

tico. M. Quet se ha valido para el mismo estudio de un tubo de vidrio horizontal puesto entre los dos brazos del electro-imán, en dirección perpendicular á la línea de los polos. "Se pone, dice, una gota de líquido en el tubo, y su parte media á la derecha ó á la izquierda de la misma línea. Cuando pasa la corriente por el electro-imán, la gota es repelida al tubo, siendo esta repulsión permanente cuando el líquido es magnético; por el contrario, si es diamagnético, experimentará atracción y su parte media se colocará en la línea de los polos. Se ha reconocido por varios métodos que el agua, el alcohol, el éter y la mayor parte de los líquidos orgánicos son diamagnéticos. Ningún cuerpo sólido ó líquido permanece inmóvil cuando el electro-imán es bastante energético, como no sean las mezclas, en proporciones convenientes, de los líquidos magnéticos con los diamagnéticos., La sangre es diamagnética, por más que contenga hierro.

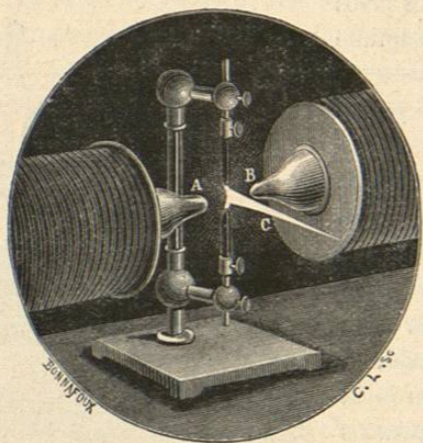


Fig. 221.—Repulsión del arco voltaico

Los gases están sujetos también á la influencia de los imanes. La llama y el humo de una lámpara, los vapores de agua y de alcohol puestos entre los polos del electro-imán, sufren una acción repulsiva. M. Quet ha comprobado la acción repulsiva del imán en el arco voltaico, preparando el experimento como se ve en la figura 221. Los electrodos de carbón entre los cuales brotaba la luz del arco estaban situados entre los extremos A y B de los conos polares del electro-imán. Apenas pasaba la corriente por éste, el arco se alargaba en dirección ecuatorial, tomando la forma de dardo que se nota en la llama de un soplete, siendo su longitud el décuplo de la del arco. Oíase un zumbido y luego una fuerte detonación cuando dicha longitud era tanta que rompía el arco. Más adelante veremos otros efectos interesantes de la acción magnética en las luces eléctricas de varias formas.

El poder paramagnético y diamagnético de los cuerpos varía considerablemente de una substancia á otra. Faraday lo ha estudiado en los metales, habiendo deducido de sus experimentos la siguiente lista que comprende por una parte los metales magnéticos y por otra los diamagnéticos, clasificados por orden de poder decreciente á partir del hierro y del bismuto; los metales cuyo poder magnético ó diamagnético es más débil son los inmediatos al punto neutro ó 0. Pero hay que tener en cuenta que el magnetismo del hierro es mucho más intenso que el del bismuto: la intensidad del polo de un electro-imán de núcleo de hierro es, según Gordon, de 32 á 45 veces la de la fuerza magnetizante, mientras que la de un núcleo de bismuto sólo es su 400,000.<sup>a</sup> parte. Por

consiguiente, el poder magnético del hierro debe de ser de 13 á 18 millones de veces tan grande como el diamagnético del bismuto.

LISTA DE LOS METALES

Magnéticos	Paramagnéticos
Hierro	Bismuto
Níquel	Antimonio
Cobalto	Zinc
Manganeso	Cadmio
Cromo	Sodio
Cerio	Mercurio
Titano	Plomo
Paladio	Plata
Platino	Cobre
Osmio	Oro
	Arsénico
	Uranio
	Rodio
	Iridio
	Tungsteno

0

Edmundo Becquerel ha comprobado que la atracción ejercida por los polos de un electro-imán sobre un centímetro cúbico de oxígeno á la presión normal viene á ser el quinto de la repulsión que experimenta un centímetro cúbico de agua en las mismas condiciones, siendo igual á 0,18 ó 0,187, según que el agua esté al aire libre ó en el vacío. Si se consideran las cantidades de materia, vese que el poder magnético del oxígeno es 126 veces mayor que el diamagnético del agua. El magnetismo del oxígeno, que es el solo gas magnético conocido, se debilita con su densidad cuando, subsistiendo la misma temperatura, la presión tiende á disminuir, debilitándose más aún cuando sube aquélla. El aire es cinco veces más magnético que el oxígeno, de lo cual resulta que debe su magnetismo á este gas contenido en él.

La fuerza magnética del oxígeno hizo sospechar á Faraday que debe intervenir en los fenómenos de magnetismo terrestre. Es interesante conocer las ideas y las investigaciones del ilustre físico inglés acerca de este asunto. He aquí un breve resumen de ellas, tomado de Tyndall. "El oxígeno, dice Faraday, no puede existir en la atmósfera y ejercer en ella tan notable cantidad de fuerza magnética, sin ejercer también una importantísima influencia en la disposición magnética de la Tierra considerada como planeta, sobre todo si se recuerda que las variaciones de su densidad y los cambios de su temperatura modifican sobre manera su estado magnético. Creo ver aquí la causa real de las variaciones de dicha fuerza observadas y que se sigue observando con tanto cuidado en las diferentes partes de la superficie del globo. La variación diurna y la anual deben depender verosímilmente de ella; sucediendo lo propio con un gran número de variaciones irregulares, continuas, que tan maravillosamente se patentizan con los procedimientos de inscripción fotográfica. Si esta esperanza se confirma, si se averigua que la influencia de la atmósfera es capaz de producir semejantes resultados, encontraremos probablemente una nueva relación entre las auroras boreales y el magnetismo terrestre, esto es, una relación más ó menos establecida al través del aire mismo con los espacios superiores. Añadamos que merced al desarrollo futuro de lo que me

atrevo á llamar *magnetismo atmosférico*, podremos hacer ostensibles y mensurables ciertas relaciones y variaciones magnéticas que ni siquiera sospechamos hoy.,

Faraday dedicó al estudio de tan interesante cuestión dos Memorias en las cuales discute los efectos del calor y del frío en el magnetismo del aire, y la acción que debe resultar sobre la aguja imanada de los cambios de temperatura; dicho físico aplica los resultados de sus indagaciones á la explicación de las variaciones anuas, diurnas é irregulares, tal como las han comprobado las prolifas series de observaciones reunidas en los observatorios magnéticos. Posteriormente se han invocado otras causas, y en especial las cósmicas, como la periodicidad de las manchas del Sol; pero no creemos que sean necesariamente exclusivas de la causa aducida por Faraday, pues se puede suponer que el Sol ejerce ante todo su acción magnética en la atmósfera, y en el oxígeno que es una fracción importante de ella.

## VIII

## ACCIÓN DEL MAGNETISMO SOBRE LA LUZ POLARIZADA

Los primeros trabajos de Faraday sobre el diamagnetismo habían tenido por origen un descubrimiento interesante, del que vamos á decir algunas palabras; nos referimos al poder del magnetismo sobre la luz polarizada. He aquí cómo describe aquel físico el experimento que le reveló esta propiedad. Con objeto de perfeccionar la fabricación del vidrio empleado en óptica, había llegado á producir un vidrio pesado y de gran poder refringente (silico-borato de plomo), del cual se sirvió del modo siguiente: "Coloqué un fragmento de esta especie de vidrio, dice, cuyas caras eran planas y tersas, y de unos 26 centímetros cuadrados de superficie por 13 milímetros de grueso, entre los polos de un electro-imán no excitado por la corriente eléctrica, de suerte que el rayo polarizado pudo atravesarlo en su longitud. El vidrio obraba entonces como el aire, el agua ó cualquier otra substancia inactiva; si se ha vuelto previamente el analizador de modo que produzca la extinción del rayo polarizado ó haga invisible la imagen dada por este rayo, la introducción del vidrio no modifica en nada este estado de cosas. Pero si se excita la actividad del electro-imán, enviando la corriente eléctrica á las bobinas, la imagen de la lámpara de donde emana el rayo de luz *se hace al punto visible* y continúa siéndolo mientras dura la acción magnética. Tan luego como por la rotura del circuito la fuerza magnética cesa de obrar, la luz desaparece. Estos fenómenos podían renovarse á beneplácito, en cualquier momento y circunstancia, demostrando así claramente la dependencia de causa á efecto (1)."

Estos experimentos se hicieron extensivos á una porción de cuerpos sólidos mono-refringentes, todos los cuales adquieren el poder rotatorio bajo la influencia del magnetismo, siendo muy poco sensibles los cristales dotados de doble refracción. De esta suerte se agregó un nuevo capítulo tanto á la óptica física como al magnetismo y á la electricidad.

Faraday y otros muchos físicos, entre los cuales mencionaremos á Verdet, han estudiado las leyes del movimiento rotatorio de la luz polarizada bajo la influencia de la

(1) En vez de emplear un electro-imán (que en este caso estaba excitado por cinco pares de Grove, y cada uno de cuyos polos sostenía hasta 26 kilogramos), Faraday repitió este mismo experimento con un buen imán permanente de acero de forma de herradura. Los resultados eran más débiles, pero suficientes para demostrar la identidad de acción de los imanes ordinarios y de los electros-imanos sobre la luz.

acción de los imanes. Si las expusiéramos aquí, traspasaríamos los límites del plan que nos hemos propuesto, por lo cual remitimos al lector deseoso de conocerlas al estudio de las Memorias especiales. Limitémonos, pues, á decir que la dirección en que se ejerce la rotación es, en muchas substancias, la misma que la de las corrientes eléctricas del electro-imán; sin embargo, Verdet ha demostrado que esta dirección es de sentido contrario en los compuestos de hierro, titano, lantano, cerio, y unas veces directa y otras inversa, en los de manganeso. Cuando el rayo luminoso, que se supone que penetra siempre perpendicularmente en el prisma, es paralelo á la línea de los polos, el ángulo de rotación es máximo, siendo tanto menor cuanto más se aparta esta dirección del paralelismo, para llegar á ser nulo en la dirección perpendicular. Esto supone que la intensidad magnética subsiste igual; si varía, el ángulo de rotación varía proporcionalmente, en igualdad de circunstancias.

A nadie le pasará inadvertida la importancia de estos fenómenos. La teoría condujo á Faraday al brillante descubrimiento del poder magnético de los imanes sobre la luz. Por esto creemos deber terminar este artículo reproduciendo el fragmento siguiente de sus deducciones generales, á fin de precisar mejor todo su alcance.

"De este modo quedan establecidas por primera vez, según creo, una relación, una dependencia verdaderamente directas entre la luz y las fuerzas eléctricas y magnéticas; de este modo se agrega un hecho importante á los hechos y á las miras que tienden á demostrar la comunidad de origen y el vínculo de todas las fuerzas naturales. Muy difícil es aún sin duda, dado el estado actual de la ciencia, decir con precisión lo que esperamos. He aseverado que, en virtud de estos experimentos, una de las fuerzas de la Naturaleza resulta directamente enlazada con otras fuerzas; quizás he debido decir que una de las formas del gran poder de la Naturaleza resulta distinta y directamente enlazada con otras formas; ó que este poder, patentizado en fenómenos particulares también, revela una vez más su identidad y se da también á conocer por la relación directa establecida entre su forma luz y sus formas electricidad y magnetismo.,

Día llegará, y tal vez no esté lejano, en que lo que pueda parecer vago y oscuro en estas opiniones del ilustre físico sea tan claro como lo es hoy la equivalencia de la fuerza mecánica y del calor, ó la transformación mutua de estas dos fuerzas.

## CAPITULO IX

## LA INDUCCIÓN

## I

## FENÓMENOS DE INDUCCIÓN POR LAS CORRIENTES

También es el nombre de Faraday el que se presenta unido al origen de los nuevos y notables fenómenos que se conocieron por vez primera hace más de cincuenta años, y que vamos á describir en este capítulo.

Faraday descubrió en el mes de noviembre de 1831 un hecho notable, y es que en el momento en que se introduce en un hilo metálico una corriente eléctrica, nace en un hilo inmediato, paralelo al primero y separado de él por un cuerpo aislador, otra corriente, pero de sentido contrario á la primera. La desviación espontánea de la aguja