

# NATURALEZA

## CIENCIA É INDUSTRIA

DIRECTOR: D. JOSE CASAS BARBOSA

REDACTOR JEFE: D. RICARDO BECERRO DE BENGOA

3.<sup>a</sup> ÉPOCA-AÑO XXVII

25 DE OCTUBRE DE 1891

NÚM. 8

SUMARIO: *Quincena científica*, por R. Becerro de Bengoa.—*El gravígrafo*, por Eduardo Mier.—*Acerca del transporte de la fuerza por la electricidad*, por M. Gisbert Kapp.—*Caracteres de la física moderna*, por el Dr. Ernesto Naville, traducción de Rafael Alvarez Sereix.—*Las puntas de los pararrayos*, por José Muñoz del Castillo.—*La dinamo unipolar de Tesla*, por J. C. B.—*Varietades*.—*Bibliografía*.—*Necrología*.—*Notas industriales*.—*Crónica*.—*Noticias*.—*Recreación científica: Las mariposas voladoras*.

### QUINCENA CIENTIFICA.

Obras del Canal del Báltico al mar del Norte.—Cómo se protege á la ciencia en el extranjero: estaciones biológicas de Bergen, Banyuls y Tamaris; criaderos y parques zoológicos de Amak, Farollones, Boston y Rock Cruock.—La fabricación del cloruro de potasio en Alemania y en Francia.

Sin ruido, ni arrogancias de ningún género, prosigue Alemania en estos momentos la colosal obra de hacer de los mares del Norte y Báltico un solo mar para sus escuadras, de emanciparse del yugo del paso del Kattegat, de librarse de las contingencias de una oposición ruso-danesa que pudiera obstruir sus planes marítimos y de asegurar para su comercio y para el tesoro imperial grandes ganancias. Todas estas ventajas, además del acortamiento del recorrido para los viajes de sus buques de guerra y mercantes, se obtendrán con la apertura del Canal entre ambos mares, cuyas obras adelantan considerablemente.

Empieza en el Báltico, en el golfo de Kiel, defendido por las fortalezas que circundan á esta plaza, entre los pueblos de Dursternkrok y Friederiksort, dirigiéndose hacia la cuenca del río Eider por entre

los lagos de Rendsburg, donde se construye una esclusa para equilibrar el cauce del Canal con el de la parte inferior del río. En Schulp, sobre el río y hacia la mitad próximamente del recorrido del Canal, se garantiza el curso natural de éste con un gran dique, para evitar los efectos de las inundaciones. También cerca de este punto se construye el gran puente de Grunenthal, por el que pasará la línea férrea de Altona á Dinamarca, y cuyos carriles estarán á una altura de 42 metros sobre el nivel de las aguas. El Canal atraviesa terrenos muy pantanosos, y dirigiéndose al Sur, va á buscar el puerto de Brunsbuttel en la orilla derecha del Elba, 40 millas más abajo de Hamburgo y frente á la desembocadura del gran río. La longitud de la obra es de 98 kilómetros, con 200 metros de anchura en la superficie, 25 en el fondo, 8,50 de profundidad y 6 estaciones intermedias. Trabajan actualmente en ella 6.000 operarios, con 2.800 vagones, 96 locomotoras, 15 remolcadores, 70 pontones y 54 dragas, y estará concluída dentro de tres años. Seguramente no se aprovecharán nunca de ella las marinas de guerra rusa y sueca; pero para los importantes puertos del litoral prusiano, como Memel, Königsberg, Danzig, Stettin, Rugen y Stralsund, la travesía se disminuye en más de 300 mi-

llas. Para las relaciones del comercio inglés y francés con Rusia y Escandinavia las ventajas son también considerables, aunque los alemanes hagan pagar bien la travesía.

Mientras los marinos acortan las distancias del mar, los naturalistas estudian la vida de sus profundidades. En Bergen (Noruega) se va á abrir un gran laboratorio de biología y zoología, ideado por el profesor Brunchorts y costado, con gran entusiasmo, por el vecindario de aquella capital. La región y la fauna marina, muy rica é interesante en aquellas latitudes, han de prestar grandes servicios á la ciencia. La dirección de este verdadero Museo septentrional ha acordado que sus salas de trabajo se abran á cuantos sabios extranjeros deseen acudir á estudiar la vida de los seres que pueblan aquellas costas. La estación zoológica de Banyuls-sur-Mer, en Francia, ha recibido del príncipe Orlando Bonaparte un donativo de 35.000 francos, para que se pueda adquirir un buque de vapor de pesca y sondaje que ayudará poderosamente á completar las prácticas experimentales. En Tamaris (Var), sobre la costa del Mediterráneo, se han empezado las obras para la instalación de otro nuevo laboratorio de biología y fisiología, por acuerdo de la Facultad de Ciencias de Lyon, y gracias á los donativos de su ilustre protector *Michel Pachá*, cuyo nombre llevará este centro de estudios y por cuya generosidad contará con la colección más completa de aparatos científicos que hoy se emplean en estas observaciones, hasta el punto de que llegue á tener la misma importancia que las afamadas estaciones de Roscoff y de Banyuls. En Boston la Asociación de profesores *Boston Society of natural History*, se ha dirigido al público amigo de las ciencias naturales para que reúna un millón de pesetas que necesita para la instalación de un acuario y jardín zoológico, en la seguridad de obtener muy pronto dicha suma, como obtienen otras semejantes y mucho mayores todas las universidades y centros de instrucción de aquel país en cuanto se dirigen á la opinión para que les ayude.

Para que no se acaben las focas y las morsas, que están á punto de desaparecer por la carnicería que hace en ellas el espíritu explotador del comercio, como ha concluído radicalmente con el elefante de mar (*Macrorhinus ursinus*), el Gobierno de los Estados Unidos, accediendo á las indicaciones de M. Langley, secretario de la *Smithsonian Institution*, va á establecer dos centros de refugio, reserva ó recría de dichos mamíferos: uno en las islas de Amak, á los 55°, no lejos del límite de Alaska, y otro en las islas

Farollones, en latitud más baja y próxima. Además, el Congreso de los Estados Unidos ha concedido un millón de pesetas á dicha institución smithsoniana, para que instale en Rock Cruock, cerca de Brightwood (Colombia), un Parque zoológico nacional, para cuyo sostenimiento abonará el Congreso 190.000 pesetas anuales.

La lucha (científica útil) entre Francia y Alemania continúa cada vez más encendida. Los franceses extraían de las aguas del mar, por un procedimiento relativamente antiguo, gran cantidad de cloruro de potasio; pero habiendo descubierto los alemanes en su tierra, en Stassfurt, grandes yacimientos de *carnalita* (cloruro doble de potasio y sodio), dieron al traste con la industria natural francesa. La fabricación de las sales de potasa en Francia, murió ó poco menos; pero algunos químicos, fijos en la idea de la revancha, volvieron á las orillas del mar y se dedicaron con entusiasmo y con talento á encontrar un medio económico que permitiera utilizar la riqueza que en esas sales ofrecen las aguas. Abandonado el antiguo procedimiento de la concentración natural ó espontánea de éstas en capacidades determinadas, se ha visto, después de muchas experiencias, que es mucho más económica y eficaz la concentración artificial por medio de hornos, seguida de una serie de decantaciones y lavados. M. Lambert, siguiendo las prácticas realizadas en este sentido por MM. Merle y Péchiney, obtiene excelentes resultados recogiendo el 75 por 100 del cloruro de potasio contenido en el agua, y proponiéndose llegar á recoger hasta el 90. Según V. Pfeiffer, director de las minas de Stassfurt, la obtención de cada 100 kilogramos de esa sal cuesta de 12 á 13 francos. Pues bien: Lambert vende, aun con el rendimiento limitado del 75 por 100, esa misma cantidad de cloruro á 10,50 francos. Estas noticias han animado mucho á los industriales franceses de las costas á emprender la explotación de las sales en grande escala.

R. BECERRO DE BENGUA.

---

## EL GRAVÍGRAFO.

---

### I.

La importancia científica que universalmente se concede al estudio experimental de la gravedad, queda de sobra demostrada con recordar que las obser-

vaciones directas del valor de esa fuerza constituyen uno de los puntos esenciales del *Programa de la Asociación geodésica internacional*, al que los Gobiernos de las distintas naciones asociadas, entre las cuales se cuenta España, han dedicado preferente atención y no despreciables recursos pecuniarios.

La *Asociación geodésica internacional* eligió el péndulo como instrumento de observación para el estudio de la gravedad; y desde que Plantamour, en 1864, efectuó en Suiza los primeros trabajos para la determinación experimental de la intensidad de aquella fuerza, hasta la fecha, se han hecho gran número de estaciones de péndulo, entre las que hemos de mencionar las dos de Madrid, en las que el sabio geodesta Sr. Barraquer, Coronel de ingenieros retirado, demostró una vez más sus profundos conocimientos y excepcionales dotes de observador concienzudo.

La determinación de la gravedad por medio del péndulo no es tarea sencilla, sino larga, complicada y, por lo tanto, muy costosa, habiendo necesidad de tener presente al verificarla multitud de datos y de practicar escrupulosas y múltiples observaciones que ocasionan enojosísimos é interminables cálculos, los cuales producen como resultado final el valor de la longitud absoluta del péndulo matemático de segundos, oscilando en el vacío, del que inmediatamente se deduce lo que vale la incógnita buscada.

Como prueba de la verdad de cuanto afirmamos, baste decir que son tantas las circunstancias que en las observaciones del péndulo han de tenerse en cuenta, que sabios muy insignes las efectuaron desde el año 1864 al 1876, bajo la hipótesis falsa de que en el aparato de inversión de Repsold era inmóvil el sostén del péndulo oscilante, y que después, como el Coronel Barraquer ha hecho en España, hubo de tenerse presente ese fenómeno del balance del sostén, para considerar suficientemente precisos los resultados encontrados.

Con echar la vista sobre el tomo VIII de las *Memorias del Instituto geográfico y estadístico*, puede cualquiera formarse idea de la suma de conocimientos que es necesario poseer y de la inmensa labor que exige la determinación de la intensidad de la gravedad por medio del péndulo. Nada menos que 481 páginas en 8.º mayor, á pesar de estar escritas con extremada sobriedad, ocupa la descripción de los aparatos é instrumentos empleados y la anotación y cálculo de las delicadas observaciones efectuadas para averiguar cuál es la intensidad de la gravedad en el Observatorio astronómico de Madrid, con arreglo al siguiente programa, que copiamos para afirmar aún más cuanto llevamos dicho:

## OPERACIONES EN SERIES.

(Para obtener á las temperaturas de observación)

A.—La distancia entre los filos de los cuchillos, en partes de la longitud de la regla colocada verticalmente en el aparato;

B.—La duración de la oscilación isócrona, en las suspensiones recíprocas, contadas en tiempo cronográfico, y abstracción hecha de la influencia del balance del sostén; y

C.—La situación del centro de gravedad del péndulo respecto de los filos de los cuchillos.

## OPERACIONES COMPLEMENTARIAS.

(Referentes á)

D.—Las constantes termométricas;

E.—El acortamiento de la regla por su propio peso;

F.—La longitud absoluta de la regla;

G.—La marcha del reloj eléctrico, es decir, la valoración absoluta del tiempo cronográfico;

H.—El movimiento oscilatorio del sostén, sincrónico con el del péndulo; y, finalmente,

I.—La deformación de los filos de los cuchillos por el peso del péndulo.

Conocidos son los notabilísimos trabajos que posteriormente ha ejecutado el Comandante Defforges, estudiando directamente el movimiento del péndulo en el vacío y determinando, con instrumentos modificados y en pocos días de observación, cuál es la intensidad relativa de la gravedad; pero aparte de que aún no hemos visto publicados, con el necesario detalle, los resultados de la comparación entre las medidas de las intensidades absoluta y relativa de la gravedad, hechas simultáneamente en Argel, Marsella y París; aun cuando la circunstancia de proseguirse en otros puntos las medidas de esta última clase, hablen en favor de la requerida concordancia, no por eso dejará de ser la determinación de la gravedad por medio del péndulo, por mucho que se simplifique, una operación muy delicada, que exige condiciones especiales y difíciles de poseer en los observadores y que lleva consigo grandes gastos de dinero y tiempo.

Por otra parte, en el mayor número de las aplicaciones que el valor de la intensidad de la gravedad,  $g$ , pueda tener, no es imprescindible una extrema precisión, sin exceptuar de aquéllas alguna puramente científica, tal como la determinación de las cotas dinámicas de la superficie terrestre.

Precisamente por estar dedicados al servicio de nivelaciones de precisión en España, y ante la imposibilidad de calcular en corto plazo las cotas dinámicas de la red altimétrica española, sin otro dato que el valor de  $g$  en Madrid, pensamos en la conveniencia de idear un aparato portátil, suficientemente preciso, fácil de manejar y que exigiera cálculos no muy largos y complicados para dar el valor de la gravedad; aparato de tan evidente necesidad, que repetidamente se señala su falta en la excelente obra *Nivellement de haute précision*, por su autor M. Lallemand, que es autoridad indiscutible en esta suerte de conocimientos.

Nos permitimos creer que el aparato que á continuación describiremos llena ese vacío, señalado por M. Lallemand y sentido por nosotros; y á llenarlo aspiramos no más, dándonos por satisfechos con que rápidamente pudieran coleccionarse con su ayuda suficientes datos acerca del valor de  $g$  en la Península española, sin pretender por esto destronar al péndulo en los estudios de que venimos hablando, y que á su observación han estado exclusivamente encomendados.

Teóricamente al menos, el gravígrafo, nombre que hemos dado al aparato en cuestión, parece responder á las exigencias que la teoría dinámica ha de tener con los valores que de  $g$  produzca; y si á proponer su uso nos hemos atrevido, más que á resolución propia débese al benévolo parecer de personas competentísimas, á cuyo superior juicio y mayor ilustración le hemos sometido.

Sin embargo, por experiencia adquirida, aunque no larga ni de importancia, no desconocemos la inmensa distancia que las ideas tienen entre lo que son y la forma material que es posible darles; y hasta que se construya un aparato y se haya estudiado prácticamente repetidas veces, analizando con el mayor escrúpulo sus resultados, no nos atreveremos á afirmar si cumple ó no el gravígrafo con el fin para que ha sido creado.

Partidarios decididos como somos de reemplazar en las observaciones de precisión, siempre que posible sea, la vista humana por la cámara fotográfica, nos hemos inclinado desde luego al empleo de ésta en la determinación de la gravedad.

Más cercanos á la perfección los ojos humanos que la cámara fotográfica, como obra de Dios al fin, se acomodan rápidamente á todas las distancias; tienen extensísimo campo, gran movilidad; distinguen entre sí los diversos colores; desempeñan sus funciones, sea mucha ó poca la luz que los objetos reflejan; pero la perfecta imagen que se dibuja en la retina,

que viene á ser la placa sensible del ojo humano, necesita mayor espacio de tiempo y aprecia menos todos los detalles que la placa fotográfica.

En menos de una diezmilésima de segundo de exposición, con luz conveniente, pueden obtenerse buenas imágenes fotográficas, en las que fácilmente se observan multitud de detalles que hubieran escapado á la simple vista en un examen de duración cien mil veces mayor, en el que se hubiera tratado de ir fijando en el pensamiento la imagen dibujada en la retina por los rayos luminosos; y esa mayor instantaneidad de la placa sensible permite á la fotografía disociar las distintas fases del movimiento de un cuerpo, que nuestra vista sólo puede apreciar vagamente en su conjunto.

Se arroja una esfera brillante por el aire, y aunque se mueva ante un fondo negro, conservamos no más que una idea vaga del camino que ha recorrido; vemos vibrar una varilla, y apreciamos sólo aproximadamente su oscilatorio movimiento; observamos el vuelo de un pájaro, la carrera de un caballo, la explosión de un torpedo, el disparo de un proyectil ó los movimientos rápidamente ejecutados por el hombre: saltando, tirándose á fondo al esgrimir las armas, y sólo conserva la imaginación vaga idea de las diversas situaciones que ocupan esos objetos en el espacio; y así pudiéramos multiplicar indefinidamente los ejemplos, puesto que la vista humana exige una velocidad casi nula para permitirnos formar exacta idea de una de las infinitas posiciones sucesivas que constituyen el movimiento.

Por el contrario, si la fotografía observa todos esos fenómenos: marca exactamente el camino recorrido por la esfera brillante ante el fondo negro (1), dejando perfectamente señalada la parábola encorvada hacia la tierra que describe; dibuja exactamente diversas posiciones de la varilla vibrante, que determinan los vientres y nudos (2); indica la caprichosa curva que en el espacio rápidamente señala la extremidad del ala de un pájaro (3), ó disocia los movimientos de éste, obteniendo 26 imágenes distintas, en medio segundo, con un tiempo de exposición de  $\frac{1''}{8000}$  (4); da idea acabada de la inmensa montaña de agua, de caprichosas formas, que la explosión de un torpedo levanta (5); reproduce las distintas actitudes que el cuerpo del caballo toma á los diversos

(1) Marey, *Le vol des oiseaux*, pág. 142, fig. 73.

(2) Idem, pág. 143, fig. 74.

(3) Idem, pág. 140, fig. 72.

(4) Idem, lám. I.

(5) Londe, *La fotografía moderna*, pág. 200, fig. 45.

aires (1); sorprende á un proyectil en un instante de su marcha y le fotografía cual si estuviese parado; y, finalmente, permite formar acabada idea de las variadas actitudes que el cuerpo humano adopta al ejecutar sus más rápidos movimientos.

No solamente la placa fotográfica necesita menos tiempo que la vista humana para fijar las imágenes de los objetos y apreciar mejor los detalles, sino que también descubre algunos de éstos que son invisibles para aquélla, aun auxiliada de los mejores anteojos. Así lo acreditan, por ejemplo, los trabajos de Janson, poniendo de manifiesto la fotoesfera solar y las granulaciones que ésta tiene; así lo prueban también las múltiples fotografías que del sol y de la luna se han sacado, la demostración que con ellas se ha adquirido de que el astro que nos alumbra tiene una intensidad luminosa decreciente desde su centro á la circunferencia; y en otro orden de ideas menos elevado, pero de efectos más evidentes, las infinitas falsificaciones, hábilmente hechas, imposibles de descubrir á no ser por los recursos que la ampliación fotográfica ofrece.

Por otra parte, el registrar las observaciones por medio de la fotografía tiene todas las ventajas de los métodos gráficos ordinarios, sin el inconveniente de la poca precisión que éstos presentan, y que no puede separarse de los medios mecánicos con que se inscriben las líneas que pintan los fenómenos observados. El papel, lleno de granulaciones más ó menos perceptibles, en el que la punta del lápiz ó de la pluma traza las curvas que han de estudiarse, queda reemplazado en los métodos fotográficos por la compacta y tersa película de gelatina sensibilizada que está adherida á la placa, y sobre ésta dibujan los rayos luminosos, con una extremada delicadeza, sin entorpecer ni modificar para nada sus movimientos, las líneas cuyo atento examen ha de dar la clave del fenómeno observado.

No hay, ni puede haber, lápiz ni pluma que llegue á sustituir en rapidez, en fidelidad y en finura de líneas producidas al rayo luminoso, que la fotografía usa para dibujar, sin necesitar para nada los mecanismos intermedios, grandes fuentes de error, que los demás procedimientos exigen para relacionar los movimientos de la punta escritora con los del objeto observado, aun sin tener en cuenta que algunos de estos movimientos no pueden registrarse automáticamente más que por la fotografía, dada su especial naturaleza.

La finura con que los rayos luminosos dibujan en la placa sensible, asunto de preferente importancia, sobre todo cuando el cruce de líneas ha de proporcionar elementos de cálculo, llega á un extremo realmente maravilloso, acerca del cual, que sepamos al menos, no se han hecho los necesarios estudios.

Queriendo tener una idea aproximada del límite á que llegan en su mínimo grueso las líneas fotográficas, hicimos ejecutar un dibujo de varias líneas paralelas, suficientemente espaciadas, todas de la misma longitud, pero de desigual grueso, que gradualmente iba disminuyendo desde un centímetro hasta el que correspondía á la línea más fina que un buen tiralíneas pudo trazar. En la prueba negativa é instantánea, en escala de  $\frac{1}{10}$ , que de ese dibujo se sacó, se apreciaban perfectamente todas las líneas, desde la más gruesa, reducida al ancho de un milímetro, hasta la más fina, cuyo grueso, teniendo en cuenta la reducción de la escala, era próximamente de una centésima de milímetro.

Se obtuvieron varias pruebas positivas con esa placa, y en todas ellas podía observarse á la simple vista esa finísima línea de  $\frac{1}{100}$  de milímetro. Se puso la placa en un aparato de ampliación, de luz de petróleo, no en muy buenas condiciones, y á pesar de esto se veía claramente la raya clara dibujada sobre fondo negro en la proyección, diez veces mayor que el natural, hecha sobre una pantalla opaca; y aunque, por razones que no son del caso, no pudimos continuar nuestras experiencias ni perfeccionarlas, basta con ellas para poder asegurar que con la fotografía se pueden trazar líneas mucho más finas que de cualquier otro modo.

Para terminar esta digresión, que hemos considerado necesaria para justificar que al recurrir á un método fotográfico para determinar la intensidad de la gravedad, no nos hemos dejado guiar por inconsciente capricho, y sí por la reflexión y el convencimiento, haremos resaltar otra ventaja de aquel método, que consiste en la facilidad con que se amplían los elementos de observación.

Hablando de un modo general, cuantos datos toma el hombre en sus observaciones se refieren al estudio de posiciones relativas: unas veces observa la situación de un menisco barométrico ó termométrico, respecto á las rayas de una escala; otras la proyección de los hilos de un retículo sobre las líneas de división de una mira, ó parte de la supuesta coincidencia de una raya de un limbo con determinada otra de un nonio, al medir especies angulares, ó

(1) Londe, *La fotografía moderna*, pág. 256, figura 73, y Marey, ob. cit., pág. 130, fig. 67.

crea que una señal heliotrópica está dentro de los hilos del retículo, ó bien al hacer una observación astronómica marca el instante preciso del paso de una estrella por cada uno de éstos, etc., etc.: siempre se procede determinando situaciones relativas, que quedarán más claras y más seguramente definidas, sin miedo á equivocaciones ni al estado nervioso del operador, por medio de la fotografía que por la observación directa.

Además, las pruebas fotográficas, por su ampliación, desvanecen errores que dependen de la imperfección de la vista. Ésta puede hacer creer, por ejemplo, que coinciden dos rayas, ó que una estrella está confundiendo uno de sus diámetros con el hilo del retículo, y la misma creencia se tendría si se obtuviera una prueba fotográfica en escala natural de la supuesta coincidencia y á la simple vista se observará; pero ampliése esta prueba, proyéctese con un buen aparato solar, y las rayas, que parecían coincidir, quizás estén enormemente separadas, y la estrella, que parecía quedar oculta detrás del hilo ó dividida en dos partes iguales por éste, tal vez resulte alejadísima de él, señalando la fotografía un error imposible de descubrir sin su ayuda, y que ella no hubiese cometido seguramente, si hubiese estado encargada de decir cuáles eran las rayas coincidentes, ó en qué instante cortaba la trayectoria de la estrella á la imagen del hilo del retículo.

Cierto es que al lado de tanta ventaja existen algunos inconvenientes; pero los mayores no tienen importancia en la generalidad de las observaciones de gran precisión, por la especial índole de éstas; y aunque apenas hemos esbozado este importante asunto de las aplicaciones de la fotografía, ya que más adelante hemos de decir algo acerca del método fono-fotográfico para la medición del tiempo, describiremos brevemente el aparato que motiva este escrito.

EDUARDO MIER,  
Capitán de Ingenieros.

## ACERCA DEL TRANSPORTE DE LA FUERZA

POR LA ELECTRICIDAD (1)

por M. Gisbert Kapp.

### II.

La economía del sistema resultará, como es natural, tanto mayor cuanto menos energía absorba el

(1) Véase NATURALEZA, CIENCIA É INDUSTRIA, número 4.

transporte; se puede llamar rendimiento de la transmisión la relación que exista entre la energía comunicada al motor y la que éste absorbería si estuviese situado en la misma estación, ó en otros términos, si la distancia fuese cero. Fijemos, por ejemplo, una cantidad de 1.000 caballos-hora que se pudiera obtener de la batería, descargándola inmediatamente. Si la energía consumida en el viaje de ida fuera de 50 caballos, no podríamos disponer en la fábrica más que de 900 caballos hora, lo que supone un rendimiento de 90 por 100 para el sistema de transmisión. Si se doblara la distancia entre el salto y la fábrica, dicho rendimiento se reduciría á 80 por 100; y si la distancia fuera triple, dicho rendimiento quedaría reducido á 70 por 100, y así sucesivamente.

Como es natural, el rendimiento depende de la clase de camino por el que se efectúa el transporte: será pequeño verificándolo por carretera ordinaria; mayor por tranvía; mucho mayor por ferrocarril, y aun superior á éste si se utiliza un canal. En cada caso puede expresarse el valor del sistema, en lo que concierne á la economía de energía, de dos modos distintos: 1.º, cuando la distancia esté fijada, puede expresarse el rendimiento que se logrará en tanto por ciento; y 2.º, puede señalarse de antemano el rendimiento y calcular la distancia á la que este rendimiento se obtendrá en cada caso particular. Por ser la más adecuada para efectuar la comparación con las otras maneras de transmitir la energía, adoptaré esta última forma de cálculo, sea cual fuere el procedimiento que supongamos para realizar el transporte.

Ante todo, veamos el caso en que la transmisión se efectúa sin valerse de los acumuladores. Los dos métodos únicos que hemos indicado consisten en el transporte de grano y el de carbón, combinados respectivamente con un aparato adecuado para poder convertir la energía acumulada en energía actual. En el primer caso, es decir, en el del grano, el punto de partida de la línea le situaremos en el campo mismo en que el grano se recolecta, en cuyo punto se cargará el grano en carros y se transportará á la fábrica en donde se necesita energía.

Como no es nuestro objeto ocuparnos de fuerza animal, hay que suponer que el transporte se verifica por caballerías, y que la transformación se opera de una manera análoga. Es innecesario que digamos que hoy día se encontraría con dificultad un fabricante que pensara utilizar este medio primitivo, toda vez que el carbón aún abunda, y que al fin el motor á vapor resulta ser, comparado con las caballerías, un instrumento mucho más cómodo y barato

á igualdad de fuerza. Esto tiene una excepción: el caso en que la energía haya de producirse en pequeñas cantidades y en aplicaciones especiales, en el cual el caballo producirá mejor y con más baratura que la máquina de vapor la fuerza que se necesita.

Sería, en efecto, absurdo mover una fábrica de hilados de algodón con caballos, y no lo es, antes bien es perfectamente natural y adecuado, emplear en una granja, para las operaciones agrícolas que le son propias, la energía acumulada en forma de grano.

La transmisión de la fuerza almacenada en forma de carbón tiene analogía con la anterior: el carbón puede cargarse en la mina en vagones, y por medio de una locomotora transportarlo al punto en que hay que emplear la energía que contiene. Una parte del carbón se consume en el transporte; sólo el que queda puede destinarse á la producción de la energía, por lo cual, si se requieren 10 toneladas para efectuar aquél siendo 100 las cargadas, el rendimiento de la transmisión será de 90 por 100.

He dicho que la distancia y la clase de caminos entran por mucho en la elección propia de los tres agentes de transporte que venimos examinando: el acumulador, el grano y el carbón.

Podríamos hacer aplicaciones á multitud de casos diferentes; mas como nos basta una comparación general entre los distintos sistemas mejor que cifras exactas, supondremos tres especies de caminos: una carretera, un tranvía y un ferrocarril. He calculado la distancia á que se puede transportar la energía con una pérdida del 10 por 100, y el cuadro siguiente contiene los resultados de mi cálculo. La velocidad la he considerado de 6  $\frac{1}{2}$ , 10 y 32 kilómetros por hora.

TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA ALMACENADA.

CLASE DE ENERGÍA.	DISTANCIAS EN KILÓMETROS QUE SE PUEDEN ALCANZAR CON UN RENDIMIENTO DE 90 POR 100.		
	Carretera.	Tranvía.	Ferrocarril.
Carbón y máquina de vapor.....	184	432	2,080
Granos y caballos.....	83	272	704
Acumuladores y electromotores.....	6	16	41

Quando el transporte se verifica por tranvía ó ferrocarril, la tracción tiene lugar por medio de acu-

muladores ó de vapor; por último, he supuesto un camino llano, sin curvas ni desniveles, en el que las velocidades de mi hipótesis se obtengan sin interrupción. Como estas circunstancias no se logran en la práctica, habría que asignar una cantidad de energía para vencerlas, y así resulta que las distancias que el cuadro contiene son grandes; mas como sólo nos proponemos establecer una comparación, sus cifras deben considerarse como una especie de coeficiente de mérito de cada sistema.

Resulta del cuadro que, en punto á rendimiento, la transmisión eléctrica no puede competir con los demás sistemas. Un caballo enganchado á un carro y transportando grano por camino carretero, produce el doble que una locomotora eléctrica que transportara acumuladores por una vía férrea. Aún resulta mayor la diferencia si la comparación se establece entre una locomotora eléctrica que transportara acumuladores y otra locomotora de vapor que transportara carbón, porque, en efecto, esta última es susceptible de transportar energía á una distancia cincuenta veces superior á la distancia á que con sus acumuladores llegaría la primera.

En una línea de tranvía, la distancia á que se puede transmitir la energía con un rendimiento de 90 por 100 es, según el cuadro, de 16 kilómetros, lo que supone que si la carga total de los coches se compusiera de acumuladores, se podrían recorrer 16 kilómetros para la ida y otros 16 kilómetros para el regreso, con un gasto equivalente al 10 por 100 de la carga contenida en los acumuladores.

Comparemos estas cifras con las que se relacionan con los coches de línea de tranvía. El peso aproximado de un coche es de 10 toneladas, cuyo peso se descompone de la manera siguiente: coche y mecanismo propulsor, 4 toneladas; batería, 2  $\frac{1}{2}$  toneladas; viajeros, 3  $\frac{1}{2}$  toneladas. Si este último peso se utilizara en el transporte de acumuladores suplementarios, el coche podría recorrer 32 kilómetros con una pérdida del 10 por 100 de su carga, y podría recorrer 320 kilómetros si agotara la carga total. Como el peso de los acumuladores es tan sólo de 2  $\frac{1}{2}$  toneladas en lugar de 6, el recorrido según el cuadro no excederá de 138 kilómetros.

Esto es teóricamente considerado el caso, porque la experiencia ha enseñado que ningún coche provisto de acumuladores franquea distancias superiores á 100 kilómetros, si no dispone más que de una serie de ellos. Si esta reducción impuesta por la práctica la aplicamos á los demás modos de transmisión, resultará que las distancias á que se puede efectuar el transporte eléctrico de la energía acumulada con un

rendimiento de 90 por 100 son 3, 8 y 30 kilómetros respectivamente en carretera, en tranvía y en ferrocarril.

No es, empero, el rendimiento la única, ni aun siquiera la más importante de las circunstancias que hay que tener presente al tratar del problema del transporte de la fuerza. Al dueño de una instalación de esta clase impórtale poco la perfección teórica relativamente á un rendimiento elevado: lo que verdaderamente le interesa es el coste de la energía que va á emplear, por más que, en igualdad de condiciones, un rendimiento elevado venga á reducirle, como es natural, aquel precio de coste; este caso ventajoso puede en la práctica, en que hay que tener en cuenta tantas otras consideraciones, ser desdeñado, porque en realidad no siempre á la elevación del rendimiento corresponde la mejor utilización de los instrumentos.

El fin que ha de perseguir todo aquél que dirija una instalación, consiste, pues, en lograr la máxima reducción posible del coste de la energía dentro de cada caso especial.

Acabamos de ver que la transmisión de la energía eléctrica acumulada, juzgada solamente desde el punto de vista del rendimiento, ofrece una inferioridad desesperante respecto de los otros dos procedimientos con que la hemos comparado.

(Continuará.)

J. C. B.

## CARACTERES DE LA FÍSICA MODERNA (1)

POR EL DR. ERNESTO NAVILLE.

La observación referente á las relaciones entre el movimiento mecánico y el calor fué el punto de partida de una teoría general que establece la correlación de todas las fuerzas físicas. El físico inglés Sr. Grove ideó en 1843 un aparato, mediante el cual, con un rayo de luz como fuerza inicial, obtenía una acción química, electricidad, magnetismo, calor y movimiento. También puede establecerse la correlación de todos esos fenómenos tomando un movimiento mecánico como fuerza inicial. Consideremos, por ejemplo, un sillar de mármol que los albañiles ocupados en construir un edificio acaban de colocar en lo alto de una pared. Supongamos que nos proporcionan todos los aparatos mecánicos y físicos convenientes: será posible obtener, haciendo que baje el sillar de mármol, por el fenómeno del

rozamiento, calor, luz y electricidad; podrá descomponerse un cuerpo en sus elementos y recomponerlo.

Mediante la observación de los fenómenos se puede establecer con certeza que un movimiento mecánico no produce solamente otros movimientos mecánicos, cosa que nunca se ignoró, sino también movimientos moleculares y etéreos, ocupando en la ciencia estos últimos el lugar que antes ocupaban los fluidos imponderables. ¿Cómo cabe concebir la causa de esas transformaciones? Se la buscará en la forma de las moléculas y en el modo de las vibraciones del éter; se la hallará si es posible algún día establecer la mecánica de los átomos y la del éter sobre bases tan firmes como las de la mecánica de las masas. Tal es el objetivo que señala á la física la dirección de la ciencia contemporánea; objetivo que aparece en el horizonte del pensamiento como lejana esperanza.

### CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA.

Parándose en las apariencias, puede suponerse que en ciertos fenómenos naturales hay elementos de la materia que se destruyen. Parece, verbigracia, que un cuerpo que arde se destruye. Si se recogen cuidadosamente todos los gases que produce la combustión de un cuerpo; se pesan y se añade á su peso el del residuo sólido que puede subsistir, y se resta el peso del oxígeno absorbido, se halla una suma igual precisamente al peso primitivo del cuerpo. Afirmamos, pues, por una inducción fundada en numerosas observaciones, que en la parte del universo á la que alcanza nuestra experiencia no hay ni creación ni anulación de materia. Una teoría semejante aplicada al principio del movimiento es el cuarto de los caracteres que vamos considerando.

En la antigua física admitíase que en los fenómenos del choque y rozamiento había fuerza perdida. No se ocurría la idea de buscar en la producción de fenómenos caloríficos, luminosos ó eléctricos el equivalente del movimiento que se veía desaparecer. La física moderna afirma que la suma de los movimientos actuales ó virtuales permanece constante. Afirma que un movimiento mecánico que desaparece puede transformarse en un movimiento molecular, y por intermedio de éste en un movimiento etéreo. Para que se comprenda bien esta afirmación conviene hacer dos observaciones:

1.ª Se entiende en mecánica por cantidad de movimiento el producto de la masa de un cuerpo por su velocidad; producto cuya expresión algebraica es *mv*. Prueba la experiencia que para aumentar la velocidad de un cuerpo se necesita un gasto de

(1) Véase el número anterior.

fuerza proporcional, no á esta velocidad, sino á su cuadrado. De manera que para doblar la velocidad de una bala de cañón es preciso cuadruplicar la reunión de los gases que produce la combustión de la pólvora. Se llama *fuerza viva* (1) al producto de la masa por el cuadrado de la velocidad; producto que se expresa por la fórmula  $mv^2$ . De donde se sigue que son cosas distintas la conservación de la misma cantidad de movimiento y la conservación de la misma cantidad de fuerza viva. Cuando se quiere hallar en un cálculo la suma de la fuerza, un cuerpo que se mueva 10 veces más á prisa no debe entrar en la cuenta por 10, sino por 100. Dedúcese de la experiencia que cuando se consideran los movimientos actuales no es la cantidad de movimiento  $mv$  la que permanece constante, sino la cantidad de la fuerza  $mv^2$ .

2.<sup>a</sup> Concibiendo las fuerzas como causas de movimiento, no se manifiestan siempre por una realización de fuerzas vivas. La gravedad, por ejemplo, se manifiesta en la caída de un cuerpo libre; no menos existe, sin manifestarse por un movimiento de traslación, en un cuerpo inmóvil que ejerce una presión sobre el suelo en que se apoya ó una tensión sobre la cuerda de que pende. Un resorte tenso es igualmente una fuerza que no se realiza en un momento apreciable. Vano intento, por consiguiente, el de algunos sabios contemporáneos que quieren eliminar la idea de fuerza como abstracción inútil, y no conservar más que la idea del movimiento actual. Para la interpretación de los fenómenos se necesita admitir, á más de los movimientos actuales, los virtuales, esto es, causas de movimiento en estado latente ó simplemente potencial.

Auxiliándose de las dos observaciones precedentes, es dado comprender en su verdadero sentido el principio que forma el cuarto de los caracteres de la física moderna. Lo que permanece constante en cantidad en todas las transformaciones del movimiento, es el poder motor actualizado ó no. ¿Cómo se le ha de llamar? Primeramente se le denominó *Constantancia de la fuerza*; pero la palabra fuerza tiene en mecánica un sentido preciso: expresa la masa multiplicada por la aceleración. Por eso se prefiere decir ahora *Conservación de la energía*. Ambas expresiones tienen el mismo sentido. La energía es la causa de los movimientos actuales ó virtuales, y se halla, ahora en estado de realización en las fuerzas vivas,

ahora en estado potencial. El principio consiste, por lo tanto, en la afirmación de que en todos los fenómenos observados «la suma de las fuerzas vivas y de las energías potenciales es constante (1).»

Lo que más ha contribuído á establecer este principio es el estudio comparado del movimiento mecánico y del calor. Se ha tomado para unidad del movimiento mecánico el *kilográmetro*, es decir, el trabajo necesario para elevar un kilogramo á un metro de altura. Y para unidad de calor se ha tomado la *caloría*, esto es, el calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua. Numerosas experiencias han hecho ver que una caloría equivale á 424 kilográmetros próximamente; en otros términos: que el calor necesario para elevar en un grado la temperatura de un kilogramo de agua bastaría, si en la práctica se pudiera aprovechar completamente, para elevar un kilogramo á 424 metros. Generalízase este resultado admitiendo que existe la equivalencia en la transformación de todas las clases de movimientos que constituyen la luz, el calor, la electricidad y el magnetismo. Todos los movimientos, cuando se les puede referir á unidades determinadas, se evalúan por la medida común del kilográmetro, y ya referidos á una medida común, se puede comprobar su equivalencia: tal es la teoría.

Volvamos al ejemplo que anteriormente se expuso: el de un sillar de mármol que se sube á lo alto de una pared. El punto de partida del hecho ha sido el trabajo de los albañiles, que han gastado la fuerza necesaria para vencer el peso del sillar; su trabajo se mide por medio de este mismo peso y del espacio vertical recorrido. Si el sillar baja, su movimiento mecánico origina toda una serie de fenómenos. Cuando se pueda apreciar con exactitud dichos fenómenos, que no son objetivamente más que movimientos diversos, y sumarlos, se verá que la suma es igual precisamente al trabajo de los albañiles que levantaron el sillar. Acontece lo propio que en la combustión, en la que se encuentra el peso del cuerpo quemado. Se ha aplicado esto á la piedra que está colocada en el vértice de la pirámide de Chephrem, notando que ha retenido el trabajo que gastaron hace cuatro mil años los obreros de Faraón que la pusieron en aquel sitio, y que está constantemente dispuesta á devolverlo, bajo la forma

(1) «El producto  $mv^2$  de la masa de un punto material por el cuadrado de su velocidad, se llama la *fuerza viva* de ese punto.» —Delaunay, *Traité de mécanique rationnelle*.

(1) Helmholtz, *Mémoire sur la conservation de la force*, pág. 77. Véase también *La conservation de l'énergie*, por Balfour Stewart, volumen que forma parte de la Biblioteca científica internacional.

que se le pida, sin retener ni añadir nada (1). ¿Bajo qué forma existe en la piedra la potencia del trabajo? Bajo la forma de la pesantez ó gravedad, fuerza constante que, por la elevación de la piedra, no ha hecho más que cambiar de punto de aplicación. ¿Pero cómo existe el movimiento virtual en la pesantez cuando el cuerpo pesado está en reposo? Ó más generalmente: ¿cómo existe el movimiento virtual en un resorte tenso, en un cuerpo combustible que producirá calor y en la pólvora cuya explosión lanzará un proyectil? Empléanse diversas expresiones para expresar el hecho: *energía potencial* (que es la más usada hoy día), *fuerza latente*, *esfuerzo*. Se habla de *fuerza almacenada*, de *provisión de fuerza*. De estas varias expresiones, unas, como las de *energía* y *esfuerzo*, son de origen psicológico; otras, como las de *fuerza almacenada*, no se aplicarían con exactitud sino en una teoría que hiciese de la fuerza lo que la física antigua hacía del calórico: una substancia particular de la que se podía hacer provisión. Hallámonos aquí en presencia de un hecho que debe notarse porque es indispensable á la ciencia: la

(1) La idea creo que es de Roberto Mayer. Véase en el *Journal des Savants* de Noviembre de 1869, páginas 663 y siguientes, el trabajo del Sr. D. J. Bertrand sobre el renacimiento de la física cartesiana.

existencia del movimiento en estado virtual ó de la energía en estado potencial; la teoría de la conservación de la energía no se puede establecer sino fundándose en esto. La energía potencial es una expresión que tiene un sentido mecánico perfectamente claro. Es la suma de los trabajos que son capaces de producir las fuerzas que obran sobre un sistema. ¿Pero quiere uno darse cuenta del modo de existencia del poder motor considerado en sí, y no en sus efectos posibles? Se carece de representación objetiva. ¿Podrá reducirse algún día la energía potencial de la gravedad y la de un resorte tenso á un movimiento molecular interno? Teóricamente no se puede declarar imposible la cosa; mas he aquí lo que importa hacer constar: en el estado actual de nuestros conocimientos no se puede afirmar la constancia de la fuerza manifestada por movimientos actuales; la explicación de los fenómenos físicos no puede prescindir de considerar la fuerza en estado potencial. Los sabios contemporáneos que pretenden eliminar la idea de fuerza para quedarse sólo con la del movimiento, formulan, por lo que se ha dicho, una afirmación que no justifica la experiencia.

*Traducción de*

RAFAEL ÁLVAREZ SEREIX.

## LAS PUNTAS

DE

# LOS PARARRAYOS.

*Ensayo de una explicación  
de los efectos de las mismas, con arreglo á las teorías de  
Faraday y Maxwell,*

POR

JOSÉ MUÑOZ DEL CASTILLO.

(Continuación.)

δ).—LA DESCARGA ELECTRO-ATMOSFÉRICA.

16.—¿Qué mecanismo gobierna y determina la producción y la estructura de las varias formas de relámpagos y rayos? ¿Cuáles son las líneas de descarga, ó bien las direcciones, ó la dirección, del ya invisible, ya imponente y majestuoso proceso que restablece la normalidad electro-atmosférica?

## POINTES

DE

# PARATONNERRES.

*Essai d'une explication  
de leurs effets d'après les théories de Faraday et  
de Maxwell,*

PAR

JOSÉ MUÑOZ DEL CASTILLO.

(Suite.)

δ).—LA DÉCHARGE ÉLECTRO-ATMOSPHÉRIQUE.

16.—Quel est le mécanisme qui entretient et qui détermine la production et la structure des diverses formes de l'éclair et de la foudre? Quelles sont les lignes de décharge, ou bien les directions, ou la direction, soit de l'invisible soit de l'imposante et de la majestueuse marche qui rétablit l'état normal électro-atmosphérique?

A la verdad, sobre estas complejas cuestiones ni los pareceres abundan, ni tampoco existe uno que se imponga con preponderancia avasalladora. Y como no pretendemos resolverlas, ni nos es dado, por desgracia, aportar hoy contingente alguno de hechos nuevos que ilustren la obscuridad que sobre ellas reina, optamos por someter las hipótesis que en seguida estableceremos á la crítica anticipada del lector, transcribiendo literalmente algunas muestras de los materiales de buena ley con que y sobre que contruiremos nuestros supuestos.

La circunstancia de ser de propaganda el presente trabajo, y el no hallarse aún generalizado en España el manejo de los textos de referencia sino entre pequeña parte de las personas que están al corriente de las novedades diarias de la literatura científica, son otros alicientes que también nos estimulan á dicha transcripción.

17.—He aquí cómo concibe Maxwell la formación de las tres variedades de la descarga electrostática, denominadas *efluvio*, *penacho* y *chispa*:

«*Efluvio eléctrico*.—Si se electriza un conductor terminado en punta aguda, la teoría, fundada en la hipótesis de que el conductor retiene la carga, lleva á la consecuencia de que la densidad superficial, y por lo tanto la fuerza eléctrica resultante, crecen sin límite, hasta hacerse infinitas, desde que, considerando puntos cada vez más próximos á la punta, llegamos á ésta.

»Y si el aire, ó en general el medio que rodee al cuerpo, tuviese un poder aislador absoluto, así sucedería efectivamente. Pero, en realidad, desde que la fuerza adquiere cierto valor en las inmediaciones de la punta, dicho aislamiento resulta insuficiente, y el medio gaseoso se conduce como substancia aneléctrica.

»Más allá, fuera del cuerpo, á cierta distancia de la punta en todas direcciones, la fuerza no alcanza ya á vencer la resistencia del aire; y esto da lugar á que el flujo ó corriente hacia el extremo agudo se detenga, y la electricidad se acumule en la masa fluida situada alrededor del mismo, merced á ello rodeado de moléculas de aire cargadas de su propia electricidad.

»El efecto que se produce es aliviar al aire que está en la punta misma de una parte de la enorme

Il est vrai que, sur ces enchaînements de questions, les opinions n'abondent pas, et qu'il n'en existe aucune que s'impose avec une prépondérance décisive. Et comme nous ne prétendons pas les résoudre, et qu'il ne nous est pas donné, par malheur, d'apporter aujourd'hui aucun contingent de faits nouveaux qui éclaircisse l'obscurité qui règne sur ces sujets, nous préférons, pour soumettre les hypothèses que nous exposerons à la critique anticipée du lecteur, transcrire, littéralement, quelques preuves des matériaux de bonne loi avec lesquels nous construirons nos suppositions.

Comme ce Memoire est un travail de propagande, et que le maniement des textes de rapport ne s'est pas encore généralisé en Espagne, excepté entre le peu de personnes qui sont au courant des nouveautés journalières scientifiques, ces deux circonstances sont d'autres stimulants qui nous excitent à la susdite transcription.

17.—Voici comment Maxwell conçoit la formation des trois variétés de la décharge électrostatique appelées, *effluve*, *aigrette* et *étincelle*:

«*L'effluve électrique*.—Si l'on électrize un conducteur présentant une pointe aiguë, la théorie, fondée sur l'hypothèse que le conducteur garde sa charge, nous amène à cette conclusion que, à mesure qu'on approche de la pointe, la densité superficielle de l'électricité va croissant sans limite, et qu'à la pointe elle-même la densité superficielle et, par suite, la force électrique résultante deviennent infinies. Si l'air, ou tout autre milieu environnant le corps, avait un pouvoir isolant absolu, ce résultat se présenterait effectivement; mais, en réalité, dès que la force résultante a atteint une certaine limite dans le voisinage de la pointe, le pouvoir isolant de l'air devient insuffisant, et l'air devient conducteur aux environs de la pointe. A une certaine distance de la pointe, la force résultante n'est plus suffisante pour vaincre la résistance de l'air: le courant électrique est alors arrêté, et l'électricité s'accumule dans l'air autour de la pointe.

»Cette pointe est donc environnée de molécules d'air chargées de la même espèce d'électricité qu'elle-même. L'effet de cet air chargé entourant la pointe est de soulager l'air, qui est à la pointe même, d'une partie de cette force électro-

fuerza electro-motriz á que se hallaría sometido si sólo el conductor estuviera electrizado.

»Y en definitiva, la superficie metálica se encontrará en caso análogo á si no terminara en punta, en razón á que la masa de aire electrizado que la envuelve ofrecerá una superficie redondeada, que puede sin inconveniente ser considerada como la exterior del conductor.

»Si la porción de atmósfera electrizada permaneciese quieta, la carga se conservaría, ya que no precisamente sobre el cuerpo, al menos contando con las inmediaciones del mismo ocupadas por dicha masa.

»Pero las moléculas de aire, libres para moverse bajo la acción de la fuerza eléctrica, tienden á apartarse del conductor, á consecuencia de estar unas y otro cargados con electricidad de la misma especie; y se moverán, ó tenderán á alejarse, según la dirección de las líneas de fuerza, aproximándose á los cuerpos vecinos electrizados por inducción con electricidad contraria.

»Y en cuanto marchen, otras moléculas neutras ocuparán su sitio alrededor de la punta. Sólo que, advenedizas, no compartirán con las que están en ella la tensión excesiva de la misma, ínterin no se verifique una nueva descarga, tras la cual las moléculas recién electrizadas se alejarán, y así sucesivamente, hasta que el cuerpo pierda su electrización.

»Por tal mecanismo se producen los fenómenos siguientes:

»En la punta, y en sus inmediaciones, hay un efluvio permanente debido á las descargas continuas que se producen entre la misma y el aire que la rodea.

»Las moléculas de aire electrizado, al alejarse en idéntica dirección general, constituyen una corriente, cuyo origen es la punta, y cuya masa en movimiento está formada, no sólo por dichas moléculas electrizadas, sino además, probablemente, por otras que éstas arrastran. Favoreciendo por un medio artificial la corriente de aire, el efluvio aumenta; y, viceversa, éste es estorbado, impidiendo la corriente.

»El viento eléctrico, en ocasiones muy rápido en su origen, pierde bien pronto velocidad, y el aire electrizado es arrastrado por los movimientos generales de la atmósfera á modo de nube

motrice énorme á laquella il serait soumis si le conducteur seul était électrisé. En fait, la surface du corps électrisé n'est plus pointue; car la pointe est entourée d'une masse arrondie d'air électrisé, dont la surface, plutôt que celle du conducteur solide, peut être regardée comme formant la surface extérieure du conducteur.

»Si cette portion d'air électrisé pouvait être maintenue au repos, le corps électrisé conserverait sa charge, sinon sur lui-même, du moins dans son voisinage. Mais les molécules d'air électrisé, libres de se mouvoir sous l'action de la force électrique, tendent à s'éloigner du corps électrisé, puisqu'il est chargé d'électricité de même espèce. Les molécules d'air électrisé tendent donc à s'éloigner suivant la direction des lignes de force, et à s'approcher des corps environnants qui sont chargés d'électricité de nom contraire.

»Quand elles sont parties, d'autres molécules d'air non électrisées prennent leur place autour de la pointe; et, puisque celles-ci ne peuvent plus garantir celles qui sont placées à la point même d'une tension électrique excessive, une nouvelle décharge se produit, après laquelle les molécules qui viennent d'être électrisées s'éloignent; et ainsi de suite, tant que le corps reste électrisé.

»De cette façon, il se produit les phénomènes suivants:

»A la pointe et à côté d'elle, il y a un effluve permanent due aux décharges continuelles qui se produisent entre la pointe et l'air qui est dans son voisinage immédiat.

»Les molécules d'air électrisé, tendant à s'éloigner dans la même direction générale, produisent un courant d'air partant de la pointe, formé par les molécules d'air électrisé, et probablement par d'autres encore entraînées par les premières. En favorisant, par un moyen artificiel, ce courant d'air, nous pouvons augmenter l'effluve; nous l'empêcherons de continuer, si nous faisons obstacle à la formation du courant.

»Le vent électrique est quelquefois très rapide dans le voisinage de la pointe, mais il perd bientôt sa vitesse, et l'air avec ses molécules électrisées est entraîné dans les mouvements généraux

eléctrica invisible. Cuando las moléculas cargadas llegan cerca de una superficie conductora, un muro, por ejemplo, inducen en la misma una carga opuesta y son atraídas; pero, como la fuerza electro-motriz es débil, pueden permanecer largo tiempo sin adherirse á la superficie y sin ser descargadas, formando una atmósfera eléctrica inmediata al conductor, la presencia de la cual es á veces demostrable por el electrómetro.

»Las fuerzas eléctricas que obran entre grandes masas de aire electrizado y los otros cuerpos, son extremadamente débiles en comparación con las que dan origen á los vientos por desigualdades de densidad debidas á diferencias de temperatura; lo cual hace poco probable que una parte apreciable de los movimientos de las nubes tempestuosas ordinarias sea debida á causas eléctricas.

»El transporte de la electricidad de un punto á otro, por el movimiento de las moléculas electrizadas, se llama *convección eléctrica* ó *descarga convectoria*.

»Los efluvios son, pues, producidos por el paso continuo de electricidad al través de una pequeña cantidad de aire, en la cual la tensión es muy elevada; las moléculas circunvecinas se cargan, y, repelidas, constituyen el *viento eléctrico*, factor esencial del fenómeno.

»Y éste se establece más fácilmente en el aire enrarecido que en el denso; y con una punta positiva que con una negativa. Diferencia curiosa que, como otras varias entre las dos electricidades, debe ser estudiada por los que deseen descubrir algo relativo á la naturaleza de tal agente, ya que no ha sido posible relacionarla aún de un modo satisfactorio con ninguna de las teorías actuales.

»*El penacho eléctrico*.—Es un fenómeno fácil de producir electrizando una punta roma, ó una pequeña esfera, á fin de que se origine un campo en el cual la tensión disminuya, á partir de la superficie metálica, de una manera menos rápida que en el caso de la punta aguda. Consiste en una sucesión de descargas que, naciendo en la bola, se ramifican y divergen en el aire, terminando, bien por efecto de que cargan cierta por-

de l'atmosphère, formant un nuage électrique invisible. Quand les molécules chargées arrivent près d'une surface conductrice, un mur par exemple, elles induisent sur cette surface une charge opposée à la leur et sont alors attirées vers le mur; mais, comme la force électromotrice est faible, elles peuvent rester longtemps sans être attirées jusqu'à sa surface et sans être déchargées. Elles forment ainsi une atmosphère électrique adhérente au conducteur, dont la présence peut quelquefois être reconnue au moyen de l'électromètre. Les forces électriques qui agissent entre de grandes masses d'air électrisé et les autres corps sont extrêmement faibles en comparaison des forces qui produisent les vents en raison des inégalités de densité dues aux différences de température; il est donc très peu probable qu'une partie appréciable des mouvements des nuages orageux ordinaires soit due à des causes électriques.

»Le transport de l'électricité d'un point à un autre, par le mouvement des molécules électrisées, est appelé la *convection électrique* ou la *décharge convectorie*.

»L'effluve électrique est donc produite par un passage continu d'électricité à travers une petite quantité d'air dans laquelle la tension est très élevée; les molécules d'air environnantes sont ainsi chargées et entraînées par le vent électrique, qui est un élément essentiel du phénomène.

»L'effluve s'établit plus aisément dans l'air raréfié que dans l'air dense, avec une pointe positive qu'avec une pointe négative. Cette différence et plusieurs autres, entre l'électricité positive et l'électricité négative, doivent être étudiées par ceux qui désirent découvrir quelque chose relativement à la nature de l'électricité. On ne les a point encore ramenées d'une façon satisfaisante à aucune des théories existantes.

»*L'aigrette électrique*.—L'aigrette électrique est un phénomène que l'on peut produire en électrisant une pointe mousse, ou une petite boule, de manière à produire un champ électrique dans lequel la tension diminue quand on s'éloigne de la surface, mais d'une façon moins rapide que dans le cas précédent. Elle consiste en une succession de décharges, qui vont en se ramifiant et en divergeant de la boule dans l'air, et qui se termi-

ción de masa atmosférica, bien porque alcanzan á otro conductor. El fenómeno va acompañado de un sonido ó crepitación, cuya altura depende de los intervalos que separan las descargas sucesivas; pero no hay viento ó corriente de aire como en el caso del efluvio ó luminosidad.

»*La chispa eléctrica.*—Si la tensión es considerable en el espacio que separa dos conductores, por ejemplo, en el caso de dos esferas cuya distancia no es grande en comparación con sus radios, la descarga, cuando se produce, toma ordinariamente la forma de una chispa, por la cual casi toda la electrización desaparece de un golpe.

»En este caso, una parte del dieléctrico acaba por ceder, y las que están á su lado, en la dirección de la fuerza eléctrica, adquieren un estado de tensión mayor y ceden igualmente, dando lugar al avance de la descarga al través del medio. Lo mismo que si se hace una pequeña muesca ó incisión en el borde de un papel, y se aplica en seguida una tensión mecánica en la dirección de dicho margen, la hoja se desgarra, y la ruptura empieza en la incisión, y continúa, según una línea tortuosa, siguiendo los puntos débiles; así la chispa comienza en el primer punto en que la tensión eléctrica triunfa de la resistencia del aire, y después avanza, siguiendo un camino irregular en apariencia, pero que, en resumen, comprende los otros puntos débiles, tales como las partículas de polvo que flotan en la atmósfera.

»*Observación.*—Todos estos fenómenos difieren considerablemente en los distintos gases, y en un mismo gas á diferentes densidades.»

**18.**—Mascart y Joubert, de completo acuerdo con Maxwell, se expresan como sigue, á propósito del mecanismo de la descarga eléctrica por puntas situadas en el seno del aire:

«En un elipsoide muy alargado, comparable en cierto modo á dos puntas unidas por sus bases, la densidad superficial está en razón inversa del diámetro, y crece á medida que nos aproximamos á los extremos. Si el poder aislador del aire no tuviera límite, la densidad, y la tensión, que es proporcional al cuadrado de la densidad, podrían crecer hasta el infinito. Pero, en realidad, cuando para cada valor de la presión atmosférica han al-

nent soit en chargeant certaines parties de l'air, soit en atteignant un autre conducteur. Elle est accompagnée d'un son, dont la hauteur dépend des intervalles qui séparent les décharges successives, et il n'y a pas de courant d'air comme dans le cas de la lueur.

»*L'étincelle électrique.*—Si la tension est considérable, dans tout l'espace qui sépare deux conducteurs, par exemple dans le cas de deux boules dont la distance n'est pas grande en comparaison de leurs rayons, la décharge, quand elle se produit, prend ordinairement la forme d'une étincelle, par laquelle presque toute l'électrisation se décharge d'un coup.

»Dans ce cas si une partie du diélectrique vient à céder, les parties qui sont, de part et d'autre, dans la direction de la force électrique, sont elles-mêmes mises dans un état de tension plus grande et cèdent également, et la décharge chemine tout droit à travers le diélectrique; de même, si l'on fait une petite entaille sur le bord d'une feuille de papier, et que l'on applique ensuite une tension dans la direction du bord du papier, celui-ci se déchire et la déchirure, commençant à l'entaille, s'infléchit en suivant les points faibles du papier. C'est ainsi que l'étincelle électrique commence au premier point où la tension électrique triomphe de la résistance du milieu isolant, puis s'avance suivant un chemin irrégulier en apparence, qui, en fait, comprend les autres points faibles, tels que les grains de poussière flottant dans l'air.

»Tous ces phénomènes diffèrent considérablement dans les divers gaz, et dans un même gaz á différentes densités.»

**18.**—Mascart et Joubert, d'un parfait accord avec Maxwell, á propos du mécanisme de la décharge électrique par les pointes situées dans l'intérieur de l'air, s'expriment ainsi:

«Sur un ellipsoide très allongé en forme de double pointe, on voit que la densité superficielle est en raison inverse du diamètre et croît toujours à mesure qu'on s'approche de l'extrémité. Si le pouvoir isolant de l'air était lui-même sans limite, la densité et la tension, qui es proportionnelle au carré de la densité, pourraient croître jusqu'à l'infini. Mais en réalité, quand pour une pression donnée de l'air la tension a atteint une certaine valeur,

canzado uno determinado, la electricidad pasa desde el conductor al medio gaseoso que le rodea, y las moléculas de éste, cargadas de electricidad, se apartan de los extremos del elipsoide, siguiendo, al principio, la dirección de las líneas de fuerza, y dando lugar á los fenómenos conocidos con los nombres de *viento eléctrico* y *penacho*.»

19.—Sobre la forma de las descargas electro-atmosféricas, *La Lumière électrique*, en un interesante trabajo, dice lo siguiente:

«Se ha podido patentizar que la forma en zigzag adoptada por los artistas no debe existir en la naturaleza. En las fotografías los relámpagos semejan arroyos de fuego, presentando un curso más ó menos recto con ramificaciones; y éstas se hallan á veces constituídas por una sola línea, y en ocasiones por un haz ó manojo; y aquéllos ofrecen apariencias de enrejados ó de bucles, ó de ángulos, etc., sin contar los que resultan como cortados, es decir, comenzando y acabando en el aire.

«Los relámpagos pueden clasificarse en seis grupos, á saber: 1.º, superficiales, laminares ó en hoja; 2.º, sinuosos; 3.º, ramificados; 4.º, cruzados; 5.º, granulares ó en rosario; 6.º, en cintas.»

(Continuará.)

## LA DINAMO UNIPOLAR DE TESLA (1).

Los descubrimientos fundamentales y las grandes obras de la inteligencia, tienen el privilegio de fijar con atracción vigorosa y persistente la imaginación del hombre pensador. Así, aun cuando el experimento memorable de Faraday y el disco que gira entre los dos polos de un imán, origen de hermosísimas aplicaciones, hayan venido á ser de larga fecha del dominio de la experimentación vulgar, no por esto dejan de encerrar tales particularidades que su recordación, sin cesar renovada, nos llena de maravilla y nos incita incesantemente á su estudio.

Constituye el disco giratorio el embrión de las dinamos y motores actuales. En ese experimento ha fundado M. Tesla su máquina unipolar.

Fijemos, dice, el caso de un disco de hierro que

(1) *Electrical Engineer*, de Nueva York.

l'électricité passe du conducteur sur les masses d'air qui l'entourent, et celles-ci chargées d'électricité s'échappent d'abord suivant la direction des lignes de force en produisant les phénomènes connus du *vent électrique* et de *l'aigrette*.»

19.—Dans un intéressant travail sur la forme des éclairs *La Lumière électrique* dit ceci:

«On a pu y constater que la forme en zigzag adoptée par les artistes ne paraît pas du tout exister dans la nature. Sur les photographies, les éclairs ressemblent à des rivières de feu, présentant un cours plus ou moins droit avec les embranchements: quelquefois, il y a plusieurs de ces embranchements qui semblent former un faisceau; d'autres fois, il n'y a qu'une seule ligne droite. Parfois, l'éclair prend la forme d'un réseau enchevêtré, d'autres fois, ce sont des boucles ou des angles qu'on aperçoit; enfin, il y a des éclairs rompus qui semblent commencer et finir dans l'atmosphère.

«On peut diviser les éclairs en six classes:

«1.º Eclairs en nappe; 2.º sinueux; 3.º ramifiés; 4.º croisés; 5.º en grains ou en chapelet; 6.º rubannés.»

(A suivre.)

gira entre los polos opuestos de un imán cuyas superficies polares cubren por completo las dos caras del disco, y supongamos además que la corriente llega al disco de una manera uniforme en toda su periferia. Ante todo, examinaremos el caso del motor.

En los motores comunes el funcionamiento depende de alguna conmutación ó cambio en la resultante de la atracción magnética ejercida en la armadura; cambio ó conmutación que se produce bien por un procedimiento mecánico ó bien por efecto de corrientes de condición adecuada: el resultado viene á ser un efecto análogo al de la turbina hidráulica.

En el caso del disco giratorio que hemos supuesto, no hay, por el contrario, conmutación alguna de la acción magnética, ni tampoco variación, no obstante lo cual la rotación se produce. No hay, pues, posibilidad de aplicar á este caso las consideraciones ordinarias, con las que se explica el funcionamiento de los motores, para aclarar el fenómeno de la rota-

ción del disco: habrá que investigar la naturaleza propia de las fuerzas que en él entran en juego, y sondear el misterio que envuelve el mecanismo invisible de su enlace.

No es menos interesante el estudio del disco cuando se le considera como dinamo, porque al funcionar como tal, además de la particularidad que le es peculiar de dar corriente continua sin conmutador, se separa de las dinamos ordinarias en el hecho de carecer de la reacción de inducido. La corriente en la armadura tiende, en efecto, á desarrollar una imantación en ángulo recto respecto de la imantación del campo; mas como la corriente se recoge uniformemente en la periferia y puede el circuito exterior ser perfectamente simétrico con relación al campo, de allí que no pueda ocasionarse aquella reacción.

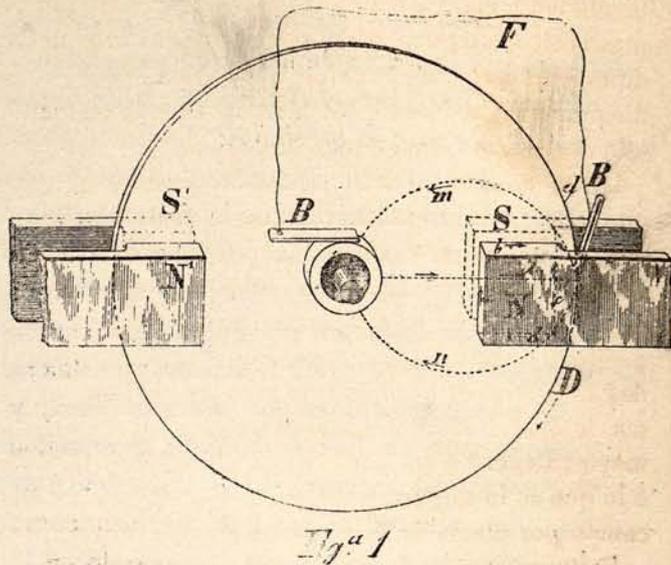
Esto, sin embargo, sólo es exacto en el caso de ser débil el campo; porque cuando hay saturación mayor ó menor en los electros, lo probable es que ambas imantaciones tengan mutua interferencia. Podría esperarse de esto que la potencia de una máquina de semejante naturaleza fuera, á igualdad de peso, mucho mayor que la de cualquiera otra máquina en las que la corriente tiende á producir la debilitación del campo. Confirman esta suposición la potencia extraordinaria de la dinamo unipolar de Forbes y la misma observación que hace el autor.

Es singular, además, la propia facilidad con que la máquina se excita sola, aunque esto puede disminuir, además del hecho de no existir la reacción de armadura, de la perfecta continuidad de la corriente y de la ausencia de auto-inducción.

La máquina tendrá escasa eficacia cuando los polos no cubran por completo y por ambas caras el disco, ó cuando éste no tenga la necesaria subdivisión. Algo hay todavía que hacer notar en este caso. Si mientras el disco gira se suprime el campo, la corriente persiste en la armadura y los electros del campo pierden su potencia con relativa lentitud. La explicación de esto se ve desde luego, al observar la dirección que toman las corrientes desarrolladas en el disco.

Véase el diagrama representado por la figura 1: *d* representa el disco con sus contactos *B'* y *B* aplicados respectivamente á la periferia y junto al eje; *N* y *S* son los polos del imán. En tales condiciones, cuando el disco gira en el sentido de la flecha *D*, la corriente en el disco se dirige desde el centro á la circunferencia en el sentido de la flecha *A*. Como en el espacio comprendido entre *N* y *S* se halla localizada la acción magnética, las demás partes del disco pueden tenerse por inactivas; por manera que no

toda la corriente producida recorre el circuito exterior *F*, sino que se cierra en el propio disco, de tal modo que si la disposición es análoga á la de la figura, la mayor parte de la corriente generada se queda sin penetrar en el circuito *F*, en razón de cerrarse éste dentro del disco por las porciones inactivas que el mismo disco contiene.



Podemos suponer que la dirección de las corrientes que de ahí se originan es la que representa la línea de puntos *mn*. Representa á la corriente de excitación del campo la línea indicada por las flechas *abcd*, por manera que basta examinar la figura para darse cuenta de que una de las dos corrientes parasitarias *AB'nB* tiende á debilitar el campo, en tanto que la otra *ABnB'* produce el efecto contrario. Por consiguiente, la corriente *ABmB'*, que avanza en el sentido del campo, repele las líneas de fuerza de éste, mientras que *AB'nB*, cuyo sentido es de alejamiento, las arrastra. Existe, pues, una tendencia constante á reducir el paso de la corriente en el sentido *AB'mB*, á la vez que esa oposición no existe para la *AB'nB*, por cuya razón el efecto por este lado ha de tener cierta preponderancia. Se puede, por lo tanto, representar la acción resultante que la corriente excitadora del campo. En una palabra, las corrientes parasitarias circulan en el disco produciendo un aumento del campo magnético.

Semejante resultado es diametralmente opuesto al que á primera vista parece que se debería obtener, porque es natural creer que las corrientes en la armadura han de resultar en oposición de las del campo, toda vez que esto es lo que generalmente sucede cuando un conductor primario y otro secundario se

inducen mutuamente. Conviene hacer notar que la discordancia resulta aquí de lo disposición particular del caso que examinamos, en el cual ofrécese á la corriente dos caminos, entre los que elige aquél que le presenta menos resistencia. En suma, vese cómo las corrientes parasitarias que circulan por el disco son las excitadoras del campo, por cuya causa la corriente en el disco no cesa cuando interrumpimos la de excitación, ni el campo magnético pierde de repente su potencia, sino que la retiene y va en disminución, pudiendo conservar alguna en tanto que no cesa la rotación del disco.

Como es natural, este resultado depende en gran manera de la resistencia y de las dimensiones geométricas del recorrido de las corrientes parasitarias y de la velocidad de rotación, cuyos elementos determinan el retardo de las corrientes y las posiciones que toman con relación al campo. Para una velocidad determinada produciráse una excitación máxima, la cual disminuirá cuando aquella velocidad sea mayor; llegará á ser cero, y por último se invertirá, ó lo que es lo mismo, produciráse la debilitación del campo por efecto de la propia corriente parasitaria.

Esta acción se demostraría mejor procediendo experimentalmente, para lo cual habría que suponer que el campo *NS*, ó bien *N'S'*, es móvil y libre alrededor de un eje concéntrico con el árbol del disco. Comunicando rotación al disco, el campo entrará en movimiento en el propio sentido, bajo la acción de un par que iría en aumento hasta un cierto límite con la velocidad de rotación, pero que decrecería en seguida hasta llegar á cero, como tránsito al estado negativo, lo cual supone que el campo empezaría á girar en dirección opuesta al disco.

Este resultado, verdaderamente interesante, se ha observado en experimentos hechos con motores de corriente alterna cuyo campo es resultado de corrientes de diferentes fases. Con pequeñas velocidades de rotación del campo, el motor producía un par de 400 kilogs y aun más, midiéndole por medio de una polea de 30 centímetros de diámetro; dicho par disminuía á la vez que la velocidad de rotación de los polos aumentaba, llegaba á cero y desde aquí hacíase negativo, empezando la armadura á dar vueltas en sentido contrario al campo.

Dejemos esta digresión y volvamos á nuestro asunto. Supongamos tales condiciones que, á virtud de ellas, las corrientes parasitarias generadas por la rotación del disco refuerzan el campo, y supongamos también que la excitación de éste va en disminución á medida que la velocidad aumenta. La corriente, una vez establecida, se basta para mantenerse, y

hasta podrá aumentar en intensidad, en cuyo caso tendremos el *acumulador de corriente* de Sir William Thomson. Parece, sin embargo, conforme con los principios que dejamos establecidos, que para asegurar el éxito del experimento será menester emplear un disco *no subdividido*, porque si hubiese subdivisiones radiales las corrientes parasitarias no podrían desarrollarse y, por consiguiente, cesaría la excitación; y en caso de echar mano de un disco subdividido radialmente, convendrá unir los radios por una llanta conductora ó por otro medio análogo, de modo que resulte un sistema simétrico de circuitos cerrados.

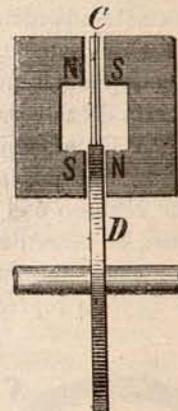


Fig.<sup>a</sup> 2

La acción de las corrientes parasitarias puede utilizarse en la excitación de una máquina, sea cual fuere su construcción. Las figuras 2 y 3 ponen de ma-

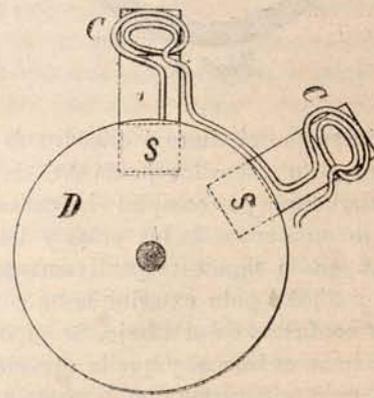


Fig.<sup>a</sup> 3

nifesto, por ejemplo, una disposición de dinamo con armadura en forma de disco que se puede excitar. Tiene un número determinado de imanes *NS*, colo-