiedad que tienen los cuerpos de rechazar una porcion variable del calor incidente; poder emisivo la de emitir, á igualdad de superficie y de temperatura, mas ó menos calórico; poder absorbente la de dejar penetrar en su masa una parte mayor ó menor del calor que reciben; poder diatérmico la de darle paso á través suyo.

La calorimetria tiene por objeto medir la cantidad de calor que los cuerpos absorben ó ceden cuando su temperatura sube ó baja cierto número de grados, ó cuando cambian de estado. Se toma como unidad la caloría, equivalente á la cantidad de calor necesaria para elevar de 0° á 1° un kilogramo de agua. Con el nombre de calórico específico de un cuerpo se indica la relacion que existe entre la cantidad de calor que absorbe para que su temperatura pase de 0° á 1° y la que absorberia en el mismo caso un peso igual de agua.

El diferente calórico específico de los cuerpos se demuestra mezclando pesos iguales de dos líquidos á temperaturas diversas; pero yo me valgo con ventaja de un aparato que lo hace patente de una manera mas clara por la fusion de tres planchas de esperma, producida simultáneamente por nueve esferas de igual peso de distintas sustancias. Para fijar el calórico específico de cada cuerpo se emplean los métodos de la fusion del hielo, de las mezclas, y del enfriamiento.

Son las principales fuentes de calórico el sol, el calor propio del globo, los efectos de la absorcion, las reacciones químicas, el rozamiento, la presion, la electricidad y la accion vital.

Máquinas de vapor son las que funcionan por la fuerza motriz del vapor de agua, cuyas ventajas como agente mecánico dependen de que se puede ele-

var su potencia hasta un grado enorme y disminuirla ó anularla rápidamente á voluntad. Se componen de dos partes principales: la caldera donde se engendra el vapor por la accion del fuego y la máquina propiamente dicha. Las máquinas de vapor pueden ser de baja presion cuando la tension de este no pasa de  $1\frac{1}{4}$  atmósfera; de media presion si la fuerza elástica se halla comprendida entre 2 y 4 atmósferas, y de alta presion si el poder expansivo excede de este límite. Se llaman de simple efecto cuando el vapor obra solo sobre una cara del piston, y de doble efecto ó de Watt si ejerce su accion alternativamente sobre las dos. Espansivas ó con expansion son aquellas en que el vapor no penetra en el cuerpo de bomba durante todo el movimiento del émbolo, obrando primero por su tension y despues por espansibilidad, y con condensacion las que llevan un recipiente donde el vapor se liquida despues de producir su efecto mecánico.

El generador de las máquinas fijas es una capacidad cilíndrica de hierro provista de varios accesorios destinados á marcar el nivel del agua y la tension del vapor; á conducirlo al cilindro; á reponer el líquido vaporizado y á prevenir la explosion: llenan estos fines el tubo y flotador de nivel; los manómetros; los tubos de vapor y de alimentacion; la válvula de seguridad, las placas fusibles y el silbato de alarma.

Las máquinas pueden reducirse á dos tipos: de balancin ó de Watt, y de biela articulada ó de Maudslay. Como elementos comunes tienen el cilindro con la caja de distribucion, el piston y su varilla motriz, manivela, biela, volante, regulador, excéntricas, condensador, bombas alimenticia y de aire: la de Watt consta además de balancin y paralelogramo articulado.

La marcha del movimiento es muy sencilla: suponiendo al piston en la parte inferior del cuerpo de bomba y á la válvula de la caja de distribucion en la extremidad superior de su carrera, el vapor que viene de la caldera penetra debajo de él empujándolo hácia arriba: al subir trasmite el movimiento á la varilla, esta eleva el extremo del balancin con quien se articula haciendo descender el opuesto, el cual comunica su accion á la biela, esta á la manivela y la manivela al árbol de asiento y al volante. La rotacion del árbol de asiento se trasmite al regulador de fuerza centrífuga que vá á producir su efecto sobre la válvula del tubo de vapor y pone simultáneamente en juego mediante la excéntrica la válvula de distribucion: por último, las oscilaciones del balancin hacen funcionar las bombas: al descender el émbolo se producen los movimientos de una manera análoga. En el sistema de Maudslay las bombas son movidas por excéntricas y la varilla se articula directamente con la biela. Las locomotoras tienen la caldera tubular y carecen de condensador.

---

La óptica se ocupa de la luz: esta es el agente productor de los fenómenos de la vision. Para explicar la naturaleza del lumínico se han ideado las hipótesis de la emision y de las ondulaciones, iguales en esencia á las del calórico, siendo la última la que mejor satisface las necesidades de la ciencia. Cuerpos luminosos son los que producen luz; iluminados los que reflejan la que

reciben de estos; diáfanos los que dejan percibir á su través los objetos con todos sus detalles; traslucidos los que dan paso á la luz dejando solo apreciar las sombras de los cuerpos situados al otro lado y opacos los que se oponen completamente á su trasmision. En un medio homogéneo se propaga la luz en línea recta, y su velocidad, determinada por Roemer observando los eclipses del primer satélite de Júpiter, es de 77.000 leguas métricas por segundo; de donde se deduce que la luz solar tarda en llegar á la tierra 8' y 13". El espacio oscuro que los cuerpos iluminados proyectan detrás de sí se llama sombra, dividiéndose en geométrica y física: esta última presenta en su contorno una zona menos oscura que el centro llamada penumbra. Distinguese tambien la sombra en finita é infinita. La trasmision rectilínea de la luz dá lugar á que cuando atraviesa aberturas pequeñas se vean invertidas las imágenes de los objetos. Llámase fotometría la parte de la óptica que expone los medios empleados para medir la intensidad de la luz: los fotómetros mas usados son los de Rumford y Wheatstone.

---

La Catóptrica trata de la reflexion de la luz, ó sea de la inflexion que sufren los rayos luminosos al encontrar una superficie pulimentada. Las leyes de la reflexion y las denominaciones que reciben los rayos y los ángulos son las expuestas al tratar del calorífico. En superficies rugosas la reflexion es irregular en su conjunto y se llama difusion: este fenómeno dá por resultado el que podamos ver los cuerpos no luminosos en todas direcciones. Es ley general que cuando miramos un objeto lo percibimos en la prologacion de los rayos luminosos en el momento que penetran en el ojo, cualquiera que haya sido su direccion anterior. La imagen ó reproduccion del objeto se llama real cuando resulta formada por la interseccion de los rayos reflejos, y virtual si lo es por el encuentro de sus prolongaciones. En la imagen hay que estudiar su especie, tamaño, situacion y posicion, lo que se consigue aplicando las leyes de la reflexion á la determinacion de las imágenes de todos los puntos del objeto. Los espejos planos dan imágenes virtuales, de igual magnitud que el objeto, situadas detrás del espejo á la misma distancia que media entre este y aquel, rectas y colocadas simétricamente. El número de imágenes producido por dos espejos que forman ángulo aumenta con su inclinacion y llega á ser teóricamente infinito cuando están paralelos. La intensidad de la luz reflejada varía segun la naturaleza del espejo y crece con la inclinacion de los rayos y el grado de pulimento.

---

Los espejos curvos pueden ser cóncavos ó convexos y en cada especie los hay esféricos, parabólicos, elípticos, cilíndricos y cónicos: los esféricos representan un casquete de esfera. Llámase en estos centro de figura el punto que equidista de todos los del borde; centro de curvatura el de la esfera de que el espejo representa una parte; eje principal la recta que pasa por estos dos centros; eje secundario la que pasa por el de curvatura y no por el de figura, y seccion meridiana la comprendida en un plano que pase por el eje principal. Los focos, ó sea el punto de encuentro de los rayos reflejos ó de sus prolon-

gaciones, pueden ser reales ó virtuales; principal ó conjugados: el foco principal se halla sensiblemente en la mitad del radio de curvatura. Todos se determinan aplicando las mismas leyes que en los anteriores, en el supuesto de que los espejos curvos se hallan constituidos por un número infinito de elementos planos: los cóncavos forman imágenes reales ó virtuales, y los convexos siempre virtuales, rectas y menores que el objeto.

La Dióptrica se ocupa del estudio de la refraccion, fenómeno que consiste en la desviacion que los rayos sufren cuando pasan oblicuamente de un medio á otro. La direccion de la luz en el primer medio se llama rayo incidente, y la marcha que sigue en el segundo rayo refracto. Las leyes de la refraccion son dos: 1.<sup>a</sup> los rayos incidente y refractado están en el mismo plano perpendicular á la superficie de separacion de los dos medios: 2.<sup>a</sup> el seno del ángulo formado por el rayo incidente con la normal levantada en el punto de incidencia, y el seno del ángulo que con la misma forma el rayo refracto se hallan en una relacion constante para iguales medios. Esta relacion se llama índice de refraccion. Angulo límite es el ángulo de incidencia formado en el medio mas denso que segun el índice de refraccion produce un rayo refracto comprendido en el plano de separacion de los dos medios: todo ángulo de incidencia de mas valor en vez de refraccion dá origen á la reflexion total en el medio mas denso sin penetrar en el otro. Cuando la luz atraviesa un medio de caras paralelas los rayos emergentes, ó que salen, son paralelos á los incidentes. Se dá el nombre de prisma á todo medio trasparente de caras paralelas inclinadas formando un ángulo diedro, -el cual se llama ángulo refringente. Por efecto de las dos refracciones que la luz experimenta al atravesarlo el rayo emergente se desvía siempre hácia la base del prisma.

Lentes son unos medios transparentes destinados á producir la convergencia ó divergencia de los rayos que los atraviesan. Son generalmente de cristal, dividiéndose segun la forma de su superficie en esféricas, elípticas, parabólicas, cilíndricas y cónicas: las primeras son las mas usadas y se refieren á dos tipos, cada uno de los cuales comprende tres especies. Al de las convergentes corresponden la bi-convexa, plano-convexa y menisco convergente y al de las divergentes la bi-cóncava, plano-cóncava y menisco divergente. En las que tienen las dos superficies curvas se llaman centros de curvatura los centros de dichas superficies y eje principal á la recta que pasa por ellos: en las que tienen una cara plana el eje principal es una perpendicular bajada desde el centro de la superficie curva sobre esta cara. En el interior de las lentes hay un punto situado sobre el eje principal, que tiene la propiedad de transmitir sin desviacion angular los rayos que lo atraviesan: este punto se llama centro óptico y las rectas que pasan por él sin pasar por el centro de curvatura son ejes secundarios. Las lentes forman focos é imágenes de las mismas especies que los espejos; pudiendo ser reales ó virtuales en las convergentes y solo virtuales en las divergentes.

Llámanse dispersion la descomposicion que la luz sufre cuando atraviesa un medio refringente al mismo tiempo que se refracta. La luz solar que aparece blanca está formada por siete colores que se dispersan por medio del prisma, disponiéndose en fajas paralelas cuyo conjunto se llama espectro y que por el orden de refrigencia son: rojo, naranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. La luz blanca se puede recomponer recibiendo el espectro sobre otro prisma, sobre una lente convergente ó un espejo cóncavo, y con el disco de Newton: con un segundo prisma se prueba tambien la homogeneidad de cada uno de los colores. Se llaman recíprocamente complementarios los colores que al reunirse forman la luz blanca. En el espectro se observan muchas líneas oscuras, fijas unas y otras variables, denominadas rayas del espectro. Para explicar la coloracion de los cuerpos, supuso Newton que el blanco resultaba de la reflexion ó trasmision íntegra de los siete colores elementales, el negro de la absorcion de todos, y las otras tintas de la reflexion ó trasmision exclusiva del color que presenta cada cuerpo. La aberracion de refrangibilidad es un efecto de dispersion que se observa en las lentes, el cual se corrige por el acromatismo.

La vision se verifica en el ojo, formado por la reunion de partes sólidas y líquidas. Aquellas son la esclerótica, córnea, coróides, retina é iris; estos reciben el nombre de humores y son el acuoso, cristalino y vítreo, teniendo el segundo la forma de una lente biconvexa. El ojo representa una cámara oscura en la que hacen veces de lentes la córnea y el cristalino, el iris de diafragma, la esclerótica de caja, la coróides de superficie absorbente de los rayos, y la retina de pantalla donde se forma la imágen. Se llama eje óptico del ojo á su eje de figura; ángulo óptico el que forman los ejes de ambos ojos cuando se dirigen al mismo punto, y ángulo visual el formado por dos ejes secundarios trazados desde el centro óptico del cristalino á las extremidades opuestas del objeto que se mira: el valor de ambos influye mucho en la apreciacion de la distancia y el tamaño de los cuerpos. El ojo tiene la particularidad de que aun cuando varien considerablemente las distancias no deja de formarse la imágen en la retina, persistiendo estas medio segundo próximamente despues de haber desaparecido la causa de la impresion: en esta propiedad se funda el fenakisticopo. La perspectiva que un objeto próximo á los ojos ofrece para cada uno de ellos es diferente, á lo que debemos el poder apreciar el relieve, como lo comprueba el estereóscopo. En un ojo bien conformado la distancia de la vision distinta es de 25 á 30 centímetros, siendo mucho menor en la miopía y bastante mas considerable en la presbicia.

Los instrumentos de óptica son combinaciones de lentes, ó de lentes y espejos que segun su objeto se dividen en tres clases: 1.<sup>a</sup> Los que sirven para amplificar las imágenes. 2.<sup>a</sup> Los que se emplean para observar los astros, y 3.<sup>a</sup> Los que se aplican á proyectar sobre una pantalla imágenes reducidas ó amplificadas. Los instrumentos comprendidos en las dos primeras dan imágenes virtuales, y los de la última, menos la cámara lúcida, imágenes reales. En todos en-

tran como elementos uno ó mas tubos pintados de negro en el interior, que contienen diafragmas algunas veces, y sirven para montar los espejos, prismas de reflexion y lentes, de las cuales se llama ocular la que sirve para aplicar la vista, y objetiva la que se dirige hácia el objeto. Forman el primer grupo los microscopios simple y compuesto: el primero consiste en una lente ó un sistema de dos ó tres, todas convergentes, que se sitúa á una distancia del objeto menor que la focal principal, percibiéndose una imágen virtual, recta y amplificada. El microscopio compuesto consta de dos lentes ó sistemas convergentes, la objetiva de foco mas corto que la ocular, separadas por un intervalo tal, que hallándose el objeto un poco mas allá del foco principal de la primera se forme su imágen real, invertida y acrecentada delante de la segunda, entre ella y su foco principal; viéndose á través de esta otra segunda imágen, mayor, virtual y recta con respecto á la primera. El aumento, ó sea la relacion entre la magnitud absoluta de la imágen y del objeto, es el producto del aumento del objetivo por el del ocular.

---

Los anteojos astronómicos difieren esencialmente del microscopio compuesto en que el ocular es mas refringente que el objetivo, y los terrestres en que llevan además en el interior dos lentes convergentes fijas en un tubo, á una distancia igual á la suma de sus distancias focales principales, y sirven para quitar la inversion de la imágen. El de Galileo, ó anteojo de teatro, tiene el objetivo convergente y el ocular divergente, separados por un espacio igual á la diferencia de sus distancias focales principales y dá una imágen virtual, recta y poco amplificada aunque muy clara. El telescopio de Gregory consta de dos espejos cóncavos de diferente radio, cuyos centros se hallan en la misma línea, y de un sistema ocular convergente; el de Newton lleva un prisma en lugar del espejo pequeño, y el de Herschel un solo espejo inclinado y una lente. La linterna mágica se compone de una caja con una lámpara en el foco de un espejo cóncavo que refleja los rayos sobre una lente convergente, esta los concentra sobre el objeto colocado á una distancia mayor que la focal principal de otra segunda lente de la misma especie que proyecta sobre una pantalla la imágen real, invertida y muy amplificada: el microscopio solar es en el fondo una linterna iluminada por el sol. Las lentes de Fresnel son plano-convexas, de grandes dimensiones; están formadas por la reunion de segmentos anulares que dan á la superficie convexa una forma escalonada, y se aplican á la construcción de los faros.

---

Refraccion doble es la propiedad que presentan muchos cristales de dividir en dos cada rayo luminoso que los atraviesa, duplicando las imágenes. Estos cristales birrefringentes presentan la particularidad de producir una sola imágen en una ó dos direcciones: á la línea que las marca se dá el nombre de eje de doble refraccion. De los rayos á que dan origen los cristales de un eje, uno se llama ordinario y otro extraordinario, distinguiéndose en que solo el primero sigue las leyes de la refraccion simple. Se llaman cristales positivos los que tienen el índice de refraccion del rayo extraordinario mayor que el del

ordinario, y negativos á los que presentan los índices en relacion inversa. En los cristales de un eje el rayo ordinario sigue las dos leyes de la refraccion simple en todos los planos; pero el extraordinario solo se sujeta á ellas en la seccion perpendicular al eje, comprobándose que sigue solo la segunda en el plano de la seccion principal.

Se llama interferencia la accion mútua que se produce entre dos rayos procedentes del mismo foco cuando se encuentran formando un ángulo pequeño. Se conviene en llamar longitud de la ondulacion del éter el espacio que recorre una de sus moléculas en la ida y vuelta de cada vibracion, y semi-ondulacion el trayecto comprendido en la mitad de esta sacudida. Admitidas estas definiciones, si dos sistemas de ondulaciones de igual longitud é intensidad marchan en la misma direccion, llevando una de ellas de adelanto ó retraso sobre la otra un número par de semi-ondulaciones, la intensidad de la luz aumenta porque los dos sistemas contribuyen á imprimir al éter un movimiento en el mismo sentido; pero si un sistema está en retraso respecto al otro en la extension representada por un número impar de semi-ondulaciones, el movimiento del éter se destruye y resulta la oscuridad. Esta proposicion, llamada principio de las interferencias, sirve para explicar la formacion de los anillos de Newton y el fenómeno de la difraccion.

Polarizacion es una modificacion que los rayos experimentan por efecto de la cual despues de reflejados ó refractados con ciertas condiciones, pierden la propiedad de reflejarse ó refractarse de nuevo en direcciones determinadas. La luz se polariza por reflexion, por refraccion simple y por refraccion doble. Para que se polarice por reflexion es preciso que el rayo incidente forme con la superficie pulimentada del cuerpo polarizante un ángulo determinado, que no es igual para todas las sustancias: en el vidrio es de  $35^{\circ}$  y  $25'$ ; en el cuarzo de  $32^{\circ}$   $28'$  y en el agua de  $37^{\circ}$  y  $15'$ : aunque todos los cuerpos pueden polarizar la luz por reflexion, no todos lo verifican de un modo completo.

Se llama ángulo de polarizacion el que el rayo incidente debe formar con la superficie de un cuerpo para que el rayo reflejo pierda lo mas completamente posible la propiedad de reflejarse ó refractarse, si se recibe despues convenientemente en un espejo ó se hace atravesar por ciertas sustancias, llamadas polariscopos porque revelan si la luz ha sufrido dicha modificacion: el plano en que se verifica la reflexion para producirla se llama plano de polarizacion.

La luz se polariza, aunque solo parcialmente, por refraccion simple cuando un rayo no polarizado cae sobre la superficie de un cristal de caras paralelas formando el ángulo de polarizacion: se comprueba que esta tiene lugar en un plano perpendicular al que comprendia el rayo incidente. Por doble refraccion se polariza la luz cuando atraviesa un cristal birrefringente, en cuyo caso los rayos ordinario y extraordinario tienen los planos de polarizacion perpendiculares entre sí.

Llámase polarizacion rotatoria la inclinacion que experimenta el plano de polarizacion cuando un rayo polarizado atraviesa ciertos cristales tallados per-

pendicularmente al eje, y polarizacion cromática la dispersion que la luz sufre en condiciones parecidas.

Se ha llamado magnetismo á la causa productora de ciertas atracciones y repulsiones que se observan en varias sustancias, sobre todo en el hierro. Imanes son los cuerpos que poseen la propiedad de atraer á este metal y algunos otros como el níquel y el cobalto. Se dividen en naturales y artificiales; notándose en todos que la fuerza atractiva ó magnética es mas poderosa en dos puntos llamados polos, y nula en la parte media del intervalo que los separa, á la que se dá el nombre de línea néutra. Los polos se designan con los nombres de boreal y austral, y tienen la propiedad de repeler á los del mismo nombre y atraer á los de nombre contrario de otros imanes. Este hecho se explicaba antes suponiendo que el magnetismo consistia en dos fluidos llamados boreal y austral que obraban por repulsion consigo mismos y por atraccion uno con respecto á otro, incapaces de producir efecto hallándose combinados; pero que orientándose alrededor de las moléculas constituian los imanes, los cuales se diferencian de las simples sustancias magnéticas en que estas carecen de polos, si bien pueden adquirirlos por el contacto con un iman, quedando así imantados por influencia. La fuerza que en una sustancia magnética se opone á la orientacion de los fluidos, ó á su recomposicion cuando están separados, se llama fuerza coercitiva. Con la balanza de Coulomb se demuestra que las atracciones y repulsiones magnéticas se verifican en razon inversa del cuadrado de la distancia.

La direccion constante de las extremidades de la aguja imantada ha dado lugar á que se atribuya á la Tierra una accion directriz sobre los imanes, asimilándola á un gran iman cuyos polos se hallan próximos á las extremidades del eje terrestre; llamándose por analogía meridiano magnético de un lugar al plano vertical que pasa por él y por los polos de un iman en equilibrio, movable sobre un eje vertical. El ángulo formado por el meridiano magnético y el astronómico se llama declinacion, y sus variaciones se comprueban con la brújula de este nombre. Inclination es el ángulo que la aguja forma con el horizonte cuando se mueve en un plano vertical comprendido en el meridiano magnético. El ecuador magnético está representado por una línea trazada por los puntos en que la inclinacion es nula. Agujas astáticas son las que están sustraidas de la accion directriz de la tierra, y sistema astático la reunion de dos agujas de igual poder, montadas sobre el mismo eje de modo que se correspondan sus polos contrarios.

Para imantar un cuerpo magnético por medio de otros imanes se emplean tres métodos: el del contacto simple, el del contacto separado y el de doble contacto.

Electricidad es un agente cuya existencia se manifiesta por diversos fenómenos, entre los que sobresalen las conmociones, descomposiciones y produccion de calor y de luz. Se divide en estática y dinámica; bajo la primera forma se desarrolla por el rozamiento, acumulándose en la superficie de los

cuerpos al estado de tension; y bajo la segunda se produce por las acciones químicas y los atraviesa en forma de corriente. Los que la transmiten con facilidad se llaman buenos conductores, y aisladores ó malos conductores los que se oponen á su propagacion: la conductibilidad de la Tierra ha hecho que se le dé el nombre de depósito comun. Los efectos de la electricidad se han explicado por dos teorías: la de Symmer que la supone constituida por la reunion de dos fluidos, vítreo y resinoso, obrando cada uno por repulsion sobre sí mismo y por atraccion sobre el otro, los cuales al reunirse se neutralizan formando lo que se llama fluido neutro ó natural. El estado eléctrico no se hace sensible sino cuando uno de ellos predomina sobre el otro ó se encuentra aislado. Franklin no admitia mas que un fluido, suponiendo que cada cuerpo tenia al estado latente una cantidad determinada de él: si esta se aumenta se electriza aquel positivamente y negativamente si disminuye. Cuando dos cuerpos se frotan, uno se carga de la electricidad vítrea ó positiva y el otro de la resinosa ó negativa. Las fuerzas eléctricas se miden por el grado de atraccion ó repulsion que producen, el cual tiene lugar en razon inversa del cuadrado de la distancia.

---

La electricidad ocupa siempre la superficie de los cuerpos conductores, sobre la cual forma una capa tanto mas gruesa cuanto mas saliente es la parte que cubre, aumentando su tension ó esfuerzo por desprenderse en proporcion al cuadrado del espesor que aquella tiene: en las puntas adquiere el maximum de tension y por esto se escapa por ellas á la atmósfera á pesar de la poca conductibilidad del aire. En dos cuerpos conductores en contacto, el uno electrizado y el otro al estado neutro, la electricidad del primero se reparte entre los dos proporcionalmente á las superficies: si son malos conductores solo se electriza el segundo en los puntos de contacto. Las sustancias conductoras aisladas pierden prontamente el fluido libre por la conductibilidad del aire, en razon al vapor de agua que este contiene, y por los sostenes en que descansan. Cuando se coloca un cuerpo conductor aislado en la esfera de accion de otro conductor y electrizado, el fluido neutro del primero se descompone sin abandonar su superficie, acumulándose en la parte mas próxima al segundo el fluido de diferente nombre al que este contenga, mientras que el del mismo nombre es repelido á la parte mas lejana: este fenómeno se designa con el nombre de electrizacion por influencia.

---

Si dos cuerpos conductores cargados de diferente fluido se hallan próximos, cuando la tension de las dos electricidades supera á la resistencia del aire se reunen á través de él produciendo una chispa: de este modo se comunican tambien á distancia los dos fluidos en los casos de electrizacion por influencia. Los movimientos de atraccion y repulsion que se producen entre los cuerpos electrizados se pueden referir á tres casos: 1.º el cuerpo movable es conductor y se halla al estado natural: 2.º el cuerpo movable es conductor y está electrizado, y 3.º el cuerpo movable no es conductor. La teoría de la electrizacion por influencia demuestra que en el primer caso hay atraccion; en el segundo la hay

tambien si el cuerpo movable tiene fluido de nombre contrario al otro ó se halla muy próximo á él aun cuando tenga fluido igual, y repulsion permanente si con electricidades diferentes se hallan bastante separados; y en el tercero habrá atraccion si los estados eléctricos difieren y repulsion si son idénticos. La existencia y naturaleza de la electricidad que los cuerpos tienen se averigua por medio de los electróscopos.

Máquinas eléctricas son unos aparatos que sirven para producir electricidad estática: constan esencialmente de un cuerpo que frota, otro que es frota-do y un conductor aislado donde se acumula la electricidad desarrollada por el rozamiento: la máquina mas simple es el electróforo.

Segun la forma del cuerpo frotado pueden clasificarse en máquinas eléctricas de esfera, de disco y de cilindro, agregándose á estas la hidro-eléctrica. Tomando como tipo para la teoría la de Ramsden, se compone de un disco de cristal que roza con cuatro almohadillas colocadas en el plano de un diámetro vertical y pasa al nivel de su diámetro horizontal muy cerca de varias puntas metálicas, fijas á un cilindro de laton encorvado que comunica con uno ó dos conductores aislados. Haciendo girar el disco con un manubrio, se carga de fluido positivo, mientras las almohadillas toman el negativo que escapa al suelo por los sostenes: al llegar la porcion electrizada en frente de las puntas, atrae á ellas por influencia el fluido negativo, que se dirige al disco y lo reduce alestado néutro; quedando en los conductores la electricidad positiva, cuya tension vá creciendo hasta que se equilibra la cantidad de fluido engendrada en el disco con la que se pierde por el aire: á este estado se llama tension máxima. Son tambien de disco las máquinas de Winter y de Van-Marum: con esta última y la de cilindro de Nairne se pueden aislar á voluntad los dos fluidos. En la máquina de Armstrong se produce la electricidad por el rozamiento de pequeñas partículas de agua, resultado de la condensacion incompleta del vapor, sobre unos tubos sinuosos que atraviesa este al desprenderse. Las experiencias mas comunes que se hacen con las máquinas eléctricas son la danza, la insuflacion, repique y granizo eléctrico, y electrizacion de una persona.

Se ha llamado electricidad latente á un estado particular de los dos fluidos, en el cual, por efecto de la accion recíproca que entre sí ejercen se acumulan grandes cantidades de ellos sobre pequeñas superficies, sin dar muestras directamente de su existencia. Los aparatos usados para producir este efecto son los condensadores, cuya forma varía mucho; pero todos se componen esencialmente de dos cuerpos conductores separados por otro aislador, y están fundados en la electrizacion por influencia. El condensador de Aepinus está formado por dos platillos metálicos aplicados á las caras opuestas de un cristal que como ellos vá montado sobre un pié aislador: puesto en comunicacion uno de los platillos con la máquina eléctrica y otro con el depósito comun, la electricidad positiva del primero descompone por influencia el fluido néutro del segundo atrayendo el negativo y repeliendo el positivo hácia la tierra. Cuando se interrumpen las comunicaciones, las dos electricidades quedan retenidas en los

platillos por efecto de su atracción mútua; pero solo se manifiesta su existencia en el que comunicó con la máquina; los condensadores se pueden descargar tocando sucesivamente los dos platillos con el dedo ó haciéndolos comunicar mediante el excitador. El cuadro fulminante y la botella de Leyde no son otra cosa que condensadores.

La electricidad estática es capaz de producir efectos fisiológicos, luminosos caloríficos, mecánicos y químicos, que se comprueban por las experiencias de la cadena de personas, del huevo eléctrico, botella cuadro y tubo chispeantes; inflamación del éter; fusión de alambres; perfora-vidrios; mortero eléctrico; termómetro de Kinnersley y pistoleta de Volta: los eudiómetros se fundan exclusivamente en los efectos químicos.

---

El hecho fundamental de la electricidad dinámica se debe á Galvani, quien descubrió en 1786 que cuando los nervios lumbares de una rana comunicaban por un circuito metálico con los músculos crurales, estos experimentaban contracciones. Para explicar el fenómeno supuso que los nervios y los músculos poseían una electricidad propia y que las sacudidas eran resultado de la combinación de sus dos fluidos á través del arco metálico. Volta, juzgando que la parte activa correspondía á los metales, rechazó por completo toda influencia vital y sentó definitivamente el principio de que siempre que se ponian en contacto dos sustancias heterogéneas, cada cual se cargaba de fluido de nombre contrario. Basada en esta teoría construyó la pila de columna, formada por la reunion de láminas de zinc y de cobre separadas por rodajas de paño mojado en agua acidulada: en ella como en las mas modernas, se llama par la reunion de los dos cuerpos electro-motores, polos los puntos en que se acumulan separadamente los dos fluidos, electrodos los conductores que á ellos se unen, y corriente la recomposicion que se verifica cuando estos se juntan, suponiéndose que tiene lugar del polo positivo al negativo: tension es el esfuerzo que hacen los fluidos por desprenderse. A la misma categoría corresponden las pilas de artesa, de Wollaston y de Munk, y las cilíndricas, espirales, de cadena y secas.

---

Diversas experiencias, y en particular las verificadas con el electrómetro condensador y el galvanómetro, han comprobado que toda reaccion química vá acompañada de algun desprendimiento de fluido eléctrico: la generalidad de este hecho ha servido de base á Becquerel para establecer las siguientes leyes. 1.<sup>a</sup> Al combinarse el oxígeno con otro cuerpo, toma aquel el fluido positivo y el combustible el negativo. 2.<sup>a</sup> Cuando un ácido obra químicamente sobre un metal ó se combina con una base, el ácido se electriza positivamente y el metal ú óxido negativamente. 3.<sup>a</sup> En las descomposiciones se produce la electrizacion en el órden inverso. 4.<sup>a</sup> En las dobles descomposiciones no se altera el equilibrio eléctrico. Segun estas leyes, la fuerza electromotriz de Volta reside en la accion química resultante del efecto del ácido sobre el zinc; de ellas se deduce tambien que en toda pila corresponde el polo negativo al metal atacado y el positivo al elemento inerte; y por último, se explica el decrecimiento de la cor-

riente en las pilas de un solo líquido tanto por la debilitacion del ácido, como por el desarrollo de corrientes secundarias. Estos inconvenientes se obvian casi por completo con las pilas de dos líquidos como las de Daniell, Verité, Grove, Bunsen y Marié-Davy.

Las corrientes producen con mayor intensidad que la electricidad estática efectos fisiológicos, mecánicos, caloríficos y luminosos; no siendo el menos notable entre los últimos la luz eléctrica, susceptible de adquirir una brillantez casi comparable á la del sol.

La electro-química es una rama nueva de la Física que estudia la accion de las corrientes sobre la afinidad. Con la pila se descomponen todas las combinaciones cualquiera que sea su órden, recibiendo la calificacion de electro-negativos los elementos ó compuestos que se dirigen al polo positivo, y la de electro-positivos los que van al polo opuesto: la descomposicion efectuada por la pila se llama *electrolisis*. Demuestra la experiencia que son siempre electro-negativos el oxígeno de los oxácidos y de los óxidos, y el ácido de las sales; el agua se descompone por medio del voltámetro con tal regularidad que se ha querido sustituir este aparato al galvanómetro para medir las corrientes intensas, fundándose en el principio de que en tiempos iguales descomponen las corrientes pesos de agua proporcionales á sus intensidades: la unidad de intensidad es la de una corriente que desprenda un gramo de hidrógeno por minuto. La galvanoplastia y el dorado ó plateado galvánico son aplicaciones importantes de la electro-química.

Electro-magnetismo es la parte de la Física que trata de las acciones recíprocas que se ejercen entre los imanes y las corrientes. Oersted fué el primero que descubrió el enlace del magnetismo con la electricidad en 1819, observando que cuando una corriente pasa cerca de una aguja magnética la desvía tanto mas del plano del meridiano magnético cuanto mayor es su intensidad. Ampère redujo los hechos comprobados por Oersted al siguiente principio: en la accion directriz de las corrientes sobre los imanes el polo austral se desvía hácia la izquierda de la corriente. Para fijar esta posicion se personifica la corriente, suponiéndose el observador tendido en el hilo conjuntivo de modo que teniendo la cara vuelta hácia la aguja, le entre aquella por los pies y le salga por la cabeza. Mediante esta consideracion se comprende que todas las partes de un circuito rectangular que rodee á una aguja confluyen á darle la misma direccion, multiplicando su efecto en proporcion al número de vueltas. En este principio se funda la construccion del galvanómetro.

La electro-dinámica trata de la accion que las corrientes ejercen unas sobre otras. Introduciendo en el circuito de una pila conductores de alambre movibles, doblados convenientemente, se comprueben las siguientes leyes. 1.<sup>a</sup> Las partes sucesivas de una corriente se repelen entre sí. 2.<sup>a</sup> Dos corrientes paralelas se atraen cuando van en el mismo sentido y se repelen si marchan en sentido contrario: 3.<sup>a</sup> Dos corrientes rectilíneas que forman ángulo, se atraen cuando ambas se aproximan ó se alejan del vértice, y se repelen cuando una se acerca y la otra se separa de este punto: 4.<sup>a</sup> La accion de una corriente si-

nuosa equivale á la de otra rectilínea igual á ella en proyeccion.

La accion de una corriente indefinida sobre otra corriente finita y movable, perpendicular á su direccion, está sometida á este principio. Si la corrienté finita se aproxima á la indefinida, aquella tiende á moverse paralelamente é esta en direccion opuesta al sentido de la corriente fija; si la corriente movable se aleja de la fija se mueve tambien paralelamente á ella, pero en el mismo sentido. Dedúcese de aquí 1.º que toda corriente vertical, móvil al rededor de un eje paralelo á su direccion, trata de jirar sobre él hasta colocarse en el plano de la corriente indefinida, situándose la corriente vertical hácia el origen de esta si es descendente y en la parte opuesta si fuere ascendente: 2.º bajo el influjo de una corriente fija las rectangulares ó circulares movibles tienden á colocarse en el mismo plano que ella, de modo que ambas tengan igual direccion en la parte mas próxima.

Las atracciones y repulsiones que se ejercen entre las corrientes angulares explican los movimientos de rotacion que se producen por una indefinida sobre las rectilíneas finitas situadas en su mismo plano y sobre las que son perpendiculares á ella.

Llámanse solenoide un sistema de corrientes circulares iguales y paralelas que recorren un alambre forrado de seda y enroscado sobre sí mismo en forma de hélice: las extremidades de los solenoides se llaman polos, y mientras se hallan atravesados por la corriente se confunden con los imanes bajo todos conceptos. Fundándose en este hecho explica Ampère los fenómenos magnéticos por las leyes de la electro-dinámica, suponiendo en la tierra una série de corrientes paralelas de este á oeste y admitiendo que existen tambien en los imanes como en los solenoides.

Los principios del electro-magnetismo sugirieron la idea de aplicar las corrientes á la imantacion. Para imantar por este método se enroscan alambres forrados de seda sobre tubos de cristal donde se colocan las barras de hierro: cuando las vueltas van dirigidas de izquierda á derecha por arriba resulta una hélice llamada dextrorsum, y si se practican de izquierda á derecha por abajo una hélice sinistrorsum. Con la primera hélice el polo boreal de la barra resulta en el extremo por donde entra la corriente, correspondiendo á este punto el polo austral en el caso contrario.

Electro-imanés son unas barras de hierro dulce encorvadas generalmente en herradura cuyas dos ramas van cubiertas por hélices enroscadas en sentido opuesto, que al ser atravesadas por la corriente de una pila imantan transitoriamente el metal. La potencia atractiva de un electro-iman depende de la intensidad de la corriente, del número de vueltas de la hélice y de la calidad y dimensiones de la barra.

Telégrafos eléctricos son unos aparatos destinados á transmitir señales á grandes distancias por medio de corrientes voltaicas que se propagan por alambres. Todo el juego de estos telégrafos estriba en la propiedad que tienen los electro-imanés de adquirir el poder magnético mientras son atravesadas por la corriente, quedando inertes en cuanto esta se interrumpe. Aprovechando

esta circunstancia, se coloca un electro-iman cerca de una pieza de hierro movable llamada armadura, la cual se aproxima á él cuando se halla imantada, alejándose en seguida por la accion de un muelle: de esta manera se producen en ella de una estacion á otra oscilaciones que varían á voluntad abriendo ó cerrando el circuito. En último resultado, todos los telégrafos funcionan trasmitiendo este movimiento á un mecanismo cuya diferente disposicion sirve de base para clasificarlos en telégrafos de cuadrante, de señales, impresores y electro-químicos; siendo sus partes esenciales la pila, el aparato manipulador y el receptor. En el mismo principio se fundan los relojes y los motores eléctricos.

Se llama induccion el influjo que á distancia ejercen las corrientes ó los imanes poderosos sobre los circuitos metálicos y sobre las sustancias magnéticas. Las corrientes que por esté medio se producen se denominan corrientes inducidas ó de induccion. Pueden desarrollarse bajo la accion de corrientes intermitentes ó continuas, por la presencia de los imanes y por la accion de la tierra y de los cuerpos en movimiento. Las corrientes intermitentes producen induccion solo en el acto de empezar ó concluir; y las continuas lo mismo que los imanes, al aproximarse ó separarse del circuito inducido. Las corrientes que provocan en el primer caso tienen el mismo sentido que la inductora y van en sentido opuesto en el segundo, ó sea cuando esta concluye, disminuye de intensidad, ó se aleja del hilo inducido. La induccion se desenvuelve tambien por las corrientes sobre sí mismas y por la electricidad estática.

Máquinas magneto-eléctricas son unos aparatos que producen corrientes inducidas por la accion de los imanes. En la máquina de Clarke un poderoso haz magnético desarrolla sucesivamente polos de diferente nombre en las extremidades de un electro-iman que jira delante de él, originando en cada una de sus ramas las corrientes de Ampère, dirigidas como se sabe, en el polo boreal segun el sentido de las agujas de un reloj y en el austral en direccion contraria: estas ejercen la induccion sobre los alambres de ambas bobinas y las corrientes que los atraviesan toman direcciones opuestas en cada semirevolucion del electro-iman por efecto del cambio de polos, corrigiéndose esta alternativa por medio del commutador: así resulta una corriente idéntica á las voltáicas. En la bobina de Ruhmkorff se produce la induccion en un alambre delgado de mucha longitud, rollado sobre otro mas grueso y corto por donde pasa la corriente de una pila: esta se interrumpe á pequeños intervalos por las oscilaciones de un martillito atraido por un haz de barras de hierro dulce colocado en el eje de la bobina.

La higrometría tiene por objeto averiguar la cantidad de vapor de agua contenida en un volúmen de aire determinado. En nuestros climas nunca está el aire totalmente saturado ni desprovisto de humedad por completo, y de aquí que se llame fraccion de saturacion, ó estado higrométrico, á la relacion entre la cantidad de vapor acuoso que el aire encierra en un momento

dado y la que contendria á la misma temperatura si estuviese saturado.

Higrómetros son los instrumentos que sirven para determinar el estado higrométrico. Se pueden referir á tres tipos: higrómetros de absorcion, de condensacion, y psicrómetros. En el primer grupo se comprenden el de Saussure y las sustancias muy ávidas de agua, como el cloruro de calcio, ó la potasa caustica. El higrómetro, ó mejor dicho higrómetro de Saussure, indica si el aire está mas ó menos distante de la completa saturacion por efecto del acortamiento ó prolongacion que segun el grado de humedad experimenta un cabello desengrasado: para deducir de sus indicaciones el estado higrométrico es preciso consultar las tablas formadas por Gay-Lussac para este objeto.

Los higrómetros de Daniel y de Regnault señalan la temperatura inicial de la condensacion del vapor acuoso de la atmósfera enfriada por la evaporacion del éter; siendo el estado higrométrico la relacion que exista entre la tension correspondiente á la temperatura del punto de rocío y la que tenga el vapor saturado á la temperatura del aire en el momento de la observacion.

El psicrómetro de August se funda en el hecho de que el agua se evapora con mas rapidez y produce al verificarlo mas enfriamiento en el aire cuanto mayor sea el grado de sequedad: redúcese á dos termómetros, uno que marca la temperatura del ambiente y otro el frio ocasionado por la evaporacion de una pequeña cantidad de agua que baña su depósito: haciendo entrar los números que marquen los grados termométricos en una sencilla fórmula se halla la fraccion de saturacion.

Meteorología es la parte de la Física que se ocupa de los meteoros, ó sean los fenómenos que se observan en la atmósfera. Divídense estos en aéreos, que son los vientos y las trombas; acuosos, que comprenden las nieblas, las nubes, la lluvia, el sereno, el rocío, la escarcha, la nieve y el granizo; luminosos, en cuyo grupo se incluyen los crepúsculos, los halos, el arco iris y las auroras boreales; y eléctricos, que á mas de la electricidad atmosférica abrazan el relámpago, rayo, trueno y fuegos de S. Telmo.

Vientos son unas corrientes producidas en el aire por el desequilibrio de temperatura entre dos regiones próximas de la atmósfera: se dividen en constantes, periódicos y variables. Los constantes, llamados tambien alisios, soplan siempre en la misma direccion y reinan en una zona que se extiende 30° á uno y otro lado del ecuador. Los periódicos soplan en el mismo sentido á intervalos fijos y son los monzones, el simaun y las brisas. Por último, los vientos variables caracterizados por la inconstancia de su direccion y del tiempo que duran, no están sujetos á ley alguna. La direccion de los vientos se determina por medio de las veletas y cada uno recibe el nombre del punto del horizonte de donde viene. Su velocidad, medida con los anemómetros, puede llegar hasta 40 metros por segundo, constituyendo entonces un huracan.

Las nieblas son masas difusas de vapor al estado de condensacion estendidas en las partes bajas de la atmósfera: se diferencian de las nubes en que estas ocupan regiones mas elevadas y presentan contornos bien circunscritos. Las nubes se clasifican segun su apariencia en cirros, cúmulos, estratos y nimbos.

El agua desprendida de las nubes en forma de gotas se llama lluvia; para averiguar la porcion de ella que cae en una localidad durante el año se emplea el udómetro ó pluviómetro. La cantidad de lluvia anual disminuye del equador á los polos, no es igual en todas las estaciones y llega á ser casi nula en ciertas comarcas como en las costas del Perú y en los desiertos arenosos del Asia y Africa.

El arco-iris es un fenómeno óptico que resulta de la dispersion producida en los rayos luminosos al penetrar en las gotas de agua y su reflexion en el interior de ellas. Para que se produzca es preciso que la luz solar hiera á una nube que está desprendiendo lluvia y que el observador la mire vuelto de espaldas al sol: los colores del arco-iris son los mismos del espectro solar.

La existencia de electricidad en la atmósfera es un hecho demostrado por los electróscopos, las flechas y los globos cautivos. En tiempos nublados puede ser positiva ó negativa y cambia con frecuencia de especie por el paso de una nube electrizada; pero cuando el cielo está puro y despejado es constantemente positiva variando en cantidad segun los lugares y las horas del dia. Las causas que mas influyen en su desarrollo son la evaporacion, el rozamiento del aire con el suelo y las acciones químicas. Las nubes están electrizadas ya positiva ya negativamente y difieren también por el grado de tension que sus fluidos presentan.

El relámpago, el rayo y el trueno son una representacion en grande escala de la chispa producida por las máquinas eléctricas, reconocen una causa idéntica y se esplican por la misma teoría: los efectos del rayo son de igual naturaleza que los de una batería. Para evitarlos se emplean los pararrayos, que ejercen su accion preservativa desprendiéndose hácia las nubes tempestuosas abundante cantidad de fluido contrario al que ellas contienen y cuando esta no basta para moderar suficientemente su tension reciben la descarga, guiando la chispa por el conductor hasta un sitio en que se difunda sin peligro. El rayo, relámpago y trueno se producen simultáneamente; pero los distinguimos con separacion por consecuencia de la diferente rapidez con que se transmiten la electricidad, la luz y el sonido.

ERRATA NOTABLE

Página 24, línea 23, dice PARALELAS en vez de PLANAS.