

R. 30.997

# DISCURSO

LEÍDO EN LA SOLEMNE APERTURA

DEL

CURSO ACADÉMICO DE 1899 À 1900,

EN LA

## UNIVERSIDAD LITERARIA DE GRANADA

POR EL

Dr. D. Bernabé Dorronsoro y Ucelayeta

**CATEDRÁTICO NUMERARIO**

de la Facultad de Farmacia.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
 GRANADA  
 N.º Documento 245659  
 N.º Copia 245667



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DE GRANADA



900245656

BIBL. GENERAL UNIVERSITARIA



GRANADA

IMPRESA DE INDALECIO VENTURA

1899.

---

*Excmo. é Ilmo. Sr.*

SEÑORES:

**C**UANTOS me precedieron en este honroso sitio, comenzaron sus oraciones demandando benevolencia del ilustre concurso que les escuchaba, y esta rara unanimidad prueba bien, que la demanda no obedecía al deseo de emplear un recurso oratorio, sino á la necesidad sentida por todos ellos, al encontrarse frente á tantas ilustraciones, de fortalecer su espíritu con la indulgencia del auditorio.

Y es, señores, porque llevar la voz de la Universidad en este solemne acto, constituye empresa cuya magnitud abrumba aun á las inteligencias mejor templadas, por la dificultad de hallar tema de importancia bastante y de acertar á exponerle en forma digna de quienes están consagrados á las altas especulaciones científicas, ó al estudio de las joyas literarias de los grandes ingenios.

Y si hombres dotados de profundo saber, de hermosa palabra, y de brillante inspiración, cual eran mis predecesores en esta Tribuna, solicitaban indulgencia, juzgad con cuán sobrada razón ha de suplicarla hoy de vosotros, quien carece de todas estas cualidades, y se ve obligado á ocuparla obedeciendo solo á un deber reglamentario, como tal, ineludible. Espero que esta

obediencia que me exime de gran responsabilidad en este momento, y el buen deseo de dar á mi cometido el mejor cumplimiento que se me alcance, en homenaje de respeto y consideración hacia vosotros, os inclinarán en mi favor, y alentado por esta confianza, entro á ocuparme del tema objeto de este discurso.

Dado el carácter de esta solemnidad académica, que congrega al Claústro para inaugurar una vez más las tareas de la enseñanza, y para premiar públicamente á los alumnos laureados del curso anterior, láuros que, desarrollando la emulación, sirven de poderoso estímulo para los demás, sería lo más oportuno, indudablemente, tratar de un asunto de carácter general, que interesase por igual á todos; pero fueran para ello precisas, inteligencia más firme y pluma mejor cortada que las mías, y falto de estas condiciones, he de acudir á sacar el material de este trabajo de campo por mí más cultivado por la cotidiana labor profesional, al de las Ciencias físicas, buscando ayuda en la actualidad del tema para no cansar sobremanera vuestra atención.

Me propongo disertar acerca de *algunos de los últimos progresos de la electricidad*, de esta energía misteriosa aún en su esencia, que cual hada casi omnipotente va transformando la vida social, y que se nos aparece con impulsos tan poderosos, con promesas tan brillantes para el porvenir, avaloradas por las maravillas ya producidas, que la imaginación más exaltada puede volar sin miedo en alas de la fantasía, segura de no traspasar los límites que la razón más serena se atreve á fijar para sus conquistas futuras.

Mas antes de entrar en materia, permitidme dedicar un triste y afectuoso recuerdo, de interpretando seguramente vuestros sentimientos, á la memoria de uno de nuestros compañeros, el notable jurisconsulto y profesor D. Miguel de la Guardia y Corencia, arrebatado de nuestro lado por la muerte en el curso pasado, cuando todavía la Enseñanza podía esperar mucho de su brillante ilustración y amor al trabajo.

Hace ahora un siglo justo que Volta, á consecuencia de su célebre polémica con Galvani, ideó á fines del año 1799 la primera pila eléctrica; y la ciudad de Como al festejar actualmente el centenario de esta invención del sabio profesor de su Universidad, conmemora á la vez la fecha del nacimiento de la ciencia eléctrica; pues las nociones muy escasas y vagas que de ella antes se tenían, no formaban cuerpo de doctrina.

Desde el momento que la pila de Volta dió el medio de producir cómodamente la electricidad de una manera continua, los

descubrimientos se han sucedido sin interrupción, cada vez más admirables, y extendiéndose á todas las ramas de las ciencias y de la industria.

Intentemos hacer una breve reseña histórica del desenvolvimiento de la ciencia eléctrica.

Las descomposiciones electro-químicas, y de ellas la galvanoplastia y el dorado y plateado galvánicos; la producción del calor y de la luz por el arco voltaico, y el estudio de la acción de las corrientes eléctricas sobre los seres organizados, fueron los primeros pasos dados en la senda abierta por el descubrimiento de Volta.

Veinte años más tarde, Oersted, el ilustre profesor de Copenhague, despues de pacientísimos trabajos que tuvieron por origen el haber advertido la influencia que ejerce el rayo sobre las agujas imantadas,—de donde dedujo la sospecha de íntimas relaciones entre la electricidad y el magnetismo,—sentó como principio “que una aguja imantada tiende á ponerse perpendicular á toda corriente eléctrica que pase por su proximidad,” y este hecho al parecer tan sencillo, fué el origen de grandes descubrimientos.

Basados en él, Ampère y Faraday construyeron los galvanómetros con los cuales se miden las intensidades de las corrientes, y Ohm y Pouillet las leyes que rigen á las variaciones de estas intensidades; leyes tan bien establecidas, que aun al presente, siguen sin modificación alguna siendo el fundamento del estudio de la electricidad y del magnetismo.

Durante este período, se había observado por Arago la imanación momentánea del hierro dulce por la corriente eléctrica, y de aquí se desprendió la construcción de los electro-imanés, y como natural consecuencia, la de las máquinas electro-motrices, y de los telégrafos eléctricos.

Ampère descubrió por entonces (1824) las acciones mútuas de las corrientes, y Faraday los fenómenos de inducción (1831) cuyas leyes dieron la base para producir y transformar las corrientes eléctricas y suministraron los elementos de las máquinas dinamo-eléctricas y del carrete de Ruhmkorff. Y por fin como último dato en esta rápida reseña histórica, merece citarse el descubrimiento de las corrientes termo-eléctricas hecho por Seebeck (1823), que constituye el único ejemplo, hasta ahora conocido de transformación directa del calor en electricidad.

Este era en conjunto todo el caudal de conocimientos fundamentales que de la ciencia eléctrica se habían logrado reunir en la primera mitad del siglo, los cuales, aunque habían quedado en el terreno puramente teórico, eran bastante completos para

cimentar el desarrollo industrial de sus aplicaciones: ésta ha sido la obra casi exclusiva de los años siguientes, hasta los últimos tiempos, en que á partir de los descubrimientos de Hertz, han vuelto á ensancharse nuevamente los límites de esta importante rama de la Física.

Obedecen estas fases sucesivas que ha ofrecido el desenvolvimiento y progreso de la electricidad á que, mientras fué la pila el único manantial de energía eléctrica constante de que se podía disponer, las aplicaciones de carácter industrial tenían que ser muy restringidas, por la dificultad de producir regular y económicamente corrientes eléctricas de gran intensidad: solo fueron posibles, con buen resultado, la telegrafía terrestre y submarina y la galvanoplastia; pero desde el momento en que Gramme en 1872 inventó su máquina, la electricidad salió de los laboratorios, entró en la industria y ha causado en ésta una revolución de importancia tal, que puede compararse con la que motivó la máquina de vapor.

La dinamo de Gramme, fundada en los fenómenos de inducción que descubrió Faraday en 1831, fué desde su principio un admirable transformador de energía mecánica en energía eléctrica, que al poseer la cualidad preciosa de ser reversible, es decir, de convertirse en motor cuando se le suministra electricidad, dió á la industria el medio de utilizar y llevar á grandes distancias, en forma de fuerza motriz, luminosa, calorífica ó química, la energía acumulada por la naturaleza en las altas montañas, en esos inmensos depósitos de nieve, de *hulla blanca*, que al fundirse por el calor solar y originar los torrentes que se precipitan por sus laderas y los ríos que rápidos cruzan los valles, constituyen manantiales inagotables, anualmente repuestos, de fuerzas gigantescas disponibles para el hombre.

Compréndese así el desarrollo portentoso de la industria eléctrica. Se presentó en la exposición de Filadelfia de 1876 la máquina de Gramme, y doce años despues, en 1888 había solo en los Estados Unidos, 5.351 instalaciones de alumbrado eléctrico con una fuerza motriz de 459.000 caballos; y si se calcula en otro tanto lo que en las demás naciones se había instalado con destino á la iluminación, se tendrá un total de un millón de caballos dedicados solo á este fin, á los diez y seis años de haberse inventado la primera máquina de Gramme.

Y lo mismo sucedió con las fábricas establecidas para el transporte de fuerza, para la electro-metalúrgia y la electro-química; y de aquí que no puede admirar que para este desenvolvimiento tan formidable y rápido de las industrias eléctricas, todos los sábios electricistas dedicaran sus facultades inventivas y su inteli-

gencia al perfeccionamiento de los medios, máquinas y procedimientos y que los nombres de Edison, Thomson, Sprague, Maxim, Houston, Siemens, Weston y tantos otros, vayan unidos á estos progresos industriales, y que en cambio quedasen algo relegados al olvido los estudios puramente especulativos, como adormecidos por la fiebre del avance industrial.

La máquina dinamo-eléctrica convierte en industriales comarcas que antes no podían serlo, y releva en gran parte á los pueblos de la pesada esclavitud del carbón de piedra. Nuestra nación es, seguramente, una de las que mayores beneficios puede alcanzar del aprovechamiento de sus fuerzas naturales como energía eléctrica, y para convencernos de ello bastará establecer un ligero paralelo con nuestra vecina Francia. En ésta, tan rica é industrial, había en 1896, según datos oficiales, un número total de máquinas de vapor empleadas en fábricas, talleres, vias férreas y en su marina mercante que alcanzaba á 87.476 con una suma de fuerza representada por 6.282,547 caballos; y uno de sus ingenieros más ilustres calcula en diez millones de caballos la fuerza convertida en energía eléctrica que puede obtenerse utilizando la nieve y los saltos de agua de sus montañas. España, país tanto ó más montañoso, podría suministrar tanta ó más fuerza á su industria, lo que completado con una racional explotación de las demás riquezas de su suelo, pondría á nuestra hoy pobre y decayida Pátria en el lugar que le corresponde del concierto de las demás naciones.

No es mi objeto detallar las conquistas de la electricidad en el terreno industrial, ni enumerar los progresos que ha motivado en las diversas ramas de las otras ciencias: esto me llevaría muy lejos, traspasando los límites impuestos á estos discursos. Bastan las indicaciones hechas para demostrar la inmensa importancia que hoy tiene la ciencia eléctrica, que justifica la seducción irresistible que su estudio ejerce sobre los sábios dedicados á la Física, y explica el papel preponderante que se le asigna en los fenómenos que nos ofrece la Naturaleza. Algunos llegan á suponer que "ningún fenómeno observado por las ciencias experimentales, ninguna de las operaciones de la industria humana, es extraño á la electricidad y sostienen así mismo, que "el Universo está lleno de electricidad; que todo átomo de materia es un torbellino de éter; que el sonido y el calor, que como es bien sabido son movimientos especiales de la materia, se reducen á cambios de lugar de electricidad; que las acciones químicas tienen por causa acciones eléctricas; que la luz es una vibración eléctrica elíptica que se propaga perpendicularmente á su plano; y que el magnetismo resulta de las rotaciones eléctricas.

Es decir, que si estas hipótesis son verdaderas, todo en el Universo sería electricidad.

El fin supremo de la Ciencia es reducir los más complicados fenómenos de la naturaleza al menor número posible de leyes fundamentales: en lo que á las ciencias físicas se refiere, éstas leyes serán las que rijan las relaciones de la materia con el número, el espacio y el tiempo. Una vez que estas relaciones lleguen á conocerse, el estudio de los fenómenos físicos será una rama de las matemáticas puras.

Pero para que pueda llegarse á ese ideal, es preciso estudiar muchos detalles, que escapan á nuestros sentidos porque son impotentes para transmitir la impresión de ellos al cerebro, y al faltar por ésto los medios ordinarios de investigación, hay que acudir forzosamente á un método especial, supliendo la insuficiencia de nuestros sentidos por hipótesis. Imaginadas estas teorías, se comprueban las consecuencias que de ellas se deducen sobre los fenómenos que podemos apreciar, y se las rechaza ó se las modifica hasta que se adapten bien á los hechos observados.

Este método es largo y laborioso; pero nos conduce seguramente á extender nuestros conocimientos en lo que se refiere á lo que no podemos ver ni sentir (*Hicks*).

En el desenvolvimiento de la ciencia eléctrica ha habido que seguir, necesariamente, este método; y gracias á él, aunque seguimos desconociendo la naturaleza de esta energía, por las hipótesis imaginadas ha sido posible relacionar los fenómenos, investigar hechos nuevos y llegar á formular explicaciones de los mismos que, si no son verdaderas, producen resultados positivos cual si lo fuesen y permiten sacar de ellas las aplicaciones de que son susceptibles.

Examinemos á grandes rasgos este desarrollo.

Uno de los deseos más ardientes de los físicos desde que se conocieron cierto número de fenómenos eléctricos fué el poder medirlos, es decir, relacionarlos por expresiones numéricas que representasen su valor; y partiendo de una idea fundamental sentada por Gauss, según la que "todo fenómeno natural se resume en una acción mecánica independiente de la sensación que puede producir en nosotros:", se trató de definir algunas unidades que conviniere para la medida de los distintos fenómenos por el efecto mecánico que les constituyese. Éste fué el origen de los sistemas de medidas absolutas, mediante las cuales todas las magnitudes eléctricas se refieren á las magnitudes mecánicas y á las nociones fundamentales de longitud, masa y tiempo.

Por otra parte, ya se ha dicho que en el año 1831 Ampère ha-

bía descubierto las leyes de las acciones mútuas de las corrientes y fundado la electro-dinámica; pues bien, en aquella misma época, Fresnel con sus maravillosas experiencias y el esfuerzo colosal de su espíritu privilegiado vino á demostrar que la luz es solo debida á las vibraciones del éter, de ese fluido sutil, material, pero imponderable que llena los espacios interatómicos como los interplanetarios; é impresionado Ampère por las teorías de Fresnel, emitió la hipótesis seductora de que los fenómenos eléctricos solo eran, como la luz, movimientos ondulatorios del éter.

Esta atrevida hipótesis había quedado casi olvidada, falta de consistencia y base, hasta que llegó el día en que Maxwell, comparando la unidad electrostática absoluta con la unidad absoluta electro-dinámica, observó que la relación que existe entre ambas es *una velocidad*, y que calculado su valor por diferentes métodos se llegaba al mismo número, á 300.000 kilómetros por segundo, que es precisamente la velocidad de la luz; y si bien es cierto que por el conjunto de las observaciones que se venían realizando, no se podía dudar de que había conexiones íntimas entre los fenómenos ópticos y los eléctricos, la naturaleza de estas relaciones estaban veladas hasta entonces, y acaso siguieran lo mismo, si no hubieran sido adivinadas por Maxwell.

Pronto se multiplicaron las experiencias que comprobaron no era esta concordancia puramente fortuita; pero faltaba mucho para poner de acuerdo las teorías electro-dinámicas entonces admitidas con la nueva hipótesis; era preciso modificar ésta para que no estuviera en contradicción con los hechos conocidos; y tal fué la obra inmortal del gran físico y matemático inglés, que expuso en una serie de memorias publicadas desde 1865 á 1873.

Hé aquí las nuevas ideas de Maxwell.

Los primeros electricistas dividían los cuerpos por la manera como conducían la electricidad en dos clases: unos eran conductores, otros aisladores ó dieléctricos; para ellos éstos últimos eran puramente inertes y su papel único se reducía á oponerse al paso de la electricidad.

De ser esto así, se podría reemplazar un dieléctrico por otro cualquiera y el efecto debía ser el mismo; y por el contrario, ya Faraday había observado que los resultados eran diferentes. Maxwell, que había estudiado bien las observaciones de Faraday, comprendió era otra la misión de los dieléctricos. Sentó la hipótesis de que éstos, no son puramente aisladores, sino que transmiten también la electricidad, pero transformándola y ofreciendo á su paso una resistencia de clase distinta que los conducto-

res. Estableció que la resistencia opuesta por los dieléctricos es *elástica*, y *viscosa* la que ofrecen los conductores, y como consecuencia, que mientras que las corrientes que circulan por estos son corrientes ordinarias de *conducción*, en los dieléctricos son *corrientes de traslado ó de Maxwell*, pues más tarde han recibido su nombre.

Las primeras, decía el autor de la hipótesis, tienen que vencer solo una resistencia viscosa, cual la que ofrece el agua á un móvil que se traslada en su seno; las segundas tienen que sobrepujar una resistencia elástica, como la que presenta un resorte que se pone tirante; ésta será de corta duración, porque creciendo sin cesar, el equilibrio con el esfuerzo de la corriente se establecerá pronto; mientras que la resistencia viscosa puede prolongarse indefinidamente, tanto como dure la fuerza electro-motriz que la produce. La resistencia viscosa originará una pérdida en la corriente, pues por efecto de ella se transformará una parte de la energía eléctrica en calor,—y bien comprobado está que un conductor atravesado por una corriente eléctrica se calienta —y por lo tanto, cuando la corriente cese no podrá recobrase esta electricidad perdida; por el contrario, la energía transformada en corrientes de traslado se hará sensible y se recuperará íntegramente apenas cese la acción de la corriente que la originó, pues los resortes al contraerse, y seguimos la comparación, restituirán todo el trabajo empleado en estirarlos.

Para Maxwell, solo hay *corrientes cerradas*, es decir, que cuando los dos polos de una pila no están unidos por un conductor continuo, la corriente atraviesa el dieléctrico que separa á los dos reóforos, bajo la forma de corrientes de traslado, y se cierra así el circuito.

Sentados estos principios, para admitir las teorías de este ilustre físico debe tenerse en cuenta, que las corrientes eléctricas se manifiestan de tres modos: por sus efectos caloríficos, por su acción sobre los imanes y las corrientes, y por las corrientes de inducción que originan; y puesto que las corrientes de traslado no producen calor, deben dar lugar, si existen, á efectos electro magnéticos, electro-dinámicos ó inductivos. En los tiempos de Maxwell era imposible demostrar estos efectos, lo que parecía echar por tierra todo el edificio hipotético que había levantado; pero con su perspicaz imaginación explicaba esta imposibilidad del modo siguiente, en favor de su teoría: por muy poco intensa que sea una corriente de traslado, *no puede durar mucho en el mismo sentido*, porque la tensión de los resortes, creciendo sin cesar, la detendrá pronto; y por esto, no puede haber en los dieléctricos corriente continua de larga duración, ni

alterna sensible de gran período; pero si se emplease una corriente alternativa ó frecuencia muy rápida, los efectos antes dichos serán observables.

Maxwell añadía, que este es el origen de la luz: una onda luminosa es una serie de corrientes alternas que se producen en los dieléctricos, en el aire y en el vacío interplanetario, y que cambian de sentido un billón de veces por segundo. La enorme inducción debida á estas alternancias tan frecuentes, causa otras corrientes en su proximidad en los dieléctricos, y de este modo las ondas luminosas se transmiten de etapa en etapa con una velocidad de propagación que, según demuestra el cálculo, y la experiencia es *la relación de las unidades*, es decir, la velocidad de la luz.

Estas corrientes alternas son *vibraciones eléctricas*, y si no hay más que corrientes cerradas, si no hay condensación ó acumulo de electricidad en los extremos de los conductores, las vibraciones serán como las del éter de Fresnel, la electricidad será vibraciones transversales de este mismo éter, en una palabra, la luz y la electricidad serán un misma cosa.

Pero Maxwell exponía sus ideas teóricamente, y aunque los físicos las aceptasen atraídos por su belleza, faltaba su confirmación experimental: era preciso hallar entre la teoría antigua y la nueva una divergencia capital que se hallase al alcance de nuestros medios de experimentación y decidiese por una ó por otra la victoria.

Esto fué lo que en 1888 logró Hertz, sabio profesor de la Universidad de Bonn, arrebatado prematuramente por la muerte á la ciencia cuando contaba poco más de treinta años, al realizar los admirables trabajos que cubrieron de gloria su nombre, y de los que voy á ocuparme con la concisión que la índole de este discurso requiere.

La diferencia esencial entre la teoría antigua y la nueva está, en que la electro-dinámica clásica exige que la inducción electromagnética se produzca instantáneamente; mientras que según las hipótesis de Maxwell debe propagarse con la velocidad de la luz: la confirmación de la existencia de esta velocidad de propagación la realizó Hertz experimentalmente por el método de las interferencias, imitando con la fidelidad posible por medio de manantiales eléctricos, las vibraciones que imprimen al éter los focos luminosos.

Utilizó para ello las descargas oscilantes de los condensadores, tan perfectamente estudiadas por lord Kelvin; pero adoptando ingeniosos artificios que permitían hacerlas tan rápidas, que las oscilaciones producidas llegaban á ser en número de algunos

centenares de millones por segundo; y á pesar de que esta rapidez es aún pequeña comparada con la de las oscilaciones luminosas, que son próximamente de unos 60 billones en igual tiempo, pudo Hertz comprobar que las ondas eléctricas ofrecen todas las propiedades de las luminosas, se pueden reflejar, refractar, interferir, difractarse y polarizarse; lo que prueba hasta la evidencia que las vibraciones eléctricas del éter son transversales, lo mismo que demostró Fresnel son las de la luz, tienen la misma velocidad, y solo difieren por la duración del período de vibración, mucho más lento en las ondas hertzianas que en las luminosas.

La importancia del asunto merece entrar en algunos detalles.

El método de las interferencias es bien conocido en la óptica. Dos rayos luminosos que proceden del mismo foco interfieren siempre que lleguen al mismo punto después de haber recorrido caminos de diferente extensión: si esta diferencia es igual á una longitud de onda, es decir, al espacio recorrido por la vibración en un período, ó también á un número entero de longitudes de onda, una de las vibraciones irá retrasada respecto á la otra en este número entero de períodos, pero como ambas están en la misma *fase*, tienen el mismo sentido y se suman. Por el contrario, si la diferencia de marcha de los dos rayos es igual á un número impar de semi-períodos ó de semi-longitudes de onda, las dos vibraciones tienen sentidos opuestos y se restarán una á otra, anulándose.

Esto ocurre con todos los fenómenos periódicos y alternativos que se propagan con velocidad finita; así pasa con el sonido y la luz y debe suceder con la inducción electro-dinámica si su velocidad de propagación es finita cual admite Maxwell: si su propagación es instantánea cual sostiene la antigua electro-dinámica, no puede producirse interferencia.

Para demostrar éstas hacía falta tener corrientes de período muy corto, cuya longitud de onda fuese pequeña, menor que el espacio que puede atravesar la inducción sin debilitarse demasiado, y lo consiguió Hertz partiendo de las experiencias hechas por Fedderson sobre la descarga oscilante de la botella de Leyde, y las teorías de sir W. Thomson que las explicaban, construyendo un aparato que es un verdadero *péndulo eléctrico*.

Supongamos dos conductores que tengan diferente potencial y que los reunimos por un alambre: el equilibrio eléctrico se rompe y tiende á restablecerse circulando por el alambre una corriente que trata de igualar ambos potenciales. Lo mismo ocurre cuando separamos de la vertical un péndulo y le soltamos: roto el equilibrio mecánico tiende á restablecerse. Pero así como el pé-

dulo, por efecto de la inercia, no se detiene en la posición de equilibrio, sino que por el impulso adquirido va más allá, hasta cierto punto, luego vuelve á moverse en sentido inverso y se producen las oscilaciones pendulares que siguen sin cesar durante algún tiempo, del mismo modo, cuando se igualan momentáneamente los dos potenciales, el equilibrio eléctrico producido no persiste, sino que, por un efecto análogo al de la inercia, por la *auto-inducción (self-inducción)*, la corriente continúa en el mismo sentido y hace tomar á los conductores cargas opuestas á las que tenían primero, y entonces vuelve á originarse nueva corriente por el alambre pero en sentido opuesto, sucediéndose las oscilaciones eléctricas cuyo período depende de la capacidad de los conductores. Bastará, según esto, disminuir lo suficiente esta capacidad, para que tengamos un *péndulo eléctrico* capaz de producir corrientes de alternativa muy rápida.

Pero queda todavía una grave dificultad que vencer, la de poner en movimiento este péndulo eléctrico; pues se requiere que la causa que le separe de su posición de equilibrio obre muy bruscamente; es decir, durante un tiempo muy corto con relación á la duración de un período; porque de no ser así, no oscilará: de la misma manera, que si se separa un péndulo ordinario con la mano de la posición de reposo y en vez de soltarle instantáneamente se le sigue en su movimiento sin dejarle, llegará á la vertical y no continuará marchando.

Esta dificultad no podía vencerse por ningún medio mecánico, pues no hay que olvidar que se trata de períodos que duran menos de una cienmillonésima de segundo, y Hertz la resolvió del siguiente modo: si en el alambre que une los dos conductores se hace un corte de algunos milímetros de modo que el aparato quede partido en dos mitades simétricas, cada una de las cuales se pone en comunicación con uno de los polos del circuito secundario de un carrete de Ruhmkorff, la corriente inducida de éste cargará á los conductores con diferencia de potencial creciente hasta el momento en que el aire no baste ya como aislador; entonces la chispa salta en el corte y bruscamente el péndulo eléctrico comienza á oscilar, si el aparato reúne todas las condiciones prácticas necesarias, que á pesar de ser bastante complejas fueron perfectamente estudiadas por Hertz.

Este aparato, que se denomina *excitador*, da corrientes alternas que cambian de sentido de ciento á mil millones de veces por segundo, y desarrolla en el espacio que le envuelve, corrientes de traslado y efectos de inducción: puede así mismo producir por esta inducción una perturbación eléctrica en un punto de un

alambre con que comunique, perturbación que se propagará enseguida por toda su longitud.

Pero es preciso hacer visibles estos efectos, y para ello, no siendo nuestros sentidos capaces de apreciarlos directamente, se acude á otro excitador análogo, que tenga el mismo período de oscilación; el cual, cuando se le pone en el campo de acción del primero, perturbado por éste, entrará en vibración: es lo mismo que ocurre cuando un diapasón vibra y hace vibrar á otro diapasón que esté de acuerdo con él y que se halle á distancia conveniente para que le alcancen las perturbaciones producidas en el aire por el primero. Hay, sin embargo, una diferencia grande entre la resonancia acústica y la eléctrica: aquella exige un acuerdo perfecto para que responda un diapasón al otro, á causa de que las vibraciones acústicas se amortiguan lentamente y su amplitud es sensiblemente constante: mientras que las vibraciones eléctricas se amortiguan muy de prisa, y de aquí resulta, que el *resonador* eléctrico responde muy bien á las excitaciones con que está perfectamente de acuerdo, no tan bien si el período de ellas es algo diferente y bastante mal, si hay desacuerdo notable.

No hacen falta en el resonador el carrete, ni el corte en el alambre, así que se reduce á un hilo metálico continuo encorvado en círculo y terminado por dos pequeñas esferas muy próximas, pero que no se tocan. Cuando este resonador es inducido por las vibraciones del excitador, vibra, y si los períodos de ambos no son muy distintos, llegan á cargarse sus esferillas en ciertas fases de la vibración de potenciales bastante diferentes para que salten chispas entre ellas.

Se pueden estudiar con este resonador los efectos de la onda de inducción que brota del excitador, de dos modos: ó haciéndola actuar á pequeña distancia sobre un largo alambre conductor, que ya se ha dicho será recorrido por ella y obrará á su vez por inducción sobre el resonador colocado muy cerca; ó bien exponiendo á este bastante lejos, á la acción directa del excitador á través del aire. En ambos casos pueden producirse interferencias; en el último, haciendo que la onda se refleje sobre una lámina metálica que funciona de espejo; en el primero, porque la reflexión de la onda tiene lugar en el extremo del alambre al que vuelve á recorrer en sentido inverso: al interferir la onda reflejada con la incidente, se encontrarán puntos, que corresponden á los *nodos*, en los que el resonador no produce chispas, porque allí se anula la vibración; mientras que en los *vientres* de la onda, las chispas saltan entre las esferillas; un *internodo*, ó sea la distancia exis-

tente entre dos nodos, es la semilongitud de onda del resonador.

Hertz comprobó así, y lo confirmaron poco despues Sarrasin y de la Rive, que tanto en el alambre como en el aire la inducción se propaga con la misma rapidez, y que ésta es la que posee la luz, demostrando por completo la teoría de Maxwell. Y no contento con ello, el ilustre sábio concentró por reflexión en un gran espejo cilíndrico-parabólico la onda de inducción de su excitador, y obtuvo un verdadero haz de rayos de fuerza eléctrica susceptibles de refractarse en un prisma de asfalto ó de parafina y de polarizarse en una rejilla metálica: es decir, que hizo ver que estos rayos eran en un todo cual los luminosos, con la diferencia de que tenían un período mucho mayor de oscilación; pues según las medidas que realizó, las vibraciones de su excitador tenían 6 metros de longitud de onda, lo que hace una frecuencia de oscilaciones de cincuenta millones por segundo: con otro excitador más pequeño obtuvo ondas de sesenta centímetros y diez veces mayor frecuencia.

Los aparatos de Hertz eran poco perfectos: el productor de las ondas eléctricas tenía gran volumen y exigía mucha potencia, porque el receptor ó resonador era muy poco sensible, solo era capaz de revelarlas á pocos metros de distancia. Esta poca sensibilidad fué una fortuna para la Ciencia, pues gracias á ella pudo descubrir la reflexión, la refracción y polarización de las ondulaciones eléctricas, que solo con grandísima dificultad se hacen perceptibles hoy con los aparatos perfeccionados, y que acaso hubiesen pasado sin comprobarse, si se hubiera comenzado por ellos el estudio emprendido por Hertz: no es éste, en la historia de la Ciencia, el único caso en que un instrumento imperfecto ha prestado mayores servicios para su progreso, que los obtenidos de otro más acabado.

El primer productor de ondas ó excitador de Hertz estaba formado por dos esferas metálicas de 15 centímetros de diámetro, unidas por un alambre recto de metro y medio de largo cortado en su centro, y quedando á corta distancia las dos partes, cada una de las cuales comunicaba con uno de los reóforos del circuito secundario de un fuerte carrete de Ruhmkorff: en el corte del alambre central es donde, al funcionar el carrete, saltan chispas oscilantes que producen las ondas eléctricas.

Modificado sucesivamente este excitador por Lodge, Sarrasin y de la Rive, se ha llegado á la forma que tiene ahora comunmente debida á Righi, y que consiste en cuatro esferas, dos más grandes interiores y dos menores más externas, cuyas distancias mútuas pueden variarse á voluntad: las dos interiores



están aisladas, y las exteriores comunican con los reóforos que conducen la corriente secundaria de un carrete de Ruhmkorff, de modo que al funcionar éste saltan tres chispas entre las esferas de las que solo la central, la que surge entre las esferas más grandes tiene carácter ondulatorio. Esta chispa oscilante brota en el seno de un líquido muy aislador, el aceite de vaselina, con lo cual es mucho mayor la amplitud de las oscilaciones y se evita la oxidación de las superficies metálicas por el aire: un aparato de esta clase con esferas centrales de 4 centímetros de diámetro que disten un milímetro, produce ondas de diez centímetros de longitud, lo que hace tres mil millones de vibraciones por segundo.

Este excitador ha adquirido gran importancia porque es la base de los aparatos que hoy se emplean para la telegrafía sin alambres.

En cuanto á los reveladores, poco se había adelantado respecto á sensibilidad, desde los primitivos resonadores de Hertz, más ó menos modificados, hasta que el descubrimiento hecho por Branly de los rádio-conductores, que fueron aplicados por Lodge al estudio de las ondas eléctricas, señaló un inmenso progreso. El fundamento de los rádio-conductores es completamente distinto del de los resonadores: es la conductibilidad intermitente que ofrecen algunos cuerpos cuyo tipo son las limaduras metálicas. Cada uno de los granos ó partículas de metal es buen conductor de la electricidad; pero su conjunto, que forma una materia discontinua, ofrece una gran resistencia al paso de una corriente eléctrica: así ocurre que si se establece entre los dos polos de una pila un circuito del que forme parte un galvanómetro y un tubo de vidrio que contenga un poco de limadura metálica comprimida entre dos pistones de metal, la corriente no pasa y el galvanómetro no se mueve, como si el circuito estuviese cortado por la fuerte resistencia opuesta por la limadura metálica al paso de la corriente: si entonces se hace brotar en la proximidad del tubo de vidrio una *chispa*, la desviación que sufre el galvanómetro indica que la limadura se ha hecho bruscamente conductora, y sigue siéndolo aunque no continúen las chispas, ofreciéndonos el fenómeno de una materia que no siendo antes conductora, ha adquirido esta propiedad, y de un modo persistente, bajo la acción de una descarga eléctrica á distancia. Este efecto es aun mucho más notable si la radiación eléctrica es oscilatoria, es decir, cuando se trata de una radiación hertziana, hasta el punto de que puede hacerse sensible su acción á varios kilómetros de distancia con un rádio-conductor bien dispuesto.

No está bien explicada la causa de este fenómeno tan interesante: parece, sin embargo, como que las radiaciones eléctricas obran cual si hiciesen más íntimo el contacto de las partículas de la limadura, orientando á éstas en determinado sentido; y se observa, en efecto, que una elevación de temperatura, ó solo un choque que produzca una sacudida en la limadura, rompiendo esta orientación, vuelve á dar al rádio-conductor su resistencia primitiva, que una nueva radiación destruye y otra sacudida regenera.

La sensibilidad exquisita de los rádio-conductores les ha hecho aptos para algunas aplicaciones, y su especial conductibilidad ha venido á explicar, ó por lo menos, á aclarar algo las particularidades que ofrece la conductibilidad nerviosa.

Como resúmen de los resultados obtenidos de los trabajos de Hertz y de los que le han sucedido, se saca en primer lugar que, desde el punto de vista teórico, el descubrimiento de las ondas eléctricas representa la realización de la *síntesis de la luz*. Las ondas hertzianas difieren enteramente por sus propiedades de la electricidad, tal cual conocemos á ésta, y si no se hubiese conocido su origen, se las hubiera tomado por una forma nueva de energía, sin parentesco alguno con ella; atraviesan los cuerpos aisladores y son detenidas por los conductores, no actúan sobre la brújula, ni ejercen acción electrolítica, y se propagan á lo lejos en línea recta sin los soportes materiales necesarios para la transmisión de las corrientes eléctricas: ya queda dicho que se reflejan, refractan y polarizan, y esto completa su analogía con la luz.

Las diferencias que con ella ofrecen, que hacen imperfecta esta síntesis, son: en primer lugar la magnitud de la longitud de onda; y después, que las oscilaciones eléctricas se amortiguan muy rápidamente, y que conservan una orientación constante cual sucede con las vibraciones de la luz polarizada.

Por otra parte, este descubrimiento ha venido á reforzar con fuerte apoyo la hipótesis de la unidad de los fenómenos físicos, probando que sólo hay de diferencia entre ellos accidentes cuantitativos: son en fin las ondas eléctricas uno de los eslabones de la grandiosa cadena que enlaza todo el dominio de la Física.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones, el conocimiento de las oscilaciones hertzianas ha dado como resultado inmediato el descubrimiento de las corrientes de alta frecuencia y el del telégrafo sin alambres. Las primeras, estudiadas por Arsonwal han sido objeto de notables investigaciones terapéuticas por la particularidad de sus acciones fisiológicas. Del segundo vamos á

ocuparnos con cierta extensión por la importancia que hay que concederle.

Los dos descubrimientos eléctricos que han causado mayor sensación en estos últimos tiempos, tanta que han llegado á impresionar aun á los que apenas tienen nociones científicas, han sido el de los rayos X y el del telégrafo sin alambres: aquél por el aspecto casi maravilloso con que se ha ofrecido desde el primer instante, el último porque ha venido á realizar un deseo ardientemente ambicionado y que parecía difícil de lograr; y aunque de alcance científico muy distinto, ambos han señalado progresos muy notables en la ciencia de la electricidad.

Nadie desconoce los inmensos servicios que á la humanidad prestan la telegrafía y la telefonía, é inútil es hacer resaltar su importancia. Pero estos medios eléctricos de transmisión de señales y sonidos á grandes distancias, tienen un inconveniente que en ocasiones imposibilita su aplicación: es éste la necesidad imprescindible de conductores metálicos contínuos que sean los transportadores de las corrientes eléctricas por cuyas variaciones se han de reproducir en la estación receptora los signos ó sonidos que parten del puesto transmisor.

Los métodos ópticos á que se ha acudido para salvar este inconveniente ofrecen otros no menores y son de empleo muy limitado, y así se comprende el vivo anhelo de los físicos de hallar un medio que conservando á la telegrafía eléctrica todas sus grandes ventajas, la librase del metálico yugo del conductor material previamente establecido; pero faltaba base firme para intentar experiencias que reportasen algún resultado práctico, y hasta estos últimos años no se vislumbraba indicio alguno que hiciese sospechar cómo podría tener solución este problema.

Los primeros experimentos de transmisión de señales eléctricas sin el intermedio de conductor metálico contínuo se hicieron por Edison en 1885, demostrando era posible comunicar con un tren en marcha, mediante la influencia electrostática ejercida por una línea aislada, dispuesta paralelamente á la vía, sobre un circuito telefónico colocado en el tren en movimiento; pero el éxito en la práctica no correspondió á las esperanzas del inventor.

Algunos años despues, en 1892, Preece, acudiendo al empleo de ondas magnéticas, consiguió resultados más positivos: el principio utilizado por este físico inglés era la inducción electro magnética, disponiendo en cada uno de los dos puestos, transmisor y receptor, paralelamente, un alambre horizontal aislado, de igual longitud que la distancia que los separa; producir en el primero una serie de ondas magnéticas á intervalos convenidos, que irán

por inducción á impresionar un teléfono intercalado en el alambre de la estación receptora, y cuyas resonancias corresponden con las emisiones de las ondas.

Por este sistema Preece llegó á comunicar á 7 kilómetros de distancia; pero fácilmente destacan las deficiencias que presenta: solo en circunstancias muy especiales podrán montarse dos líneas paralelas de tan gran longitud, y como además, los obstáculos materiales que existan entre las dos estaciones entorpecen la transmisión, ésta solo será posible en pocos casos, por ejemplo entre dos costas ó una isla cercana y la tierra firme: así que el invento de Preece queda solo como una curiosidad ó recuerdo histórico.

El descubrimiento de las ondas eléctricas de Hertz, y los trabajos sucesivos de sus continuadores Righi, Calzecchi; Zehmder, Lodge y Branly, dieron todos los elementos necesarios para otra solución que realizaron el físico ruso Popoff en 1895 y al año siguiente el italiano Marconi. El gran mérito de este último ha sido la adaptación industrial de los aparatos y de los experimentos hechos por sus predecesores, sacándolos del terreno puramente científico de los laboratorios; y á causa de esto, aunque realmente Popoff tiene sobre Marconi el derecho de prioridad en la invención del telégrafo sin alambres, se une á este descubrimiento el nombre del joven físico italiano, porque ha sido quien le ha desarrollado prácticamente.

El principio del sistema de transmisión de señales á distancia sin conductor material ordinario, utilizando las vibraciones etéreas que constituyen las ondas eléctricas, consiste: en excitar en el puesto transmisor ondas hertzianas á intervalos convenidos, por ejemplo, con el alfabeto Morse, y disponer en el puesto receptor un aparato revelador bastante sensible y preciso para recibir estas ondas y registrarlas, ó hacer constar su presencia.

Para producir las ondas eléctricas se utilizan los excitadores ordinarios de que antes se trató, especialmente el de Righi; y basta intercalar en el circuito, que lleva la corriente eléctrica de la pila al carrete de Ruhmkorff, una llave de Morse, para tener el medio de excitar ondas sucesivas, con intervalos largos ó breves que se extenderán en el espacio en todas direcciones, como si fuesen ondas luminosas. Si en cualquiera de los puntos á donde llegan estas ondas se coloca un revelador de ellas bastante sensible para que manifieste su presencia, por ejemplo, un tubo radio-conductor de Branly, las variaciones de conductibilidad de éste será el medio que las hará constar, y aún se podrán registrar agregando disposiciones convenientes.

En la forma adoptada por Popoff, el rádio-conductor está incluído en el circuito de una pila, que enlaza por un *relevador* telegráfico, con otro circuito de una pila más potente en el que se hallan un aparato registrador Morse y un martillo, ó *descohesionador*, que golpea al tubo cuando pasa la corriente: mientras no llega al rádio-conductor la onda eléctrica, es decir, en estado normal, la corriente no pasa; pero en cuanto la oscilación hace conductora la limadura, la corriente de la pila circula, el relevador cierra la segunda corriente, el aparato registrador funciona, á la vez que golpea el martillo al tubo con lo que pierde el rádio-conductor su conductibilidad, hasta que sea excitado por otra oscilación. Los intervalos cortos ó largos en que el tubo es conductor, corresponden á las largas y breves marcadas por la llave del aparato transmisor, y se registran en el receptor exactamente como en la telegrafía ordinaria. Tal era el sistema de Popoff con el que los ensayos hechos á pequeñas distancias ofrecieron buenos resultados; pero cuando se quisieron extender más, se presentaron dificultades que parecían insuperables. Marconi las venció agregando á los aparatos de Popoff uno muy sencillo, aunque esencialísimo, la *antena*, largo alambre vertical en comunicación con una de las bolas del excitador, y mediante el cual se ha podido llegar á separar varios kilómetros los puestos remitir y receptor; en éste hay otro alambre semejante, pero su misión es análoga á la de un pararrayos.

El papel que representa la antena es muy importante: las oscilaciones eléctricas se amortiguan rápidamente, y por ello, sus efectos alcanzarán solo á corta distancia, si no se tiene medio de concentrarlas en una dirección determinada. Hertz trató desde el primer momento de conseguirlo, reflejándolas por espejos parabólicos; pero la difracción enorme que se producía, impedía que obtuviese resultados favorables. Esta difracción, es el conjunto de fenómenos que perturban la reflexión regular cuando el espejo es pequeño para la magnitud de la onda: y como dadas las longitudes de las ondas luminosas y de las eléctricas, y la relación de magnitudes correspondientes á dos espejos que se equivalgan para reflejarlas, á un reflector de un milímetro cuadrado para la luz, equivale otro de un miriámetro cuadrado para las ondas hertzianas, se llega á dimensiones imposibles prácticamente.

Parecía no quedar otro recurso que el de obtener ondas eléctricas de menor longitud; pero el remedio era aun peor, pues apenas se acortaban éstas para que llegasen á ser de unos centímetros, perdían su energía, y aun concentrándolas solo eran perceptibles á pocos metros del excitador. El problema quedaba

sin resolver, y en este momento surgió la invención de Marconi derivada de los cálculos de Thomson y de Poynting, la adición de la antena, cuyo efecto es el originar una onda eficaz á gran distancia en la dirección normal á su eje, y en un solo plano, por razón de que, la fuerza eléctrica en las ondulaciones de gran frecuencia, es normal al alambre, y cuando éste se termina por una esfera del mismo diámetro, hay un punto en ella en que la dirección del flujo de energía es indeterminada, y de este punto irradia la onda localizada en un solo plano por el que se extiende á grandes distancias.

Gracias á la antena, Marconi, en sus experiencias recientes, ha podido transmitir telégramas con sus aparatos hasta más de 50 kilómetros de distancia. Verdad es que también ha tenido que perfeccionar los demás elementos, el receptor, principalmente; pero estas modificaciones son solo de detalle y lo que caracteriza á su sistema como esencial es este largo alambre vertical, cuya longitud tiene que ser tanto mayor cuanto más lejos se quiere que alcancen las ondas.

El problema está por lo tanto, resuelto; pero aun falta mucho que hacer. Los aparatos son más sencillos y menos costosos que los de la telegrafía ordinaria, son transportables y hasta permiten una instalación móvil; puede comunicarse por ellos á través de los muros, de las colinas, de la niebla, con los trenes y buques en marcha. La difusión de las ondas que permite á una sola estación transmisora relacionarse con todas las receptoras á las que alcancen las oscilaciones que emite, constituye otra gran ventaja en algunas circunstancias, á la vez que exige en otras precauciones si ha de lograrse el secreto de lo transmitido: este secreto se asegura acordando con gran precisión y cuidado los aparatos transmisores y receptores, y claro está que se completa como en la telegrafía ordinaria, usando claves cifradas.

Las grandes aplicaciones y servicios que desde ahora puede prestar este descubrimiento á la guerra, á la marina, etc., se comprenden desde el primer momento; pero su alcance es todavía muy limitado y aun se ve lejano el día en que la telegrafía sin alambres, que pudiera llamarse *electro-óptica*, compita y venza á los antiguos sistemas en las comunicaciones entre los diversos países de la tierra, y la inmensa red metálica que envuelve á ésta apretando cada vez más sus mallas, seguirá por bastante tiempo llevando el pensamiento de la humanidad empujado por las corrientes eléctricas.

A fines del año 1895, dió cuenta Roentgen, ante la Sociedad físico-médica de Wiirtzburg, de su admirable descubrimiento, que conmovió al mundo científico. Un hecho fortuito, que hubiese pasado desapercibido para otro observador menos perspicaz, analizado por su poderosa inteligencia, fué el origen del conocimiento de un orden nuevo de radiaciones, á primera vista tan distintas de las que los físicos estaban acostumbrados á manejar, que parecía como un paso dado por los oscuros espacios de lo sobrenatural, una página arrancada de los cabalísticos archivos de la magia, algo, en fin, que impresionaba fuertemente la imaginación, excitando una de las más vivas pasiones humanas, la curiosidad. De aquí la colosal resonancia de este suceso y el por qué de su rápida vulgarización: y, sin embargo, nada más natural y de acuerdo con los fenómenos ya estudiados por la ciencia física.

Desde el siglo pasado se habían hecho experiencias acerca del paso de la chispa eléctrica á través de atmósferas gaseosas enrarecidas: el experimento del huevo eléctrico era conocido ya entonces; pero Faraday (1838) fué el primero que realizó investigaciones sistemáticas sobre los fenómenos que así se presentan; á ellas siguieron las de Hittorf, Warren de la Rue y Spottiswoode, y últimamente los trabajos de Crookes, Hertz, Goldstein, Lenard y otros, que prepararon el descubrimiento de Roentgen.

Examinemos á grandes rasgos los resultados que se habían obtenido antes de esta fecha memorable de la historia de la Física.

Era cosa bien sabida, que cuando se hace pasar la corriente secundaria de un carrete de Ruhmkorff por un tubo que contiene aire, y en cuyo interior penetran dos conductores metálicos, los fenómenos que se presentan varían con la presión del gas: á la presión ordinaria la corriente no pasa, porque el aire es dieléctrico; si se le enrarece hasta que tenga un milésimo de la presión normal, la corriente pasa y el espacio entre los conductores se llena por una columna luminosa, de color violáceo, á veces estratificada, y el *catodo* ó sea el electrodo negativo se halla rodeado por un pequeño espacio oscuro; es el fenómeno vulgar que ofrecen los *tubos de Geissler*. Si se continúa el enrarecimiento del aire, la columna luminosa va siendo más corta, el espacio oscuro que rodea al catodo va aumentando, y al llegar á la presión de una cienmilésima ó de una millonésima de atmósfera, esta zona oscura llena casi por completo el tubo, y las paredes de éste se iluminan por un bello fulgor verdoso: tenemos entonces un *tubo de Crookes*. Terminando el enrareci-

miento, la corriente ya no pasa y todos los efectos luminosos desaparecen.

Los fenómenos más interesantes son los que tienen lugar en los tubos de Crookes: si en uno de éstos se interpone delante del catodo un cuerpo sólido cualquiera, se ve proyectarse su sombra sobre la pared de vidrio, como si emanase normalmente del electrodo negativo, algo material ó radiaciones que marchando en línea recta causasen al chocar con las paredes del tubo el fulgor verdoso de éste. Creyó Crookes que la causa del fenómeno era el transporte de materia en un estado particular que llamó *materia radiante*; pero esta idea fué rudamente combatida, y la opinión que en general ha prevalecido es que se trata de radiaciones análogas á las de la luz, y de aquí el nombre de *rayos catódicos* que les ha dado Guillaume.

Estos rayos catódicos, aunque acompañan á la descarga eléctrica y no pueden producirse sin ella, son perfectamente distintos de esta descarga que sigue un camino diferente, en general curvo del uno al otro electrodo; y tienen como propiedad fundamental, el ser desviados de su dirección por un imán, cual lo sería una corriente eléctrica.

Lenard, que los estudió muy á fondo, demostró su naturaleza oscilatoria, y probó que á pesar de producirse solo en los medios gaseosos muy enrarecidos, pueden salir de ellos y propagarse á través de todos los cuerpos: hizo ver que en el aire se manifiestan por fenómenos de fosforescencia; que impresionan la placa fotográfica, que atraviesan todos los cuerpos, sean conductores ó dieléctricos, lo que prueba no son rayos de fuerza eléctrica; y por fin, que los hay de diversas clases, pues se desvían diferentemente por el imán, existiendo algunos que no sufren desviación: esta última observación, confirmada por Wiedemann, demostraba que las descargas eléctricas están acompañadas de un espectro de radiaciones, que difieren, por su longitud de onda y acaso por la forma del movimiento ondulatorio etéreo, de las radiaciones de los manantiales caloríficos y luminosos.

Este era, en pocas palabras, el estado del asunto cuando Roentgen, al repetir y modificar algunas experiencias de Lenard, hizo su brillante descubrimiento.

Había envuelto, un tubo de Lenard, en papel negro bien opaco, para que ni el fulgor verdoso, ni radiación alguna luminosa extraña á los rayos catódicos que quería dejar salir á través de una placa de aluminio, perturbasen la observación, y estando en la oscuridad, observó con extrañeza que unas partículas de platino-cianuro de bario que había cerca, adquirían intensa fluorescencia, que solo podía atribuirse á radiaciones particulares

capaces de atravesar la envolvente opaca del tubo. En este hecho casi insignificante se basó el pedestal de su gloria: pronto observó la diferente opacidad de los cuerpos á esas radiaciones, que modestamente bautizó con el nombre de rayos X, por su marcha en línea recta cual los rayos luminosos y por ser incógnita su naturaleza, y vió con la emoción y asombro de que puede juzgar el que haya repetido la experiencia, que era visible el esqueleto de su mano mediante estos rayos, cual si no existiese la envoltura muscular, cuando la colocaba en la oscuridad entre el tubo productor de la radiación y una pantalla de papel recubierto del platino-cianuro: y por fin, que esta imagen fugaz se hacía indeleble y más perfecta aun, fijándola en la placa fotográfica, al sustituir por ésta la pantalla fluorescente. En cambio, recibiendo directamente en los ojos estos rayos no producen sensación alguna luminosa.

Roentgen halló que hay cierta relación entre la densidad de los cuerpos y su opacidad á los rayos X; son transparentes los poco densos, como la madera, el papel, la carne muscular, el aluminio y la ebonita; y son opacos en diverso grado los huesos, el vidrio, más el cristal y aun más los metales pesados como el platino, el plomo, el oro y la plata.

Además de esta propiedad de atravesar medios que son impenetrables para la luz, estos rayos tienen otras de mayor importancia: no son desviados por el imán, lo que ya les diferencia de los rayos catódicos, y sobre todo ni se reflejan, ni se refractan ni se polarizan, por lo menos en proporción apreciable: por último, ofrecen la particularidad, que comparten con los rayos luminosos ultravioletas, de descargar los cuerpos electrizados.

Constituyen estos caracteres un conjunto tan especialísimo de analogías y divergencias con las demás radiaciones ya conocidas, que no es de extrañar el gran interés que su estudio ha despertado en los físicos, y el número de trabajos, experiencias, teorías y discusiones que por ellos se han motivado en el poco tiempo transcurrido desde su revelación al mundo científico; sería inútil pretender daros cuenta aun somera de todo ello dentro de los límites de este discurso, por lo que me ceñiré á resumir rápidamente el estado actual del asunto.

Es casi del dominio vulgar la manera de producir los rayos Roentgen, y los dos métodos, rádioscópico y radiográfico, que pueden seguirse para utilizarlos en las observaciones: por esto reduciré á muy pocas palabras las indicaciones que haya que hacer acerca de estos puntos.

Para obtener los rayos X se requiere un aparato sencillo, formado por el tubo productor y por el generador de las descar-

gas eléctricas que le ponen en actividad. Este generador eléctrico puede ser una máquina electrostática ordinaria de alta tensión; pero aunque se logran buenos resultados por este medio, generalmente se emplea el carrete de Ruhmkorff accionado por pilas ó acumuladores y provisto de un interruptor rápido regulable á voluntad: es necesario que el carrete pueda dar chispas de diez centímetros por lo menos, si han de conseguirse efectos aceptables.

El tubo productor, que es la pieza capital y del que depende el éxito que se alcance, se ha perfeccionado mucho y en la actualidad se emplean gran variedad de modelos; pero en todos ellos hay los mismos elementos comunes. Son de ordinario un depósito globular, de vidrio que contiene aire ó hidrógeno enrarecidos á un millonésimo de atmósfera, en cuyo interior penetran por lo menos dos finos conductores de platino: uno de ellos, que ha de enlazarse con el electrodo negativo del carrete, termina en una placa cóncava de aluminio, para que los rayos catódicos que emita converjan, cayendo sobre un disco de platino en que termina el anodo, y que por hallarse en el foco del catodo se llama *focus*: de aquí brotan los rayos X que se han de utilizar en el exterior del tubo, y tiene para ello una conveniente inclinación.

Hay que notar que cada tubo exige una potencia del carrete, ó sea una longitud de chispa apropiada, para producir los efectos más favorables; que un exceso de energía de la descarga los deteriora; y por fin hay que tener en cuenta, que á pesar de que el funcionamiento se realice en los términos regulares, los tubos se alteran pronto perdiendo su facultad de producir estas radiaciones, y se hace precisa su restauración.

Dos métodos se siguen para las observaciones con los rayos Roentgen; el rádioscópico y el radiográfico; la rádioscopia, fluoroscopia, criptoscopia etc., consiste en la obtención de las imágenes por los rayos, actuando sobre los cuerpos interpuestos entre el tubo productor y una pantalla fluorescente, que está sencillamente formada, por diversas sustancias reducidas á polvo y fijadas por una materia adhesiva sobre una hoja de cartón ó papel fuerte: las sustancias que dan fluorescencia más viva por estos rayos son: el platino-cianuro de bario, el tungstato cálcico y sobre todo el platino-cianuro potásico.

La radiografía se reduce á hacer actuar los mismos rayos sobre placas fotográficas ordinarias muy sensibles, envueltas en papel negro bien opaco á la luz: colocado encima de esta envolvente el cuerpo que ha de dar la imagen, se expone directamente el conjunto á las radiaciones del tubo, sin cámara ni ob-

jetivo alguno, por tiempo variable según el espesor del objeto y la fuerza del generador. En la primera época de estos estudios la exposición era larga; al presente por el perfeccionamiento de los tubos y por diversos artificios, bastan pocos segundos para obtener, después de revelar y fijar la placa por los procedimientos comunes en fotografía, radiografías vigorosas y de exquisito detalle.

Combinando estos medios se han podido hacer de los rayos Roentgen un gran número de aplicaciones del mayor interés. La Medicina y en especial la Cirugía ha encontrado en ellos un auxiliar utilísimo. En las fracturas de los huesos, en su deformación por diversas afecciones, en la investigación de los cuerpos extraños que han penetrado en el organismo, en particular los de naturaleza metálica, la radioscopia y mejor la radiografía prestan grandes servicios como medios de diagnóstico. Pero no hay que conceder al medio más valor del que tiene realmente, y no debe olvidarse que la imagen que se vé en la pantalla fluoroscópica, ó en la placa fotográfica, es solo la silueta de los objetos que aparecen en ella dibujados, algo como la sombra que sobre una pared proyectan los cuerpos opacos dispuestos ante un foco luminoso; solo por el exámen repetido en distintas posiciones, ó por procedimientos estereoscópicos se precisa su forma y situación: es menester también ponerse en guardia contra las gradaciones de tintas que simulan el modelado de los objetos, cuando solo se deben á la mayor ó menor opacidad y espesor que los rayos han tenido que atravesar.

La ciencia médica ha sacado también partido de estos medios para el estudio normal y viviente de los movimientos de algunos órganos como el corazón, el diafragma, el hígado; para reconocer su posición anormal; diagnosticar algunas afecciones; para investigaciones anatómicas de los vasos, huesos y músculos sin previa disección; en algunos problemas de Medicina legal; y por fin, se han propuesto los rayos Roentgen como agente terapéutico, principalmente por su acción bactericida, que aun se halla en litigio.

Como se vé, la Ciencia médica que fué la primera en hacer aplicaciones de este nuevo agente, ha cosechado abundante fruto, que también han alcanzado otras ramas de la actividad humana; como el Análisis químico, la Arqueología, las artes y la industria; valgan como ejemplo, la investigación por medio de los rayos X de las materias minerales en las sustancias orgánicas, tales como las harinas, el azafrán, la seda, etc.: la comprobación de la autenticidad de las mómias; el reconocimiento del sexo de los capullos de seda; de la estructura de los cables

eléctricos, de las armas de fuego, de las máquinas explosivas; la distinción de las piedras preciosas verdaderas de las falsas, etc., etc.; y no hay duda de que las aplicaciones se extenderán más aun, cuando sea mejor conocida esta nueva forma de energía. En el terreno puramente científico es mayor la importancia de los rayos X; y el primer problema que surge es la averiguación de si se trata de un nuevo agente distinto de los que conocemos, ó si son sencillamente radiaciones, cual las caloríficas, luminosas y eléctricas, diferentes por la rapidez de las vibraciones que las forman.

Roentgen apuntó la idea de que acaso serían vibraciones longitudinales etéreas, nuevas y distintas de todas las admitidas; pero la opinión general de los físicos va orientándose en el sentido de que son radiaciones cual las luminosas, aunque de rapidez de vibración mucho mayor.

La propagación rectilínea de estos rayos, su acción fosforescente y fotográfica, y su insensibilidad á los imanes son caracteres que les asemejan á los luminosos; mientras que la falta de actitud que hasta ahora se ha apreciado para reflejarse, refractarse y polarizarse, y el no afectar á la retina, parece contradecir su naturaleza luminosa. Sin embargo, se conoce la luz extravioleta, estudiada por Stokes, que está formada por vibraciones de longitud de onda muy pequeña, que impresiona á la placa fotográfica y no á la retina, y que nadie duda en considerar como radiación luminosa: verdad es, que estos rayos extravioletas sufren la reflexión, refracción y polarización lo mismo que la luz ordinaria.

Esta particularidad de los rayos Roentgen sería un argumento decisivo contra la hipótesis de que sean una nueva clase de luz, sino existiesen las investigaciones últimas de Helmholtz. Calculando este físico, basándose en la teoría electro-magnética de la luz, cual será la refracción de las radiaciones luminosas muy rápidas, ha hallado que á partir de cierto valor de la rapidez de las ondas, éstas ya no deben refractarse; de lo que resulta, que la ausencia de refracción de los rayos X se justifica, sin más que admitir que son radiaciones luminosas de gran frecuencia de vibración, con lo que están conformes otras experiencias.

Admitido esto, se explica también fácilmente que no haya sido posible polarizarlos: el motivo es que se ha intentado hacer esta polarización empleando los mismos medios que para la luz ordinaria, y su estructura no es bastante fina para los rayos Roentgen cuyas ondulaciones son mucho más cortas y los atraviesan sin modificación.

A estas consideraciones pueden agregarse otras que se desprenden de un descubrimiento poco posterior; el de unas radiaciones que poseen algunas propiedades de la luz ordinaria y otras de los rayos X, y que establecen perfectamente el tránsito entre ambas. Becquerel ha demostrado que ciertas sales de urano emiten después de sufrir la insolación, radiaciones particulares, que cual las de Roentgen, traspasan las hojas de cartón y de aluminio é impresionan así la placa fotográfica: estas radiaciones Becquerel ó *uránicas* se polarizan y refractan, lo que prueba son del mismo orden que la luz ordinaria, y por su poder de penetración en las sustancias opacas á ésta y el de descargar los cuerpos electrizados se aproximan á las de Roentgen; y como ha podido comprobarse que sus oscilaciones son de longitud de onda menor que las de la luz solar que las produce, se tiene un argumento positivo en favor de la naturaleza oscilatoria de gran frecuencia de los rayos Roentgen.

Queda por último que indicar como nota final, que, según todas las probabilidades, hay varias especies de rayos X; prueba de ello es, que los rayos emitidos por los tubos de Crookes tienen diferente poder de penetración según la temperatura y el grado de vacío; así que para unos la carne muscular es tan opaca como el hueso, y para otros aquella es transparente: esta heterogeneidad se ha demostrado también, examinando las propiedades diferentes de los rayos emanados de algunos metales sobre los que se hacen caer las radiaciones de un tubo *focus*.

En ésto, como en casi todo lo que á los rayos Roentgen se refiere, queda mucho que hacer; estamos en los umbrales de una región desconocida, que ha de oponer gran resistencia á ser explorada por la inflexible tenacidad de estos rayos que no podemos vencer con los medios que tenemos en la actualidad; pero su conquista recompensará seguramente los esfuerzos que exija, dado el valor de lo alcanzado en los primeros avances.

Resta solo, como conclusión, examinar qué valor tienen para la Ciencia Física los descubrimientos de Maxwell-Hertz y de Roentgen.

Desde el punto de vista filosófico el conocimiento de las oscilaciones hertzianas constituye una fortísima sanción experimental del principio admirable y fecundo de la unidad de las fuerzas físicas, y viene á reforzar el concepto de que todos los fenómenos del Universo son vibraciones, que solo se diferencian por su rapidez, por su frecuencia, y por la naturaleza de los medios que las sufren y transmiten.

Han venido á probarnos de un modo fehaciente, que nos falta mucho todavía para conocer todas las formas de energía, pues nos han mostrado la existencia de vibraciones que no impresionan á nuestros sentidos, y que por tanto sus efectos se nos escapan. Nos hacen presumir, que gran variedad de fenómenos aun no explicables y cuyas relaciones se nos ocultan, acaso pronto se reduzcan á simples vibraciones que seamos dueños de reproducir y aplicar. Vienen, en fin, á ser los heraldos de la ciencia física del siglo XX, y digno coronamiento de los progresos realizados por éste que termina, este siglo XIX que ha sabido hacer de aquel fluido misterioso que en tiempos de Galvani apenas servía más que para contraer las patas de las ranas, la energía que nos alumbra, nos transporta, lleva nuestra voz y nuestro pensamiento y mueve nuestras máquinas; justificando el título con que el gran Dumas le calificó al resumir los trabajos del Congreso de electricistas de 1881. "El siglo XIX es el siglo de la electricidad."

He llegado al fin de mi trabajo, y permitidme, señores, que al terminarlo, os manifieste algunas de las tristes reflexiones que los hechos que encierra sugieren á mi espíritu. Una vez más se repite la desagradable observación de que entre tantos hombres que han contribuido con su saber y su trabajo á la adquisición de estas nuevas nociones científicas, y á su desarrollo y aplicación para el progreso de la humanidad, no hay un solo compatriota nuestro. Vuelve á comprobarse en este caso con la misma desesperante persistencia que mortifica á nuestro amor propio nacional desde hace varios siglos, nuestra falta de colaboración en la labor científica universal para el desenvolvimiento de las ciencias físico-químicas, base de la riqueza y poderío de las naciones; y deprime el ánimo honda pena, al considerar cuánto no contribuye esta nuestra impotencia científica al decaído nivel en que nos encontramos al finalizar este siglo.

Varios de nuestros mejores pensadores se han ocupado en buscar las causas de nuestro atraso, y en proporcionar los medios de hacernos entrar en el movimiento científico universal, y aun cuando no sea mi intento tratar ahora de estas causas y remedios, creo oportuno para terminar, exponeros algunas apreciaciones de un extranjero, Mr. Paul Melon, que ha estudiado con detenimiento nuestras instituciones de enseñanza. (1)

(1) Paul Melon—L'enseignement supérieur en Espagne, Paris.—1898.

“Sostienen algunos, dice, que por misterio de raza, carece el español de aptitud para la abstracción científica, y que impulsado por su temperamento hacia lo que constituye el sentido práctico de la vida, ha brillado como moralista, jurisconsulto, político y economista; ha sobresalido como literato y artista de un arte y literatura naturalistas; ha descollado en la filosofía por sus estrechas relaciones con la teología, que era el principio viviente de la cultura española; y ha despreciado todo lo demás.” “Pero yo creo que sería más exacto decir, que esto ha sido efecto de las circunstancias y de una enseñanza insuficiente, y que es un error buscar en los misterios de la fisiología la razón de la grandeza intelectual de los pueblos....”

“Lo que falta en España es una organización sistemática completa de sus escuelas, es una visión clara del fin que ha de alcanzar en los tres órdenes de la enseñanza, es la reforma de la segunda enseñanza, es una penetración más profunda en las clases inferiores de una cultura más elevada; es un material más perfeccionado, y laboratorios é instrumentos de trabajo mejor adaptados á las necesidades de nuestra época; y falta, por último, un medio ambiente que, por sus tendencias y aspiraciones, favorezca más las investigaciones desinteresadas.”

“Pero todo esto es fácil de reparar, y como el genio español es capaz de todos los esfuerzos, nada se opone á que España recobre su gloriosa tradición científica. Le basta para ello trabajar....”

Ahí está, en la parte que nos incumbe, el remedio heróico para curarnos de nuestra anulación científica, que trae aparejada nuestra decadencia nacional y social: tomémosle todos como lema de nuestra bandera y nuestra regeneración será posible, y podremos abrigar la esperanza de alcanzar en términos no lejanos un puesto honroso al lado de las demás naciones. No olvidemos que un pueblo que es científicamente infecundo tiene que ser tributario de los demás, que pronto absorben su industria, su comercio y su riqueza, haciendo peligrar su independencia.

Y vosotros, los que formáis la juventud estudiosa, que en la primavera de la vida, tenéis la fuerza y el vigor de los pocos años y los impulsos generosos del alma, aun no acallados por el pesimismo que nace de los amargos desengaños de la vida, trabajad; venid á estas aulas á aprender, á buscar ciencia, saber, conocimientos útiles para el porvenir, no á recabar la sanción artificiosa de los exámenes, que si puede proporcionaros un título profesional, no os dará armas bastantes para la lucha por la existencia, cada día más terrible y encarnizada. Pensad que

una madre es tanto más digna de ser amada, cuanto se la vé más desgraciada, y que la nuestra, España, ha llegado á tal punto en su desgracia, que sin los esfuerzos de todos, sin la unión de todas las energías, se halla en peligro de ser arrebatada al amor de sus hijos.

HE DICHO.