

Recurramos de nuevo al aparato que nos ha servido para comprobar los fenómenos de diamagnetismo, y suspendamos entre los dos polos del electro-imán un cubo de cobre (fig. 231), pero retorciendo mucho el hilo de suspensión. Al abandonar al cubo á sí mismo, el hilo se destuerce é imprime al cubo un rápido movimiento de rotación. Si entonces se hace pasar una corriente por el electro-imán, el cubo se detiene bruscamente: si se suprime la imanación en el electro-imán, renuévase el movimiento de rotación del cubo. En el momento de emitir la corriente al electro-imán, se desarrollan corrientes inducidas en el cobre, siendo la reacción del magnetismo ó de las corrientes

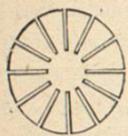


Fig. 230.—Disco de cobre dividido en segmentos.

particulares del electro-imán sobre las inducidas las que ocasionan la detención del cubo. La supresión del magnetismo del imán engendra corrientes inducidas de sentido contrario, que restituyen al cubo su movimiento primitivo de rotación.

Plúcker y Tyndall repitieron este experimento, discurrido por Faraday (1).

Requírese cierto trabajo para vencer la resistencia que opone la influencia de la acción magnética al movimiento del cubo, puesto entre los polos del electro-imán, en el experimento anterior, ó en

otros términos, se puede operar de modo que el movimiento persista á pesar de la influencia del imán. El trabajo consumido de tal suerte da lugar al desarrollo de nuevas corrientes de inducción, y por lo tanto á que se calienten los conductores, según lo ha probado León Foucault haciendo el siguiente experimento.

“Entre los polos de un gran electro-imán, dice, he introducido parcialmente el sólido de revolución perteneciente al aparato rotatorio al cual he dado el nombre de *giroscopio*, y que me sirvió anteriormente para hacer experimentos de muy distinta índole. Este sólido es un toro de bronce (2) unido por un piñón dentado á una rueda motora, y que impelido por un manubrio, puede adquirir una velocidad de 150 á 200 vueltas por segundo. Para hacer más eficaz la acción del imán, hay dos piezas de hierro dulce añadidas á las bobinas, que prolongan los polos magnéticos y los concentran en la inmediación del cuerpo giratorio.

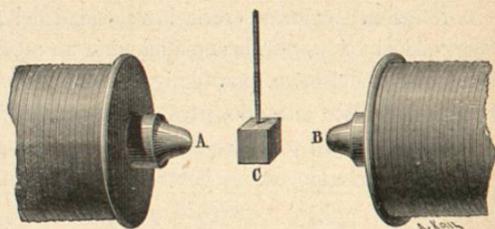


Fig. 231.—Experimento de Faraday y de Plúcker

„Cuando el aparato marcha con toda velocidad, la corriente de seis pares Bunsen dirigida al electro-imán extingue el movimiento en pocos segundos como si se hubiera aplicado al móvil un freno invisible, viniendo así á representar el experimento de Arago, desarrollado por Faraday.

(1) Tyndall compara la resistencia experimentada por el cuerpo metálico entre los polos del electro-imán con la de un medio viscoso. “Aunque la vista no percibe resistencia alguna, dice, si se obliga al cobre á girar en el campo magnético después de la excitación, creeriase que está sumergido en un fluido viscoso. Si se imprime á una pieza plana de este metal un movimiento de vaivén ó de sierra entre los dos polos, la resistencia que experimenta se parece á la que opone una masa de manteca ó de queso al cuchillo que la corta. Esta *frotación virtual* del campo magnético es tan fuerte, que el cobre que recibiera entre los polos una rotación rápida se calentaría probablemente hasta fundirse.” Según veremos, Tyndall lo ha efectuado así.

(2) En la figura 232, que representa el aparato tal como está construido con objeto de reproducir especialmente el experimento antes descrito, el toro está reemplazado por un disco que permite acercarse más aún los polos del electro-imán.

Pero si entonces se da vuelta al manubrio para devolver al aparato el movimiento perdido, la resistencia que se experimenta obliga á invertir cierto trabajo cuyo equivalente reaparece y se acumula efectivamente en calor en el interior del cuerpo giratorio.

„Merced á un termómetro que penetra en la masa, se puede seguir paso á paso la elevación progresiva de la temperatura. Habiendo tomado, por ejemplo, el aparato á la temperatura ambiente de 16 grados centígrados, he visto subir el termómetro sucesivamente á 20, 25, 30 y 34; pero el fenómeno estaba ya bastante desarrollado para no necesitar el empleo de los instrumentos termométricos, notándose en la mano el calor producido.

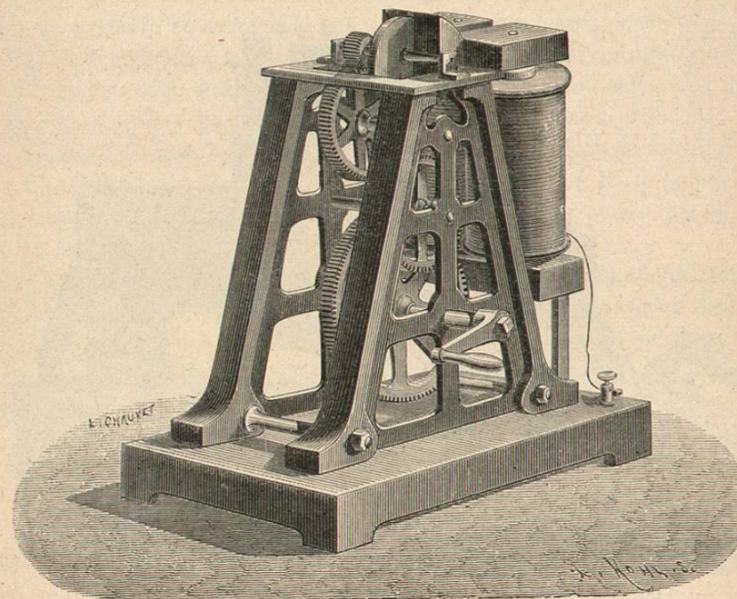


Fig. 232.—Experimento de León Foucault sobre el calor desarrollado por el magnetismo de rotación

„A los pocos días, reducida la pila á dos pares, llegó un disco plano de cobre rojo, en dos minutos de acción, á 60° de temperatura.

„Si el experimento parece digno de interés, será fácil disponer un aparato para reproducir, ampliándolo, el fenómeno de que me ocupo. No es dudoso que, con una máquina convenientemente construida y compuesta tan sólo de imanes permanentes, se llegue á producir de este modo temperaturas elevadas, y á ofrecer al público reunido en las cátedras un curioso ejemplo de transformación del trabajo en calor.”

J. Tyndall ha realizado esta última forma dada al experimento, describiéndola en sus conferencias sobre el calor considerado como modo de movimiento. El sabio profesor de la Royal Institution hacía girar entre los polos de un electro-imán un cilindro metálico sólido cuyo núcleo estaba compuesto de un metal más fusible que el de la envolvente exterior; ésta era de cobre, por ejemplo, y el núcleo de una aleación pura, pero muy fusible. Activado el electro-imán por el paso de la corriente, el núcleo quedaba fundido á los dos minutos, y Tyndall podía derramar el metal licuado en presencia de los espectadores.

## IV

## INDUCCIÓN PERIPOLAR

Con objeto de resolver algunas dificultades y de aclarar varios puntos oscuros de la ley de Lenz aplicada á las corrientes inducidas del magnetismo de rotación, Le Roux ha construido un aparato y efectuado un experimento interesante, cuya descripción tomamos del mismo autor.

“He aquí la disposición de mi aparato (fig. 233), dice, el cual ha sido construido por

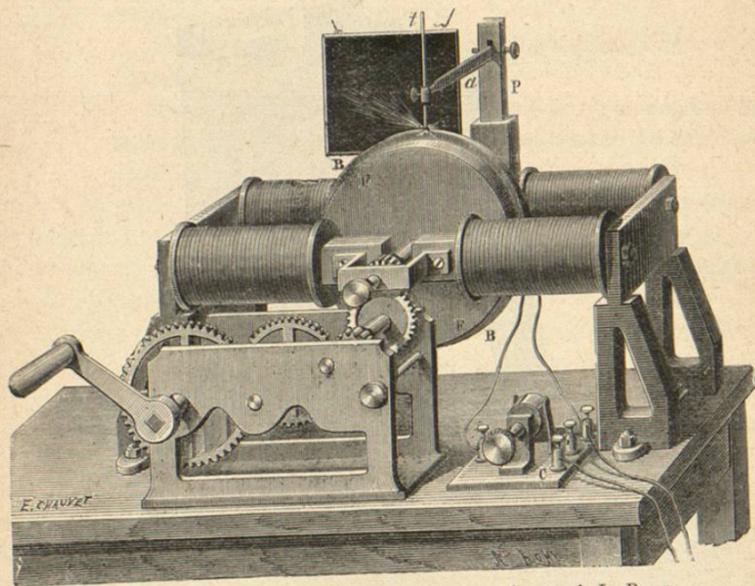


Fig. 233. —Inducción peripolar. Aparato y experimento de Le Roux

M. Ruhmkorff con su habilidad notoria; un disco de cobre rojo B, de 15 centímetros de diámetro y de unos 2 milímetros de espesor, recibe de un sistema de engranajes un movimiento de rotación de 180 vueltas cuando más por segundo. Este disco se mueve entre dos masas circulares de hierro dulce FF, que están todo lo posible inmediatas á él y con el cual son concéntricas: ambas masas están sostenidas en una especie de bastidor rectangular de hierro dulce, ocupando interiormente la parte media de sus lados mayores; cuatro carretes electro-dinámicos rodean las partes de estos bastidores contiguas á las referidas masas, de modo que éstas adquieren polaridades contrarias. Todo está dispuesto con la simetría más perfecta para que la línea de los centros de figura de estas masas se pueda considerar como si contuviera sus polos. Arreglado todo de esta suerte, se imana el aparato, dirigiéndole la corriente de cierto número de elementos de Bunsen.

„Si se aplica á semejante sistema la ley de Lenz, fácilmente se ve que deben nacer en el disco fuerzas electro-motrices, todas las cuales son radiales, y por lo tanto no habrá producción de corriente sino cuando se haga comunicar la circunferencia del disco con su parte central por medio de frotadores convenientemente situados.”

Y así sucede en efecto. Si no se ha establecido la comunicación de que acabamos de hablar, la rotación del disco es tan fácil como si la corriente no pasara. No se experimenta la resistencia que hemos indicado en los experimentos de Foucault, ni el calentamiento del disco que es su consecuencia. Entonces no hay, por intensa que sea la imanación, otro gasto de fuerza sino el que ocasionan los roces. Pero si se ponen en relación el centro y la circunferencia con una varilla metálica  $t$  que descansa en la circunferencia del disco y que está dirigida por un brazo horizontal  $a$  (fijado en una columna P que comunica á su vez con el eje del disco), las cosas pasan de otro modo. Al punto se nota la existencia de una corriente inducida, la cual se conoce por las chispas que brotan de continuo. “El sentido de esta corriente concuerda con la ley de Lenz, dice Le Roux; cambia con el movimiento de rotación y también con la imanación. Por el método de oposición he averiguado que la fuerza electro-motriz puede llegar, según la velocidad de la rotación y la intensidad de la imanación, hasta cerca de tres veces la fuerza del elemento zinc amalgamado—sulfato de zinc, cadmio—sulfato de cadmio. Vese, pues, que aquí hay desarrollo de electricidad, la cual no puede atribuirse á causas accidentales, siendo comparable á la que producen las máquinas magneto-eléctricas basadas en las variaciones de la distancia á un polo magnético ó en las de su intensidad. Hay que notar, en efecto, que el circuito inducido es muy corto, puesto que se reduce al radio del disco.”

Así pues, no es dudoso que el movimiento de un cuerpo que gira alrededor de un eje que pasa por un polo de imán induzca fuerzas electro-motrices radiales. Para caracterizar esta clase de fenómenos, este sistema de inducción, en que los diferentes puntos del cuerpo inducido quedan á la misma distancia del polo inductor, M. Le Roux la ha llamado *inducción peripolar*.

## CAPÍTULO X

## LAS MÁQUINAS DE INDUCCIÓN

## I

## MÁQUINAS DE INDUCCIÓN ELECTRO-VOLTAICAS

El descubrimiento de los fenómenos de inducción motivó el que se concibiera en seguida la idea de construir aparatos ó máquinas adecuadas para recoger las corrientes inducidas por la acción recíproca de las corrientes y de los imanes ó de los electro-imanés, y obtener por consiguiente todos los efectos mecánicos, físicos ó fisiológicos de las pilas ó de los condensadores eléctricos. Y en efecto, un constructor de instrumentos de física llamado Pixii inventó en 1832 la máquina que lleva su nombre, á la cual siguieron en breve los inventos de otros muchos aparatos basados en el mismo principio.

Las máquinas de inducción usadas hoy, y de las cuales describiremos las más notables, pueden dividirse en tres clases principales, según como se produzca en ellas la electricidad. En la primera clase, una acción electro-química, es decir, la corriente de una pila es la que induce su propio circuito ó bien uno inmediato; puede darse á estas máquinas el nombre de *electro-voltaicas* ó también el de *reoelectricas*, según lo propuso Le Roux. El carrete de Ruhmkorff es el tipo de los aparatos de este género. A la