

á los de la ley, como aplicación y desarrollo que deben ser de ellos.

Por esta razón puede decirse que la división y contenido de los diversos títulos y capítulos del Reglamento está prevista en principio, una vez fijos y determinados los de la ley.

Ahora bien, conteniendo esta última disposición sus preceptos reducidos á la más simple expresión, y siendo el Reglamento una consecuencia inmediata y racional de la misma, dicho se está que ha de tener por objeto el desarrollo amplio y ordenado de los diferentes preceptos sustantivos de aquélla, de tal manera, que sin referirse á ningún caso concreto, los comprenda, sin embargo, á todos, bastando, por decirlo así, para encontrar la solución del que se busca, sustituir en aquellos principios los datos y circunstancias particulares de lugar, de época, de tiempo, etc., que le caracterizan y distinguen de todos los demás, valiéndose la Administración para ello de disposiciones menos generales, como Reales decretos, Reales órdenes que, partiendo de las particularidades y accidentes concurrentes en dicho caso, pongan de relieve serle aplicables los principios consignados en la ley y Reglamento respectivos.

No se crea por esto que consideramos tarea más fácil y breve la formación del Reglamento que la de la ley; antes al contrario, creemos ha de ser más larga y difícil que aquélla, en atención á la índole especial de cada una de dichas disposiciones, como lo prueba el no haberse publicado aún los correspondientes á las vigentes leyes de aguas y de puertos de 13 de Junio de 1879 y 7 de Mayo de 1880, no obstante el tiempo transcurrido desde dichas fechas.

Fijándose en que la ley sienta sólo el principio general en su forma más lacónica y abstracta, y el Reglamento su desarrollo ó explicación, dedúcese lógicamente cuán importante ha de ser que la redacción de este último se haga, si cabe, con más claridad y precisión que la de la misma ley; porque si ésta, por cualquier motivo, á causa de la concisión en que está concebida, resultase oscura en alguno de sus preceptos, acudiríamos, además de las reglas de interpretación, al Reglamento, y si éste está redactado con los requisitos dichos se tendrán muchas probabilidades, por lo que en él se diga, de venir en conocimiento de lo que se quiso consignar en aquélla, aclarándose así el concepto oscuro de la misma.

Finalmente, debe procurarse que sea también lo más completo posible, sin que degenera en casuístico, para que al mismo tiempo que se logre que no quede ningún caso particular fuera de su alcance, no se incurra tampoco en demasiados detalles que, cambiando con mucha frecuencia, lo harían inaplicable en un plazo relativamente corto.

Pasando ya á la enumeración de los cuerpos de doctrina legal que deben tenerse presentes en la redacción del proyecto de este Reglamento, dicho se está que ocuparán el primer término los correspondientes á las leyes de nuestras Obras públicas que los tengan publicados, cuidando de ampliarlos y modificarlos en armonía con las necesidades y progresos alcanzados en los diferentes ramos á que los mismos se contraen.

Sancionados que sean, respectivamente, por los órganos legislativo y ejecutivo del Poder Supremo estas dos disposiciones fundamentales del ramo de las Obras públi-

cas á cargo de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, no queda más, según ya se ha dicho, para completar las funciones de la Administración sobre esta materia, que dictar en los casos particulares que se presenten aquellos otros preceptos que, secundando los contenidos en la ley y Reglamento, hagan ver que no obstante las circunstancias que le individualizan, le son perfectamente aplicables aquellas fórmulas legales.

Con lo expuesto se da por terminado este boceto ó ensayo de bases para la codificación del ramo de las por nosotros llamadas Obras públicas nacionales, creyendo firmemente que si se logra el nombramiento de una Comisión, en la forma dicha, que lleve á cabo tan importante trabajo, á la manera que se ha conseguido ya para los asuntos de la Hacienda pública, á más de darse un nuevo paso en el camino de codificación del Derecho administrativo, se habrá realizado unificar y armonizar, bajo un solo plan, todas las disposiciones referentes al importante servicio de las Obras públicas de mayor transcendencia y alcance para el progreso y desarrollo de la vida de los pueblos modernos.

ANTONIO LAGOS.

UNIDAD DE LOS AGENTES FISICOS ⁽¹⁾

I

Apenas ha observado el hombre un fenómeno, impelido por la necesidad que le apremia de inquirir el por qué, la causa de todo, se aventura á dar prematuramente una explicación que á menudo deberá abandonar más tarde en vista de un estudio más detenido y minucioso. Estas explicaciones precipitadas, estas teorías imaginadas provisionalmente, han recibido el nombre de hipótesis, como para significar que sólo son válidas en el supuesto de que no se encuentren otras mejores. Aun con la incertidumbre que las caracteriza en un principio, ofrecen la ventaja de provocar nuevas investigaciones y de orientar los trabajos de los sabios. Se convierten en un punto de mira. Se las discute. Se erigen frente á ellas teorías rivales. Si han sido marcadas con el sello de la verdad, si son debidas á la intuición del genio, salen engrandecidas de estos debates, lucen cada día con mayor brillo y acaban por imponerse á las inteligencias de todos los sabios. De lo contrario, no resisten á la prueba; su falsedad queda pronto evidenciada y sucumben para ceder el lugar á una teoría nueva, mejor ideada, que dará cuenta de todos los fenómenos observados sin hallarse en contradicción con ninguno.

Tal es la historia de las hipótesis emitidas acerca de la naturaleza de los agentes físicos. Durante mucho tiempo se han considerado la luz, el calor y la electricidad como flúidos particulares, de naturaleza diferente, que, emitidos por los cuerpos calientes y luminosos, ó encerrados en las sustancias electrizadas, poseían la virtud de producir los diversos fenómenos que se refieren á estas tres ramas de la física. Mas cuando los progresos de la ciencia hubieron suministrado una colección más rica de experimentos, cuando aparatos más perfeccionados permitieron pesar con asombrosa precisión todas las circunstancias y vino el

(1) Del Cosmos, A. S.

cálculo matemático á prestar á las investigaciones el apoyo de sus rigurosas deducciones, entonces surgió una nueva hipótesis. Esta hipótesis, conocida con el nombre de «teoría de las ondulaciones», fué imaginada en un principio para explicar los fenómenos luminosos. Pronto se observó que se prestaba bien á la explicación de los fenómenos relativos al calor. Finalmente, ciertas teorías matemáticas y experimentos recientes han demostrado que conviene igualmente á los hechos referentes á la electricidad. El sonido no era, por otra parte, más que una vibración de un cuerpo sonoro transmitida al tímpano por las ondulaciones del aire. Así se encontraba realizada la unificación de los agentes físicos reflejando, á su manera, la unidad de las perfecciones divinas, conforme á los procedimientos de la Sabiduría creadora y confirmando de un modo digno de atención las pruebas directas que establecen la verdad de la hipótesis.

Explicar cómo se ha formado esta teoría de las ondulaciones y cómo se ha extendido de los fenómenos luminosos á los fenómenos caloríficos y eléctricos, desarrollar lo más claro posible algunas de las razones que la han hecho progresar hasta elevarla al rango de las teorías sólidamente establecidas, será el objeto de este estudio.

II.—Hipótesis de la emisión de la luz.

La luz excitó la curiosidad de los antiguos filósofos. ¿Cuál es su naturaleza? ¿Cómo explicar el fenómeno de la visión? Estos fueron los problemas que se propusieron, entre otros muchos, en sus tratados sobre *la naturaleza de las cosas*. La explicación que predominó fué la de la emisión por los cuerpos luminosos de partículas tenues, pero materiales y ponderables. Sostenida por Empédocles, Demócrito y Epicuro, esta hipótesis encontró en Lucrecio el vate que la revistió de los encantos de la poesía. A pesar de estos atractivos no pudo congraciarse con el espíritu de los hombres superiores que vió nacer el siglo XVII para el rápido progreso de las ciencias. Los corpúsculos materiales que se escapaban de los objetos luminosos sin hacerles perder peso, capaces de atravesar las sustancias sólidas transparentes y de caminar en el vacío, allí donde no había ya materia ponderable, no obtuvieron crédito.

Se podía, al menos, evitar estas imposibilidades admitiendo que estas partículas están constituidas por un fluido imponderable. Es el partido que adoptó Newton, y la hipótesis así modificada, consagrada por la autoridad de aquel genio, fué llamada «la hipótesis de la emisión».

III.—Teoría de las ondulaciones.

En el momento en que el sabio inglés hacía más aceptable la opinión de los antiguos filósofos, Descartes había ya sentado las bases de una nueva teoría. Según el filósofo francés, el espacio estaba lleno de partículas contiguas; los cuerpos luminosos ejercen una presión sobre estas partículas. Esta impresión se transmite instantáneamente en todos sentidos, se hace sentir en el nervio óptico y produce en él la visión. Descartes admitía, erróneamente, que la luz se propaga instantáneamente y que las partículas contiguas del espacio sirven de vehículo á los rayos ópticos sin tomar participación en los movimientos vibratorios de los cuerpos luminosos. Poco después, Huygens des- embarazaba esta opinión de sus errores y aclaraba algunos

puntos oscuros, formulándola definitivamente bajo el título de «hipótesis de las ondulaciones». El matemático holandés asimiló la producción y la transmisión de la luz á las del sonido.

Un cuerpo luminoso es, lo mismo que un cuerpo sonoro, origen de un movimiento vibratorio que llega á nuestro ojo por las ondulaciones de un medio elástico. Este vehículo de la luz se distingue del aire, vehículo de las ondas sonoras. La luz se propaga, en efecto, en el vacío de los espacios, lo mismo que en la atmósfera, y la resistencia que habría de vencer para poner en vibración la masa pesada del aire le impediría alcanzar la velocidad prodigiosa de 75.000 leguas por segundo que se le reconoce. Este vehículo, necesario no obstante para la propagación de las ondas luminosas, no puede ser otra cosa que un fluido imponderable diseminado, lo mismo en el vacío interplanetario que en los poros de la materia. La extraordinaria sutilidad de este fluido hizo que se le llamara «éter» por analogía con la sutilidad de los vapores del éter, líquido eminentemente volátil.

IV.—Las dudas de Newton.

Newton conoció la nueva teoría. Hasta parece ser que su genio le concedía cierta secreta preferencia que se vislumbra en las conclusiones que escribió en forma de preguntas al final de su célebre tratado *Sobre la luz*. «Todos los cuerpos fijos, dice, cuando son calentados más allá de cierto límite, arrojan luz y brillan. ¿No es producida esta emisión por las vibraciones de sus partes? ¿La armonía y la discordancia de los colores no podrían provenir de las proporciones de las vibraciones propagadas en el cerebro por las fibras de los nervios ópticos, como la armonía y la disonancia de los sonidos proceden de las vibraciones del aire? Un termómetro en el vacío, en lugar caliente, llegará á calentarse tanto como un termómetro que no esté en el vacío; ¿el calor del lugar caliente no se comunica á través del vacío por las vibraciones de un medio mucho más sutil que el aire, medio que subsiste en el vacío después que el aire ha sido extraído? ¿Y los cuerpos calientes no comunican su calor á los cuerpos fríos contiguos por las vibraciones de este medio propagadas desde los cuerpos calientes á los fríos? ¿Y no es este medio mucho más raro y sutil que el aire é incomparablemente más elástico y más activo? ¿No penetra rápidamente en todos los cuerpos y no está extendido en los cielos por su fuerza elástica? ¿No es producida la visión principalmente por las vibraciones de este medio, excitadas en el fondo del ojo por los rayos de luz y propagadas por las fibrillas sólidas, diáfanos y uniformes de los nervios ópticos hasta el lugar de las sensaciones?»

Pero en medio de estas conclusiones favorables á la teoría de las ondulaciones, Newton desliza otras en que rechaza claramente la opinión de Descartes:

«¿No son erróneas todas las hipótesis según las cuales consiste la luz en una presión ó un movimiento vibratorio propagado á través de un medio fluido? ¿Los rayos de luz no son corpúsculos lanzados ó empujados fuera de los cuerpos luminosos?»

Estas conclusiones contradictorias, mezcladas al final de un mismo tratado, ¿son una de esas inconsecuencias del espíritu humano que no excluyen el genio? ¿Son más bien, como han creído muchos, una de esas debilidades morales

muy compatibles con la doctrina del libre examen que Newton profesaba? La extremada susceptibilidad del gran hombre y la acritud de las polémicas que suscitó con Leibnitz para disputarle la invención del cálculo infinitesimal, han hecho creer que el sabio inglés no quiso aceptar una teoría debida á émulos de su gloria. Sea lo que quiera, la hipótesis de las ondulaciones tuvo que vencer, en sus comienzos, el prestigio inherente al genio de Newton. De no haber surgido esta oposición, probablemente hubiera obtenido, desde luego, todos los sufragios. Pero esta misma lucha, activando los trabajos de los sabios, debía fortalecerla y sentarla más sólidamente.

V.—Los estudios de Fresnel.

Por el cálculo más que por la experiencia había reconocido Huygens como verdadera la teoría de las ondulaciones. Descartes, al sentar los fundamentos del análisis matemático, y Leibnitz, al descubrir el cálculo infinitesimal, suministraron nuevos y preciosos medios de investigación para el estudio de la física.

Toda línea recta ó curva, toda superficie, todo volumen, tiene en álgebra su fórmula, su ecuación. Es una especie de definición que expresa en lenguaje algebraico la naturaleza y la posición de las líneas, de las superficies, de los volúmenes representados, indicando sus propiedades y todo lo que las distingue de cualquiera otra figura. La circunferencia, la tangente á la circunferencia, el círculo, el cono, el cilindro, la esfera, tienen su ecuación algebraica. Tratadas por el cálculo, estas fórmulas ó ecuaciones conducen á resultados, que interpretados, dan á conocer las propiedades de las líneas, de las superficies, de los volúmenes considerados. Tal es el análisis matemático.

El cálculo infinitesimal será, como lo indica su nombre, el cálculo aplicado á cantidades infinitamente pequeñas. Un cilindro puede ser considerado como formado de cierto número de cilindros pequeños de la misma base que el primero, pero de poca altura. A medida que aumenta el número de pequeños cilindros cuya suma constituye el total, disminuirá la altura y por lo tanto el volumen de cada uno de los elementales. Cuando el número de estos cilindros crezca hasta hacerse infinitamente grande, la altura y el volumen de cada uno serán infinitamente pequeños, es decir, que esta altura y este volumen tenderán hacia cero. Calcular la suma de estos infinitos elementos ó volúmenes infinitamente pequeños es un problema de cálculo infinitesimal.

Era fácil utilizar estos descubrimientos en las investigaciones relativas á la naturaleza de la ley. Si ésta se propaga por ondulaciones, se pueden traducir en fórmulas el volumen de la onda luminosa y la superficie que la limita. Las consecuencias rigurosas que el cálculo deduce de estas definiciones algebraicas debían, si eran conformes á la observación y á la experiencia, permitir reconocer lo bien fundado del punto de partida y establecer la verdad del sistema de las ondulaciones. Esto hizo Huygens, y así es como fué conducido á emitir y sostener esta teoría. Este sabio holandés no pudo abarcar el estudio de todos los fenómenos luminosos ni explicar ciertas contradicciones aparentes que se objetaron en un principio contra su hipótesis. Pero hizo mucho aplicando un método nuevo, dejando á sus sucesores los fundamentos para la solución de los problemas no resueltos y dándoles la fórmula clara y

definitiva de la teoría. Varios matemáticos de segunda fila trabajaron después en completar la demostración que aún faltaba.

Estaba reservado á Fresnel, llamado el Newton de la óptica, explorar plenamente las sombras que guardaban en el campo de la luz. Lo hizo con el auxilio del cálculo; mas para que no guardase la menor duda, demostró por medio de experimentos delicados la verdad de las conclusiones á que le habían conducido sus deducciones matemáticas. Vamos á detallar algunas de estas pruebas.

Si es fácil observar directamente las vibraciones de los cuerpos sonoros, no sucede lo mismo, á causa de su extrema pequeñez, respecto á las de los cuerpos luminosos. Pero la existencia de estas últimas supone consecuencias, y su comprobación ha proporcionado una demostración *á posteriori* de la realidad de las vibraciones luminosas. Las más notables de estas consecuencias son: la interferencia, la difracción, la doble refracción y la polarización.

A su estudio se consagró Fresnel.

VI.—Cómo la interferencia prueba la teoría de las ondulaciones.

La interferencia es un fenómeno que se produce en los sonidos emitidos por dos cuerpos sonoros próximos. Si se hace que emitan sonidos dos tubos yuxtapuestos que den notas de tonalidad diferente, se puede, con un poco de atención, distinguir periódicamente aumentos y disminuciones de intensidad; esta especie de pulsaciones ha recibido el nombre de interferencias. Son debidas á la coexistencia de vibraciones de tonalidad diferente. De las dos notas dadas por los tubos, la más aguda produce ondas más cortas y la más grave ondas más alargadas. Cada onda sonora está además formada de una semionda dilatada y de una semionda condensada, es decir, que la masa del aire conmovida en una onda sonora se halla comprimida en una parte de la ondulación y dilatada en la otra. Siendo de desigual longitud las ondas sonoras producidas por dos notas de diferente tonalidad, serán unas veces concordantes y otras discordantes: concordantes, cuando la semionda condensada y la semionda dilatada de una de ellas se encuentren con la semionda condensada y la semionda dilatada de la otra; discordantes, en el caso contrario. Cuando las vibraciones sean concordantes, los efectos se sumarán, la conmoción del aire será mayor y el sonido quedará reforzado. Cuando sean discordantes, sus efectos se neutralizarán, la conmoción del aire será pequeña y aun nula si las vibraciones son de igual intensidad, y el sonido quedará debilitado ó destruido.

Fresnel se aseguró por el cálculo de que este fenómeno de interferencia debía producirse en la luz é hizo la siguiente prueba experimental:

Dejaba llegar por una hendidura estrecha un haz delgado de luz á una cámara oscura. En ella, este haz se reflejaba en dos espejos planos ligeramente inclinados entre sí de modo que formaban un ángulo muy próximo á 180°. Con esta disposición, los rayos reflejados en los dos espejos caminaban después de la reflexión como si emanasen de dos puntos brillantes próximos. Las ondas luminosas se mezclaban, y, si se detenían por medio de una pantalla, se observaban franjas alternativamente brillantes y oscuras que ocupaban las mismas posiciones que les asignaba el cálculo. Era evidentemente un fenómeno de interferencia. Las ondas luminosas concordantes daban lugar

á la aparición de las bandas brillantes y las ondas luminosas discordantes formaban las bandas oscuras. Si se suprimía uno de los haces reflejados ocultando uno de los espejos, la interferencia no podía producirse, y de hecho, las franjas oscuras desaparecían inmediatamente. Además, el fenómeno no se manifestaba sino en el espacio iluminado á la vez por los dos haces luminosos reflejados. Fresnel suministró así una de las pruebas más claras de la existencia de las ondas luminosas y de la propagación de la luz por ondulaciones.

VII.—Cómo la difracción suministra una nueva prueba de la misma teoría.

Otra consecuencia de las ondas luminosas es la difracción. En el sistema de la emisión, los rayos luminosos deben pasar rasantes á los bordes de los objetos opacos que encuentran sin penetrar en su sombra geométrica.

Pero, según confesión de Newton, la teoría de las ondulaciones exige que el límite entre el espacio oscuro y el iluminado no esté trazado con precisión. La oscuridad deberá invadir en algunos puntos la parte exterior de la sombra geométrica, mientras que la luz á su vez alcanzará al interior de esta sombra. Estas franjas, alternativamente brillantes y oscuras, situadas á ambos lados del límite de la sombra geométrica, constituyen el fenómeno de la difracción. Se puede percibir fácilmente observando la llama de una bujía á través de una hendidura estrecha, obtenida en una tarjeta por medio de la punta de un cortaplumas. Fresnel, partiendo del principio de las interferencias, dió una teoría completa de la difracción. Calculó analíticamente los efectos resultantes de las ondas en los diferentes puntos de una pantalla, la forma, el espesor de las franjas, los puntos á donde alcanzan, y todo ello fué hallado conforme á la experiencia. Así quedaba fortalecida la hipótesis de las ondulaciones.

VIII.—La doble refracción y la polarización confirman el sistema de las ondulaciones.

El sabio matemático dedujo un nuevo argumento de los fenómenos de doble refracción y de polarización que se habían observado en el estudio de la luz. Ciertos cristales, como el espato de Islandia, carbonato de cal cristalizado, producen una doble desviación ó refracción de la luz que los atraviesa. Esta luz se encuentra así descompuesta en dos haces, de los cuales uno se refracta, según las leyes ordinarias de la refracción, y toma el nombre de haz ordinario, siendo llamado el otro haz extraordinario. Si se hace que converjan en una pantalla por medio de una lente, los haces ordinario y extraordinario poseen el mismo brillo. Se estudian separadamente los dos haces haciendo que atraviesen un segundo cristal de espato. Se observa una nueva doble refracción en cada uno de ellos, y se forman sobre la pantalla dos imágenes; pero son esta vez de un brillo muy diferente. Si quedando fijo el primer cristal se hace girar al segundo, el brillo de las dos imágenes varía, y mientras una de ellas adquiere cada vez más brillo, la otra se debilita, hasta que desaparece. Continuando el giro, la imagen desaparecida se muestra nuevamente y aumenta su brillo, mientras que la brillante pierde poco á poco su claridad, hasta borrarse. Luego la luz, después de haber atravesado el primer cristal, no posee ya las mismas propiedades. Mientras la luz natural

da después de la refracción dos imágenes del mismo brillo, la segunda produce dos imágenes de brillo diferente y variable para posiciones diversas del segundo cristal. Esta segunda luz se dice que está polarizada. La primera comprobación de la existencia de esta clase de luz se hizo con el espato de Islandia. Se ha reconocido más tarde que la reflexión y la refracción simple determinan, como la doble refracción, la polarización de la luz. Fresnel creó la teoría matemática de la doble refracción y de la polarización, y en ella principalmente puso de manifiesto los grandes recursos de su genio. Fundándose siempre en la teoría de las ondulaciones, adivinó todas las leyes y todas las particularidades de estos fenómenos; descubrió hechos nuevos, que la experiencia comprobó pronto, y suministró una confirmación definitiva de la existencia de las vibraciones luminosas.

El tiempo de la teoría de las ondulaciones estaba asignado. El prestigio que el genio de Newton había prestado á la hipótesis de la emisión se desvaneció ante las admirables demostraciones del sabio francés, y aunque la muerte arrebató á Fresnel en la flor de la edad (treinta y nueve años), le bastó este tiempo para ilustrar su nombre y colocarle entre los físicos más eminentes de este siglo.

IX.—Arago da una nueva prueba.

Otro sabio francés, Arago, intentó después de Fresnel un experimento que á su juicio debía ser la piedra de toque para decidir definitivamente entre los dos sistemas. Newton había admitido que la luz, al pasar del aire al agua, debía caminar con mayor velocidad en este segundo medio. Fresnel había deducido de sus teorías que, por el contrario, la velocidad debía ser menor en el agua que en el aire. Por medio de ingeniosos experimentos, comenzados por Arago y terminados por Foucault y Fizeau, se demostró que, en efecto, la velocidad de la luz era menor en el agua que en el aire. La hipótesis de la emisión se hallaba una vez más en contradicción con la experiencia.

Finalmente, se ha revelado una perfecta concordancia entre los siete colores del espectro luminoso y las notas de la gama. Estas ocasionan vibraciones más cortas á medida que se sube en la escala musical. Las ondas luminosas medidas para los rayos de diversos colores han sido también reconocidas como más cortas cada vez, cuando se pasa del rojo al violeta en el espectro luminoso. La hipótesis de las ondulaciones de la luz se veía así rodeada de un conjunto de pruebas suficientes para ocupar un lugar entre las teorías científicas sólidamente establecidas.

X.—Cómo la teoría de las ondulaciones fué extendida al calor.

El rayo calorífico y el rayo luminoso presentan grandes analogías. Ambos atraviesan el vacío, se propagan en línea recta, disminuyen de intensidad en razón inversa del cuadrado de las distancias. Existen cuerpos, llamados diatermanos, que son atravesados por el calor con la misma facilidad con que lo son las sustancias transparentes por la luz. El mismo espejo, que reúne en su foco los rayos luminosos, junta también en él los caloríficos. El prisma da, al mismo tiempo que el espectro luminoso, un espectro calorífico. Se comprende fácilmente que surgiera la

idea de asimilar la naturaleza de estos fenómenos y de transportar al calor la teoría de las ondulaciones.

Investigaciones emprendidas por Fizeau y Foucault hicieron ver que los rayos de calor producían interferencias como los luminosos. Midiendo con un termómetro las temperaturas de las franjas brillantes y oscuras que Fresnel había obtenido con dos espejos, una lente y una pantalla, comprobaron que la temperatura variaba con el brillo de las franjas y que ambas cantidades eran proporcionales. El calor también producía, por consiguiente, el fenómeno de la interferencia. La misma variación de temperatura se observaba en las franjas brillantes y oscuras inmediatas á la sombra geométrica detrás de los cuerpos opacos. Los rayos caloríficos, lo mismo que los luminosos, estaban, pues, sometidos á la difracción. Otros experimentos demostraron, finalmente, que los rayos caloríficos eran capaces de polarizarse y de experimentar la doble refracción. En estos experimentos las medidas de las intensidades termométricas se hallaron conformes con las calculadas por medio de las fórmulas de Fresnel para las ondas luminosas. El calor era, pues, como la luz, un movimiento vibratorio de las moléculas, transmitido por las ondulaciones del éter.

XI.—Joule y la equivalencia del calor y del movimiento.

Hacia mediados de este siglo el físico inglés Joule, revelando la equivalencia entre el calor y el movimiento, llegó á confirmar la teoría de las ondulaciones. El movimiento se transforma en calor y el calor en movimiento, tal es el gran principio de la termodinámica. Tomemos un cuerpo elástico, una bola de marfil, por ejemplo; dejémosla caer de cierta altura sobre una placa de mármol. La bola vendrá á chocar contra la placa, y luego volverá á subir hacia el punto desde donde había sido lanzada. Es que en el momento en que toca á la placa posee una fuerza viva que la hace capaz de recorrer en sentido inverso el camino efectuado en su caída. Si repetimos el experimento con un cuerpo desprovisto de elasticidad, como una bala de plomo, veremos que este cuerpo se detiene sobre el mármol, en vez de rebotar. Y, sin embargo, la caída ha producido en la bala de plomo, como en la de marfil, una fuerza viva. ¿Qué ha sido de ella, puesto que la bala no asciende? Aproximemos la mano, y experimentaremos una sensación de calor. Existía, pues, la fuerza viva, pero en vez de traducirse en movimiento se ha transformado en calor. Apenas perceptible cuando la altura de caída es pequeña, este calor llega á ser bastante intenso para fundir la bala de un fusil que choca contra el blanco y para que lleguen á la incandescencia los proyectiles arrojados contra el blindaje de un acorazado.

Joule se propuso averiguar si en estas transformaciones del movimiento en calor había equivalencia entre el movimiento destruido y el calor engendrado. Leyó en 1843 una primera Memoria sobre esta materia, en la cual se pronunciaba por la afirmativa, ante la Asociación británica reunida en Corch. En uno de sus experimentos, que ha llegado á ser clásico, el físico inglés se valía de un recipiente de cobre llamado calorímetro. Unas paletas unidas á un árbol vertical giraban en un vaso lleno de agua. Eran movidas por un torno accionado por dos discos de plomo que caían de cierta altura. Las paletas, al girar, rozaban con el agua, y este rozamiento calentaba el líquido. El

calor producido de este modo se valuaba por medio de un termómetro. La fuerza viva engendrada por la caída de los discos de plomo se calculaba teniendo en cuenta el peso de los discos y su altura de caída. La relación entre el calor adquirido por el calorímetro y la fuerza viva desarrollada por la caída de los discos resultó igual á 425. Este número fué denominado equivalente mecánico del calor. Expresa que para elevar un grado la temperatura de un kilogramo de agua es necesario gastar una fuerza viva igual á la que elevaría á un metro de altura un peso de 425 kilogramos.

Una caloría corresponde, por lo tanto, á un trabajo de 425 kilográmetros. La fuerza viva se traduce en calor ó en movimiento. Da, en calor, lo equivalente á lo que hubiera dado en movimiento, ó produce en movimiento lo equivalente al calor que hubiera producido. El movimiento, el calor, y por extensión la luz y la electricidad, no son otra cosa que manifestaciones diversas de la energía. Nada se pierde, nada se crea, había dicho Lavoisier al encontrar en las combinaciones químicas los pesos de los cuerpos que habían servido para formarlas. Desde que Joule creó la teoría mecánica del calor, todos los sabios admiten que este principio se aplica también á la energía. El día de la creación, Dios depositó en el Universo una cantidad determinada de energía que se modifica, se transforma, se manifiesta de diversas maneras, pero que se conserva, bajo todas estas manifestaciones y transformaciones, sin aumentar ni disminuir. Cada cuerpo posee más ó menos fuerza viva; puede perder ó ganar; pero, si pierde una parte, la cede á otro cuerpo bajo la misma forma ó bajo otra forma diferente, y si gana, otro cuerpo quedará privado de la parte que ha recibido. Pero, en conjunto, no se perderá un átomo de energía en el Universo. Esta fuerza viva produce en todos los cuerpos movimientos sumamente rápidos.

Cuando aumenta la fuerza viva de un cuerpo en virtud de una causa exterior, la rapidez y la amplitud de los movimientos vibratorios de sus moléculas aumentan. El cuerpo se calienta y su temperatura se eleva. Si, por el contrario, disminuye la fuerza viva, las vibraciones moleculares se hacen más lentas y menos extendidas; el cuerpo se enfría y la temperatura descende.

Hasta estas consecuencias han llevado los sabios modernos la teoría mecánica del calor. Se ve que proporcionan una nueva demostración en favor de la existencia de las vibraciones caloríficas y de la extensión al calor de la hipótesis que Huygens emitió para la luz.

XII.—La electricidad no es más que un movimiento vibratorio.

¿La electricidad es un fluido? ¿No es más bien, como el sonido, como la luz y el calor, un modo de movimiento, una vibración que se propaga á distancia por las ondulaciones del éter?

Lo hicieron sospechar en un principio los efectos caloríficos y luminosos de la electricidad. Las descargas y las corrientes eléctricas hacen que se enrojezcan y se fundan los alambres metálicos, inflaman el éter, volatilizan las láminas de oro, producen chispas luminosas, resplandores coloreados en los tubos de Geisler, la luz del arco voltaico y de las lámparas de incandescencia. El calor y la electricidad tienen un origen común. El rozamiento que desarrolla calor engendra también electricidad en un ci-

lindro de resina. Las combinaciones químicas originan una variación de temperatura; de ellas procede también la corriente de las pilas. El calor mismo produce corrientes en pilas termoeléctricas. En fin, la electricidad obra en razón inversa de los cuadrados de las distancias, como el calor y la luz.

A estas consideraciones de pura analogía, se añaden las investigaciones del análisis matemático que había obtenido un éxito tan completo en las demás ramas de la física. Las investigaciones acumuladas en treinta años inclinaban más y más los espíritus á ver en la electricidad un modo de movimiento. Pero faltaba á esta opinión una demostración directa. Experimentos recientes de Hertz, profesor de la Universidad de Bonn (Alemania), arrebatado prematuramente á la ciencia, haciendo sensible la existencia de las ondas eléctricas, han establecido el deseado paralelismo entre la electricidad, el calor y la luz. El profesor alemán se valió para su demostración de una poderosa máquina de inducción. Desarrollaba corrientes inducidas, cuyos efectos eran comparables á los de las máquinas electroestáticas. Las fuertes descargas de estas corrientes, gracias á una disposición difícil de comprender con una simple lectura, producían en la sala en que se realizaba el experimento nudos y vientres eléctricos análogos á los nudos y vientres de los tubos sonoros. Un excitador formado de un arco metálico, terminado en cada uno de sus extremos por una bola, se nudaba de un punto á otro en la habitación. Daba chispas cuya intensidad aumentaba á medida que se alejaba, alcanzaba un máximo, disminuía luego, y desaparecía, volviendo después á aparecer para volver á presentar las mismas fases, creciendo hasta alcanzar un máximo de brillo y disminuyendo hasta anularse. Estas alternativas se reproducían á una distancia siempre igual, y daban una imagen perfecta de los vientres y de los nudos de las ondas sonoras.

Hertz no se contentó con esto. Trató de obtener la reflexión y la refracción de las ondas eléctricas. Observó que los cuerpos malos conductores dejaban pasar las ondas eléctricas. El excitador, colocado al otro lado de un obstáculo de esta clase, revelaba, en efecto, su presencia por medio de chispas. Pero si el obstáculo era buen conductor, el excitador ya no producía chispas. Escogiendo una placa de zinc rectangular, cuerpo buen conductor, formó un espejo eléctrico. Las ondas eléctricas, que no podían atravesar esta pantalla, eran reflejadas. El excitador permitía reconocer la dirección de estas ondas reflejadas, y Hertz comprobó que era conforme á las leyes ordinarias de la reflexión del calor y de la luz. Si la superficie de la placa de zinc está suficientemente pulimentada para reflejar la luz, se comprueba al mismo tiempo la identidad de la reflexión eléctrica y de la reflexión luminosa. El profesor de Bonn realizó también el fenómeno de la refracción. Dirigió un haz eléctrico á un prisma de asfalto de 1^m,50 de altura por 1^m,20 de base. El excitador, colocado en su prolongación detrás del prisma, no acusaba la presencia de la electricidad. Pero las chispas reaparecían si se le acercaba á la base del prisma. Como los rayos luminosos, los rayos eléctricos eran desviados, según esto, por la refracción hacia la base del prisma.

Más recientemente aún, en 1892, el americano Tesla, en experimentos que reprodujo en París y en Londres consiguió, por medio de corrientes alternativas de gran frecuencia, imprimir tales vibraciones al éter ambiente que

encendía lámparas de incandescencia situadas en cualquier punto del recinto sin que estuvieran conexas con el manantial de la electricidad.

En fin, un informe leído recientemente en la Academia de Ciencias, dió á conocer la velocidad de la electricidad, y ésta resulta ser igual á la de la luz. Las semejanzas acusadas por los curiosos experimentos que acabamos de mencionar, han impresionado á todos los espíritus, y se puede predecir que ni aun los prudentes de la ciencia aguardarán mucho tiempo á tributar los honores de su completo asentimiento á la teoría de las ondulaciones eléctricas.

XIII.—Conclusión.

Por estas razones, nos adherimos plenamente á las siguientes palabras pronunciadas por Mr. Cornu, Presidente del Instituto, en un Congreso celebrado en Limoges el año 1890:

«La física ofrece un carácter digno de ser notado: es el espíritu general que la domina y dirige la marcha de sus progresos. Entretanto que ciertas ciencias se subdividen hasta el infinito, en física, por el contrario, los fenómenos tienden á agruparse, el número de agentes distinto tiende á disminuir cada vez más, el calor ha llegado á ser un modo de movimiento, ó mejor, una forma particular de la energía; el magnetismo ha desaparecido, confundándose con la electricidad; la electricidad misma deja entrever sus afinidades con las ondas luminosas, las cuales se hallan ligadas hace tiempo con las ondulaciones sonoras. Los geómetras continuadores de Ampere: Ohm, Helmholtz, Thomson, Maxwell, que tanto han contribuido á enlazar la electricidad con las leyes de la mecánica, están muy próximos á demostrar que los fenómenos electro-magnéticos y los fenómenos ópticos obedecen á las mismas leyes elementales, que son dos manifestaciones del movimiento de un mismo medio: el éter. Así, los problemas de la óptica pueden ser resueltos con las ecuaciones del electro-magnetismo.

»Desde el punto de vista experimental, se han conseguido ya resultados llenos de promesas. La velocidad de la luz fijada por métodos ópticos se determina también por mediciones puramente eléctricas. Hasta se ha podido creer recientemente, después de los célebres experimentos de Hertz, que la identificación de las cargas eléctricas y de las ondulaciones sonoras era un hecho consumado.

»Así, á medida que las diversas ramas se perfeccionan, las distinciones se borran y las teorías tienden á unificarse cada vez más, conforme á las leyes de la mecánica racional.»

OBRAS DE LA RÍA DEL GUADALQUIVIR Y PUERTO DE SEVILLA ⁽¹⁾

(Conclusión.)

§ II

REORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

Las necesidades peculiares de los diferentes servicios antes enumerados, la reorganización de la contabilidad y el impulso que era indispensable dar á la redacción de

(1) Véase el número anterior.