

salida de los trenes por dichas vías, cuando el brazo semafórico correspondiente esté inclinado á 45° ó presente la luz verde durante la noche.

Los discos pequeños movidos por las palancas números 9, 5 y 43, sirven para autorizar ó detener la salida de los trenes situados en las vías de depósito del material el primero, y de las de mercancías los dos últimos.

Cuando dichos discos presenten á los trenes la cara pintada de encarnado en posición perpendicular á las vías, ó la luz roja durante la noche, indicarán alto absoluto, y cuando presenten dicha cara paralela á la vía, ó la luz verde durante la noche, indican vía libre.

(Se continuará.)

E. MARISTANY.

VISION Á DISTANCIA

POR LA ELECTRICIDAD

Se transmiten por un alambre dibujos á pluma con el pantelógrafo Caselli, telégrafos autográficos de Meyer, Lenoir y Edison y el telautógrafo de Gray (invento reciente); fotografías con el electro-artógrafo de Amstutz; pero aún no se puede *ver por teléfono*, no se ha conseguido que las imágenes que se formen sean instantáneas ó impalpables como la de los espejos, sin dejar huella alguna al desaparecer el objeto en la estación de partida, transportar la perspectiva aérea.

Hace veinte años que se planteó el problema y han dedicado á él su atención Senlecq, Paiva, Perosino, Ayrton y Perry, Carey, Sargent, Mac-Tighe, Sawyer, Brown, Sehlford-Bidwell, Hicks, etc., Lazare Weiller y, según anunció la prensa, Edison.

Los medios propuestos revelan ingenio, pero son artificiosos y de difícil realización en la práctica. Tienen que intervenir aparatos que marchen sincrónicamente con gran exactitud á velocidades considerables, y aunque esto se consiguiera, todo para que solo se puedan transmitir cuatrocientos ó quinientos puntos ó elementos de una imagen de escasas dimensiones; examínese en los fotograbados de esta REVISTA qué dibujo cabe en un cuadrado que tenga por lado el espacio que ocupan veinte puntos.

Y es que, obcecados en la cuestión de detalle, creo han tenido todos la atención demasiado fija en el plano de la cámara oscura donde se pinta la imagen, para transmitir la intensidad de todos sus puntos por un alambre, sin detenerse á examinar si el problema estaba bien planteado.

En vez de empeñarse en transportar por un alambre uno á uno los centenares de millares de puntos que constituyen la imagen del objeto en la cámara oscura de la estación de partida ¿no bastaría transmitir *uno solo* que dibujase *por sí*, sin máquinas, en la estación de llegada el cuadro de luz deseado?

¿Cuál es ese punto?

Cualquiera del espacio.

No vamos á presentar una solución; nuestro objeto es tan sólo plantear el problema de modo distinto á como hasta ahora se ha hecho por todos. Quizá orientando por otro camino las investigaciones y ensayos se logre más pronto el fin deseado.

I

ESTUDIO DEL PROBLEMA

Telefotos actuales.

Todos los telefotos, foroscopos ó teleoptos proyectados se fundan en lo mismo; en la propiedad del selenio, cuando afecta cierto estado alotrópico especial de variar su conductibilidad eléctrica en relación con la intensidad de la luz que recibe.

Si tenemos en la estación de partida un pedazo de selenio y lo ponemos en comunicación por medio de un alambre, por el que circule una corriente eléctrica, con un cierto elemento de la estación de llegada, que fosforezca al paso de la corriente, proporcionalmente á su intensidad, éste aparecerá más ó menos luminoso, más ó menos claro, según que el selenio esté más ó menos iluminado. Todas las variaciones de claro-oscuro que reciba sucesivamente el selenio, si lo iluminamos más ó menos, se transmiten instantáneamente á la estación de llegada.

Pues bien, si queremos transmitir la imagen de un objeto, basta que éste se coloque delante de una cámara oscura, cuyo cristal deslustrado, en que se pinta la imagen, esté cuadrículado y cada cuadrícula sea el elemento de selenio de que antes hablábamos, que se halle en correspondencia por un alambre con su homóloga del otro plano cuadrículado de la estación de llegada. Tantos alambres como cuadrículas.

En la imagen habrá puntos claros, otros oscuros, otros de tintas medias; cada uno, independientemente, aparecerá en la estación de llegada más ó menos fosforescente, y el conjunto de todos compondrá la imagen total, con todas sus variedades de tintas, cambiando instantáneamente cuando cambie el objeto en la estación de partida; de modo que puede reproducir todos sus movimientos.

Pero ese procedimiento era muy costoso; exigía tantos alambres como elementos en que se quería descomponer la imagen, y dicho se está, que estos elementos tienen que ser suficientemente pequeños para que produzca la ilusión de la continuidad de uno á otro, como en los tapices, mosaicos, bordado al cañamazo, etc.

Se estudió el medio para no tener que usar más que un solo alambre conductor para transmitir las corrientes de todas las cuadrículas elementales de la imagen á sus homólogas del receptor, y se resolvió recurriendo á un procedimiento muy ingenioso.

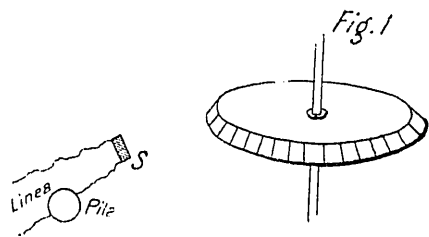
La impresión ó sensación de un rayo luminoso en nuestra retina *persiste* un décimo de segundo; basta, pues, que en cada décimo de segundo se recoja de cada cuadrícula en un instante su intensidad luminosa; durante el resto del décimo de segundo es inútil que se esté impresionando el mismo pedazo de selenio y se esté enviando corriente eléctrica á la cuadrícula homóloga de la estación de llegada, puesto que la impresión que produzca la fosforescencia ó brillo instantáneo de ésta (de intensidad proporcional á la primera) estará durando un décimo de segundo; ese tiempo inútil es el que se aprovecha para recoger la impresión de las demás cuadrículas una á una.

Se disponen para ello dos aparatos que marchen sincrónicamente, uno en cada estación extrema, de manera que siempre la parte movable guarde en ambas la misma posición, pues si al enviar una cuadrícula su corriente no fue-

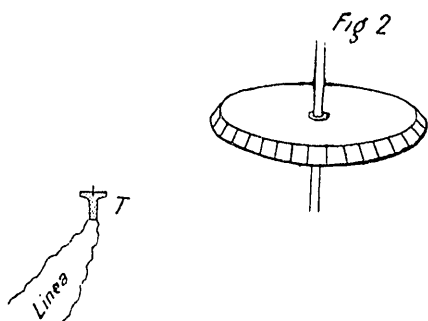
se la homóloga la que estuviese en disposición de brillar, sino otra cualquiera, resultaría en la imagen total los puntos claros y oscuros completamente variados de sitio y no se parecería en nada al objeto.

Ese brillo ó fosforescencia de la imagen en la estación de llegada se obtiene imperfectamente de distintos modos: uno consiste en poner encima la cuadrícula dos puntas, entre las que salte una chispa tenue al pasar la corriente; esa chispa es mayor ó menor, brilla más ó menos, según la intensidad de la corriente.

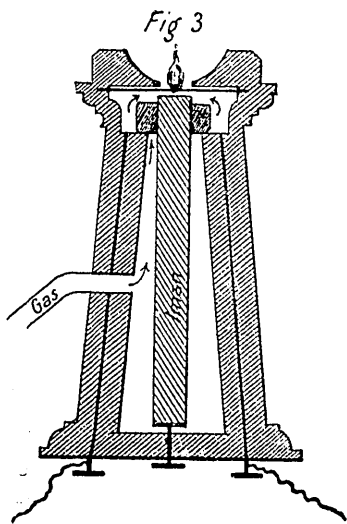
Para fijar más las ideas vamos á describir uno de los telefotos, el de Lazare Veiller, que es el más reciente y más práctico por su sencillez, dentro de las dificultades comunes á todos.



En la estación de partida hay un disco, en cuyo borde van 360 espejos planos de distinta inclinación con respecto á la cara del disco, y una célula ó trozo de selenio S, por el que pasa la corriente constante de una pila que es la que circula por el alambre de línea y estación de llegada.



En dicha estación de llegada, un disco exactamente igual y un teléfono T, cuya placa vibrante lleva en su centro un pequeño agujero; el espacio vacío entre las paredes y el imán está lleno de gas, que entra por un orificio lateral.



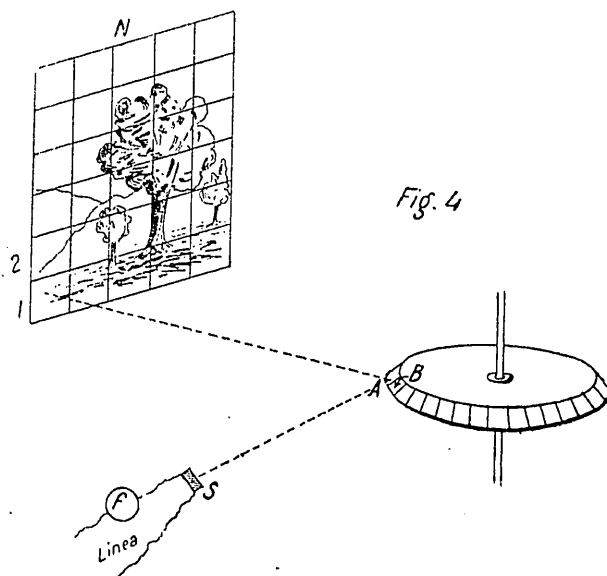
Encendamos el gas sobre la placa y se produce una llama diminuta, poco brillante. A cada vibración de la placa por pequeña que sea corresponde una variación de intensidad luminosa de la llama.

Ese es el elemento fosforescente á que aludíamos al hablar en general.

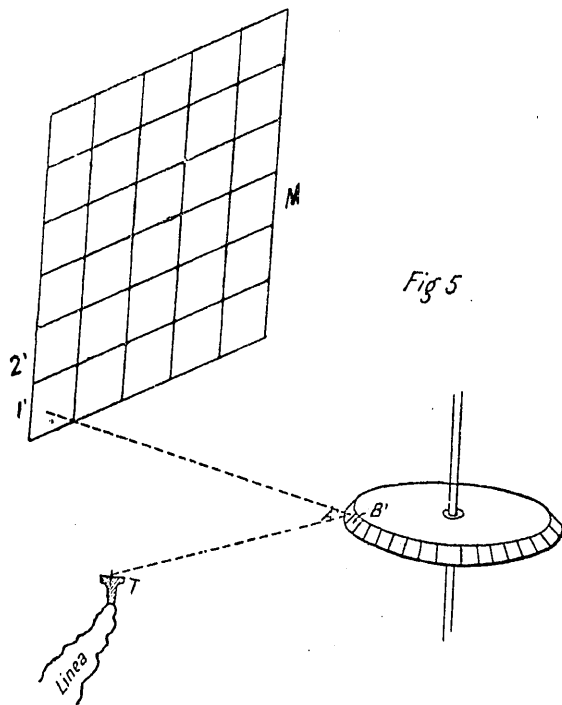
Los dos discos giran sincrónicamente.

Supongamos cuadrículado imaginariamente el objeto N. En una posición dada del disco, el espejo A

tiene la inclinación necesaria para que se refleje la cuadrícula 1 sobre el selenio S.



En la posición siguiente del disco, al girar, el espejo B que tiene otra inclinación, refleja sobre el mismo punto S, la cuadrícula 2 y así sucesivamente. La célula de selenio recibe consecutivamente la imagen de cada cuadrícula imaginaria del objeto, y queda impresionada por la intensidad luminosa de cada una de éstas.



En la estación de llegada, el espejo A', homólogo del A, al ponerse frente al cuadro M donde se ha de dibujar la imagen, refleja el rayo luminoso procedente de la llama de gas del teléfono T (más ó menos brillante según que la cuadrícula 1 fué más ó menos clara) sobre 1', quedando esa primera cuadrícula imaginaria iluminada más ó menos.

Al ponerse el espejo B de la figura anterior frente al objeto, el B' está frente al lienzo M y ahora el rayo reflejado cae sobre 2', pues la inclinación de los espejos B y B' son iguales y las posiciones de S y T también con relación á N y M.

Y así con los 360 espejos se transmiten las 360 cuadrículas.

las imaginarias del objeto en un décimo de segundo que es el tiempo de revolución de los discos.

El telefoto, como se ve, es sencillo. Estación de partida: un disco, una célula de selenio y una pila. Estación de llegada: un disco, un teléfono de gas y un lienzo ó cristal deslustrado.

Pero subsisten las dos grandes dificultades: manera de obtener el sincronismo perfecto en la marcha de los dos discos, para lo cual ha proyectado Weiller un aparato especial que no habrá sido práctico cuando desde el año 1889 no se ha vuelto á hablar más de él. Y que es muy reducido el número de elementos que se cogen de la imagen para formarse idea de ella, pues hay que recordar que cada elemento ó cuadrícula da una sola impresión ó sea *una sola tinta*, en la estación de llegada; la media de las que tenga ese pedazo de imagen.

No se puede multiplicar el número de espejos, pues la

práctica limita sus dimensiones así como el aumento de diámetro del disco y la velocidad de éste.

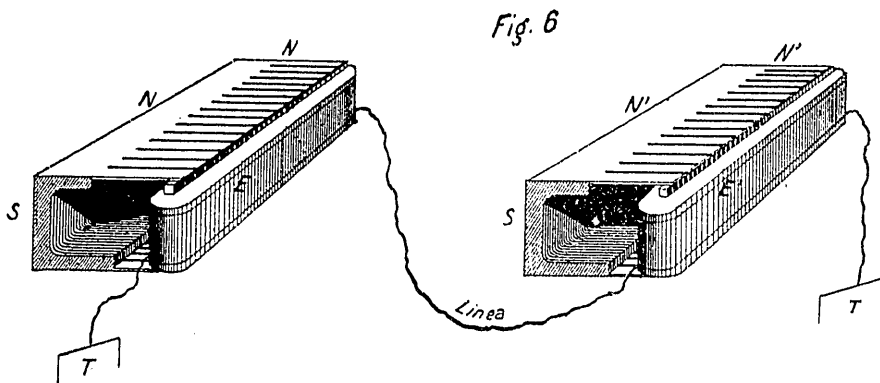
Comparación con el teléfono.

Por medios artificiosos principió también el teléfono. Generalmente se cree que esos grandes descubrimientos son hijos de la casualidad, cuando por el contrario son resultado de detenidos estudios hechos con un fin preconcebido.

Charles Bourseul, en 1854, predijo razonándolo científicamente el teléfono parlante eléctrico.

En 1860, Philippe Reiss, después de concienzudo trabajo, obtuvo su teléfono musical que reproducía toda clase de sonidos, pero aun no la voz humana.

Fué después perfeccionado por varios, y en 14 de Febrero de 1876, descubrieron el teléfono parlante dos sabios á la vez: Graham Bell y Elisha Gray.



El primer teléfono de Bell era un arpa de lengüetas de acero fijadas á los polos de un imán NS, cuyos extremos vibraban frente á una bobina E engendrando en ella corrientes ondulatorias eléctricas, que recibidas por otro aparato igual desarrollaba el proceso inverso, poniendo en vibración solo á las lengüetas que estaban al unísono con las primeras. La amplitud de la vibración de éstas determinaba la amplitud de la vibración de sus homólogas.

Cuando se *hablaba* delante de esa arpa vibraban las lengüetas correspondientes á los sonidos emitidos, como cuando se pronuncia una vocal ante las cuerdas de un piano se ponen á vibrar las cuerdas que dan los sonidos que contiene dicha vocal.

Y reproduciéndose el fenómeno á la inversa en el arpa del otro extremo de la línea, el conjunto de vibraciones de las lengüetas correspondientes volvía á reconstituir *casi* la voz humana; y decimos *casi* porque para ser perfecto debían haberse aumentado considerablemente el número de lengüetas para contener todos los sonidos de la voz.

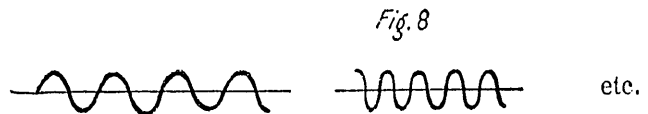
En el mismo año 1876, dió Graham Bell un gran paso, colosal, el que falta hoy á los telefotos.

Todas las lengüetas fueron sustituidas por una sola placa vibrante, un disco de hoja de lata, tal como lo conocemos hoy.

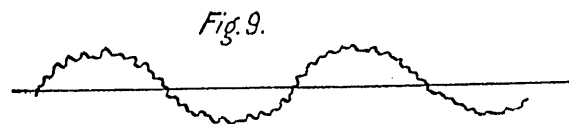
No necesita descomponerse la voz en sonidos simples ó *notas*, para transmitirse por un alambre y recons-

tituir luego con éstas la voz humana. Se transmite la voz *en una sola pieza*; la vibración en una sola curva; y se reproduce lo mismo.

Antes, las leyes de vibración de las lengüetas eran tales como éstas, y se enviaban simultáneamente.

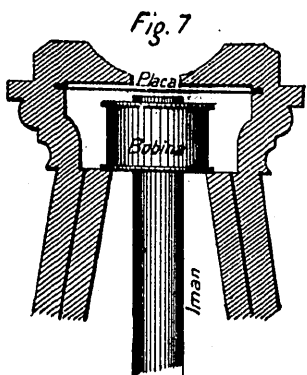


Hoy la vibración de la placa única es tal como ésta, que es la suma de las anteriores. Y esa ha sido la verdadera



solución del problema, pues el aire vibra según una ley tan complicada como se quiera, al *hablar*, pero en cada instante no puede tener dos estados distintos de condensación ó dilatación. Tiene en cada momento *una sola* intensidad. Su curva vibratoria es *única*.

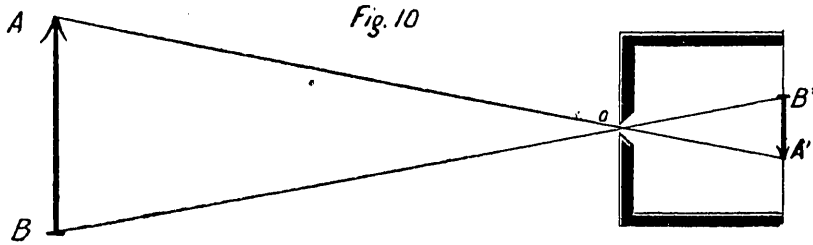
Hemos citado este ejemplo del teléfono porque pasa algo parecido con los telefotos; estamos todavía á la altura del primer teléfono de Bell de un sinnúmero de lengüetas; transmitir lo que se desea por su descomposición en innumerables elementos sin que haya dado nadie aun el paso definitivo á la *integral*, al disco de hoja de lata.



Planteamiento del problema en teoría.

El problema de la *visión á distancia* puede plantearse de otra manera.

¿A qué tomarse el trabajo, decíamos, de transmitir la intensidad de todos los puntos de la imagen en la cámara oscura, si basta transmitir la vibración de *un solo punto*?



Pongamos frente al objeto AB, cuya imagen se quiere transportar, una cámara oscura sin objetivo, provista solo de un diminuto agujero, la cual se emplea también en fotografía. La imagen se pinta en A'B'. Supongamos que el agujero se reduce á un *punto matemático*; no por eso deja de formarse la imagen, sólo que su intensidad será muy débil.

En ese punto O se cortan todos los rayos luminosos. En ese punto hay un solo átomo de éter que tiene que obedecer á todas las vibraciones que recibe para crear á su vez todos los rayos del cono luminoso OA'B'.

Un solo átomo de éter no puede ocupar dos posiciones distintas á la vez; su ley vibratoria, resultante de todas las que recibe del cono OAB, será muy complicada, pero *única*.

«Reproducid en la estación de llegada, decía Bourseul, las vibraciones del aire determinadas en la de partida, y tendréis la transmisión de la palabra.»

«Reproducid, decimos nosotros, en la estación de llegada, las vibraciones de ese átomo de éter de la de partida, y tendréis la creación de un cono luminoso igual al OA'B', que dibujará la imagen.» Es como si en O desdobláramos el átomo y entre ambos intercalásemos centenas de kilómetros.

Y á la imagen no faltará ningún detalle, lucirá con todos sus tonos de colores.

Ese punto O no lo hemos elegido; es uno cualquiera de los que están frente al objeto. Y una vez aclarada esta explicación con la cámara oscura, para nada hace ésta falta en la estación de partida. Por cada *punto* del espacio pasan todos los rayos luminosos que emiten los objetos. Recojamos la vibración de uno cualquiera de esos puntos y tendremos la imagen deseada.

¿Qué clase de vibración es esa *única*?

Las vibraciones del éter son transversales, en la luz; contenidas en un plano perpendicular al rayo luminoso.

En las experiencias de Física, como se trabaja con ra-

ynos luminosos que se aíslan de los restantes, solo existen aquella clase de vibraciones.

Pero en el ambiente en que cada molécula de éter recibe rayos luminosos de todo su alrededor, se forma en cada instante *una* resultante de todas las vibraciones simultáneas. No cambia, pues, en cada momento solo la *intensidad* de la vibración de esa molécula, sino su *dirección* en el espacio.

En la reproducción de la voz, como la vibración del aire tiene una sola dirección, no había necesidad de tener en cuenta más que la magnitud de la *intensidad* en cada instante.

En la luz hace falta otro factor, la *dirección* de la vibración.

La curva vibratoria de la voz, es plana; la de la luz en el caso general, es una curva del grado *n* de intrincadísima forma.

Es maravilloso que un panorama de la Naturaleza con todos sus tonos innumerables de colores, con todos los movimientos de sus objetos, por extenso que sea, se *anamorfose* en el movimiento de un punto que sigue á rapidísima velocidad laberíntica curva.

Y que el recorrido por esa embrollada trayectoria cree á su vez una miriada de millones de rayos luminosos cada uno con su color, con su intensidad, y acompañado aun de otras cualidades de calor, electricidad, acción química, etcétera, que no nos importan por ahora.

La anamorfosis de un hermoso paisaje es una curva del grado *n*, que traza un *átomo* de éter.

En la cámara oscura, sin objetivo, eso se realiza; no en un solo punto matemático, sino en cada una de las moléculas de éter contenidas en la abertura circular. Cada una es dueña de un sistema de rayos que produce una imagen.

Siendo la abertura pequeña, todas las imágenes son casi iguales y se separan tan poco en la pantalla en que se reciben que lo único que pasa es que cada punto de la imagen es un conjunto de puntos yuxtapuestos que forman un *punto material*, por decirlo así, que tiene dimensiones y posee de esta manera suficiente claridad para que lo veamos.

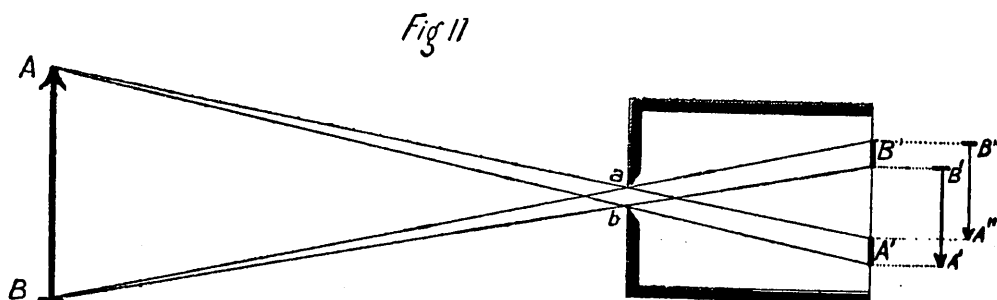
Si la abertura se hace mayor, las imágenes se van separando ya mucho y van resultando sus contornos difusos y desapareciendo los detalles.

Planteamiento del problema en la práctica.

Hemos estado haciendo nuestras consideraciones sobre un átomo de éter, y si no fuesen ciertas más que en este caso, había de ser muy difícil pasar de la teoría á la práctica.

Afortunadamente no es así.

Examinando lo que sucede en la cámara oscura, sin objetivo, vemos que cada punto de la imagen, el A', por



ejemplo, está formado por un cono de luz que tiene su vértice en A y por base la abertura ab de la cámara oscura. Pero los rayos luminosos de ese cono pasan por todos los puntos de la superficie de la abertura ab ; ó á la inversa, por cada punto de la superficie ab pasa un rayo luminoso del punto A y repitiendo lo mismo para todos los del objeto AB, resulta que tenemos un sinnúmero de conos luminosos opuestos por el vértice y que ese vértice está en cada punto de la superficie ab y tienen una base común, el objeto AB. La intersección de todos esos conos con la pantalla A'B' da la imagen, que es un conjunto de imágenes superpuestas (cada cono da la suya) sin coincidir exactamente; aunque ese error no lo nota la vista hasta que la pantalla A'B' se separa mucho de la abertura.

Pues bien, si en lugar de las vibraciones de una molécula etérea, recogemos las de todas las de la superficie ab , tendremos realizado el mismo caso que en la práctica acontece.

Pero si en cada instanteuviésemos que recoger la vibración resultante en cada punto y trasladarla á cada uno de los puntos homólogos de la estación de llegada, no habríamos hecho más que agravar el inconveniente de los telefotos actuales: transmitir las vibraciones luminosas de cada uno de los puntos de una superficie plana, solo que antes bastaba de ellas la intensidad ó amplitud de la vibración y ahora le hemos añadido la dirección y reducido extraordinariamente la dimensión de los puntos.

Eso parece á primera vista, pero no es verdad.

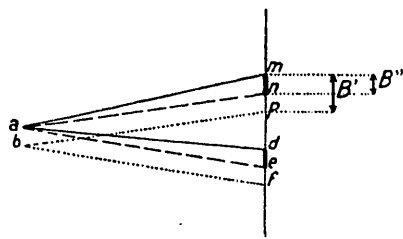
Si nosotros recogemos en conjunto las componentes de todas esas vibraciones, según tres ejes coordenados, sin preocuparnos de á qué punto pertenecen, y las trasportamos á la estación de llegada, á otros tres ejes coordenados, producirán éstos una resultante que será igual en intensidad é igual en dirección (con relación á los ejes coordenados) á la que se obtendría en la estación de partida trasladando todos los conos luminosos á uno cualquiera de los puntos, á un vértice común, conservando las generatrices la misma dirección que tuviesen.

Si materialmente realizásemos esa traslación, ¿qué pasaría con la imagen A' B'?

No habría perdido nada en intensidad luminosa; lo único que habría ocurrido es que las imágenes parciales que componen, en la pantalla, la imagen, que nosotros vemos, de cada punto, se acercarían más, se habría reducido cada punto de la imagen; la imagen total del objeto ganaría en limpieza y precisión (*).

(*) El error máximo se producirá al trasladar á un punto extremo el cono más lejano, ó sea del punto diametralmente opuesto; por ejemplo, el traslado al punto a del cono bpf , que ocupará ahora la posición ane .

Los conos de los puntos del contorno de la abertura son los que tienen las generatrices



más divergentes; por eso, si se trasladan á a todos los conos quedarán sus generatrices comprendidas entre las am y ae ; las que pintan el punto A' quedan entre ae y ad , y las del punto B' entre am y an . Las magnitudes de los puntos A' y B' eran, en realidad, d' y $m'p'$, y en nuestro caso hipotético son de y mn ; mucho más pequeños que antes.

Basta, pues, que influyan sobre las tres corrientes eléctricas todas las vibraciones etéreas del plano ab , en conjunto, las que llegan solo del lado del objeto, de una cara de un disco material de un milímetro de diámetro.

Allá que influyan como quieran; las ondulaciones de la corriente se compondrán; la curva ondulatoria eléctrica será única como en la voz.

¿Y en la estación de llegada?

Si pudiésemos imprimir á una sola molécula de éter esa ley única, no ocurriría más, respecto de la imagen, que lo que hemos dicho; en ese punto habría el cono suma á que hacíamos referencia.

Pero eso no es práctico. Lo que sucederá es que esa ley única se imprimirá por igual á cada una de las moléculas etéreas de una superficie material, ab , y tendremos una infinidad de conos-suma de generatrices paralelas, y habremos perdido el aumento de limpieza ó precisión de la imagen que habíamos ganado, deshaciendo lo hecho y volviendo á quedar como antes.

Si dibujamos esa figura se ve que todos los rayos luminosos que han de pintar el punto A' caen dentro del cono $AabA'$; el punto A', por tanto, no lo hemos agrandado, vuelve á quedar con la misma magnitud que tenía en realidad en la cámara oscura. (En la nota de la página tenemos un cono-suma, el ame , píntese el mismo en b y se verá cómo entre los dos vuelven á dar el caso de la realidad; el punto A' queda limitado por las generatrices ad y bf , y el punto B' por am y bp).

En la práctica no hará falta que la imagen se pinte sobre una pantalla; si aplicamos la vista suficientemente cerca al punto que vibra, ó sea del vértice del cono luminoso, se pintará la imagen directamente en la retina lo mismo que si, colocados dentro de la cámara oscura sin objetivo, de abertura pequeña, mirásemos por ella al exterior, cuyo efecto puede comprobarse haciendo un pequeño orificio en una tarjeta y mirando á su través los objetos.

Así como nos aplicamos al oído el auricular del teléfono, aplicaremos á la vista unos gemelos de teatro, en cuyo ocular vibre el punto luminoso, origen y vértice del cono mencionado que engendra la imagen; su objetivo será opaco, y en el interior de los tubos estarán el imán, las bobinas.... á semejanza del teléfono. El efecto visual será, sin embargo, el de unos gemelos ordinarios, que salvarán obstáculos y distancias y acercarán la imagen deseada.

Resumiendo: el enunciado del problema es el siguiente:

Buscar el medio de ondular una corriente eléctrica en relación con las vibraciones etéreas de un disco y viceversa; pero entiéndase bien: vibraciones etéreas en conjunto sin tener en cuenta á qué punto del disco pertenecen.

Total, el mismo problema que se resuelve en el teléfono, sustituyendo aquí vibración aérea por vibración etérea.

Los telefotos propuestos hasta hoy, no son más que telefotos autográficos en que se pinta la imagen, con luz en lugar de tinta.

El telefoto verdadero debe ser un teléfono para la luz: que cree la imagen en la estación de llegada, como el teléfono no transmite, sino crea otra vez la voz en el receptor.

II

POSIBILIDAD DE SU RESOLUCIÓN

Electrónica.

La variación de *intensidad* luminosa puede ondular una corriente eléctrica en el selenio. ¿Habrá medio de que la variación de *dirección* de la vibración etérea haga otro tanto?

Esta nueva variable modifica el sistema de transmisiones eléctricas conocido.

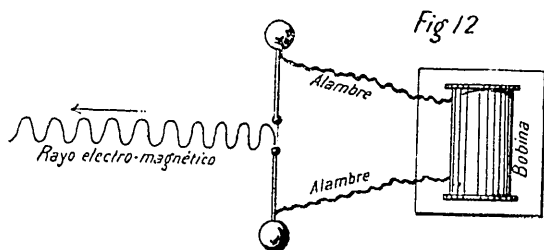
Bastaba solo transmitir leyes cuya curva representativa era plana; ecuación con dos variables, tiempo ó intensidad (ó amplitud de las vibraciones), y transmitiendo la segunda la electricidad en el mismo momento que se produce, ó mejor dicho, con un retraso constante, quedaba descartado ocuparse de la variable tiempo.

Para una variable, respondían bien las placas vibrantes; pero necesitamos transmitir *intensidad* y *dirección*, y de ahí nuestro asombro, pues nos encontramos que ya no nos sirven las placas; hay que dar otro paso sobre el descubrimiento de León Scott, que le había hecho exclamar:

«¿Como recoger una huella limpia, precisa, completa del movimiento vibratorio del aire, incapaz de hacer temblar una pestaña de nuestros párpados? Ah! si yo pudiese poner sobre ese aire que me rodea y que contiene todos los elementos del sonido, una pluma, un estilete, esta pluma, este estilete escribiría sobre una capa fluida apropiada. ¿Pero dónde encontrar un punto de apoyo? Pijar una pluma á ese fluido fugitivo, impalpable, invisible, es una quimera, es imposible.....» Luego encontró que podía recoger las vibraciones una membrana y quedó creado el fonógrafo, origen de los fonógrafos, el teléfono, y en general todos los aparatos registradores de vibraciones aéreas.

Podríamos repetir hoy la palabras de León Scott para nuestro problema, cambiando *aire* por *éter*, *sonido* por *luz*. ¡Pero no! hoy no admitimos ya la palabra *imposible*. Digamos solo que *es un punto á estudiar*.

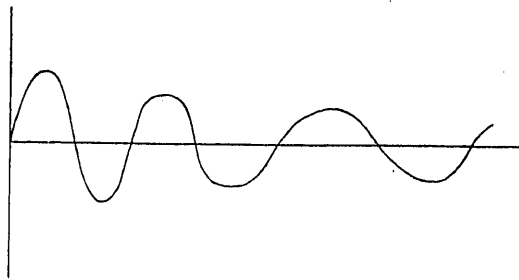
El rayo de luz, vibración transversal del éter, es un caso particular de las vibraciones electro-magnéticas. Hertz lo demostró con un *vibrador ó excitador eléctrico* y un *resonador*. El primero está constituido por dos varillas metálicas terminadas en dos esferas, puestas una frente á otra y en comunicación con una bobina de inducción, que tiene por objeto alimentar las cargas eléctricas de las dos varillas.



La chispa de descarga que se produce entre los extremos de éstas, parece única por la rapidez del fenómeno; pero en realidad son varias cuya intensidad va disminuyendo. El éter del dieléctrico comprendido entre ellas está sometido á una tensión comparable á la de un resorte; si

la causa que produce la tensión desaparece bruscamente, el dieléctrico recobra su posición inicial después de haber efectuado oscilaciones comparables á las que describe un resorte distendido de repente. La curva de la intensidad de esa *descarga oscilante* es tal como está.

Fig. 13



Como son tan rápidas y se extinguen pronto, es preciso alimentar constantemente las varillas por medio de cargas alternativamente opuestas, lo cual realiza la bobina de inducción. Cada descarga de la bobina es como si separásemos á un péndulo de su posición de equilibrio, y antes de terminar sus oscilaciones decrecientes, volviésemos á repetir la misma operación.

Las corrientes alternas rápidas que se producen en las varillas del vibrador, engendran oscilaciones que se propagan en el medio ambiente en forma de ondas electro-magnéticas que se reflejan, polarizan, interfieren, etcétera, como la luz. Presentan la polarización elíptica, rotatoria, los fenómenos de difracción, anillos coloreados de Newton, etc.

Para demostrarlo hizo uso Hertz de un aparato susceptible de vibrar al unísono con el *vibrador eléctrico* (como cuando se hace vibrar un diapason *resuenan* ó se ponen á vibrar todos los que están á su alrededor, y están templados á la misma nota), que llamó *resonador eléctrico* y que puede ser idéntico al vibrador. En realidad basta que tenga iguales sus características: capacidad, resistencia y auto-inducción.

Las ondas más pequeñas que consiguió provocar Hertz fueron de 30 centímetros; Righi las redujo y luego Lebedew ha conseguido producirlas de 6 milímetros, ó sean 50.000 millones de vibraciones por segundo. Las de la luz son, por término medio, de media milésima de milímetro y 600 billones de vibraciones. Aún hay alguna distancia, como se ve, entre los rayos electro-magnéticos producidos y los luminosos, pero las leyes de unos y otros son las mismas.

Disminuyendo las dimensiones de los *vibradores eléctricos* se puede reducir la longitud de onda; para llegar á la media milésima de milímetro es necesario reducirlos á las proporciones de las moléculas; este es el caso de los tubos de gases enrarecidos sometidos á descargas eléctricas.

Tesla ha conseguido por este medio convertir en luminosa la capa de aire comprendida entre dos alambres paralelos por los que circulaban corrientes alternas de alta frecuencia, iluminar tubos de Geisler, una lámpara incandescente, etc., sin contacto alguno, poniéndolos solo bajo la influencia de un campo alterno.

Un cuerpo *luminoso* ó foco de luz no es más que un conjunto de vibradores eléctricos, constituidos por sus moléculas; reducidos á esas dimensiones, sus ondas eléctricas

cas son ondas luminosas, produciéndose varias simultáneas de distintos períodos (*).

Las moléculas de un cuerpo iluminado no son otra cosa que diminutos resonadores eléctricos de Hertz; hacen vibrar al éter al unísono de las ondas que reciben y estén en relación con las características especiales (capacidad, resistencia y autoinducción) de las moléculas; así en unas resonará solo la onda de 631 billones de vibraciones por segundo, ó sea el color azul; en otras el rojo, de 484 billones, etc.

Estos cuerpos iluminados ó focos secundarios, como son todos los objetos que nos rodean (y cuya imagen queremos transmitir) emiten también sus ondas á otros resonadores, pero ya especializadas en intensidad y color, y si sobre una pantalla blanca recibimos solo las de un objeto, como se realiza en la cámara oscura, no dejando superponer las de otros, entonces las moléculas (resonadores) de dicha pantalla al vibrar al unísono de las ondas recibidas, pintan la imagen. Igual sucede en la retina.

Entre un foco de luz y un objeto iluminado se establece un campo electro-magnético en que el flujo eléctrico es perpendicular á los rayos de luz, y el flujo magnético que siempre acompaña á aquél y cuyos efectos se suman, tiene la dirección de dichos rayos.

La vibración etérea que constituye la luz, con su dirección é intensidad, variación de ambas en el espacio y leyes que la rigen, es un caso particular de la vibración etérea electro-magnética.

Si en lugar de llegar rayos de luz al pequeño disco de que hablábamos en nuestro telefoto, llegasen rayos electro-magnéticos ¿podría resolverse el problema y enviar á la línea las tres corrientes ondulatorias correspondientes á tres ejes coordenados según indicamos?

Si puede resolverse para los rayos electro-magnéticos que sabemos producir, es indudable que la solución existirá también para su caso particular, los luminosos. El mérito estribará para pasar á éstos en saber reducir la escala.

(Se continuará.)

MANUEL MALUQUER.

Madrid 24 de Agosto de 1897.

REVISTA EXTRANJERA

Transmisión de la energía por la electricidad.

El Ingeniero M. William H. Preece, electricista que goza de gran reputación, leyó en un Congreso celebrado recientemente en la *Institution of Civil Engineers* una interesante comunicación, de la cual extractamos los párrafos que siguen:

La utilización de las fuerzas naturales es quizás el problema más interesante para el ingeniero. Implica necesariamente el transporte de la fuerza desde el lugar en que se produce á aquel en que puede ser empleada con utilidad.

El mérito relativo de los diversos sistemas de transmisión se determina científicamente por el rendimiento comparativo, es decir, por la relación del trabajo útil al producido en el manantial.

Hay tres sistemas eficaces de transmisión á grande distancia: la electricidad, el agua y el aire. ¿Cuál es la eficacia de cada uno de estos sistemas? Es decir, ¿cuál es, con cada uno de ellos, la pérdida entre el trabajo producido por el salto y el utilizado en el extremo de la transmisión? En estos diversos sistemas, la eficacia está limitada por la resistencia de los materiales, por el calor desarrollado, por diversas dificultades físicas, por los riesgos para el personal y el material, el gasto de establecimiento, el de la explotación, etc.

Lo especial de la electricidad y lo que principalmente origina su valor consiste en que la proporción perdida en la línea de transmisión puede ser conservada constante é independientemente de la distancia, pero el coste crece necesariamente con la longitud. Lo que se debe considerar es, por lo tanto, la capacidad de la línea y el capital necesario para su establecimiento.

Un conductor de cobre de una pulgada cuadrada (64 c²) de sección que transmite 1.000 amperes perderá por el calentamiento 1 kilowatt, ó sea 1,33 caballos por cada 20 yardas (36^m.60). Si solo transmite 500 amperes, la pérdida será la misma en un trayecto doble, 80 yardas, y si la intensidad se limita á 50 amperes, en 800 yardas (732 m.); tal es la ventaja de reducir la intensidad de la corriente. Esto depende enteramente de nosotros, porque el peso de cobre que forma el conductor, para la misma transmisión de potencia, varía en razón inversa del cuadrado de la tensión.

Con 1.000 volts, se transmitirán 1.000 kilowatts ó 1.340 caballos con un conductor de una pulgada cuadrada de sección á una distancia de 5,6 millas ó 8.816 metros, con una pérdida de 50 por 100 de la energía producida en el origen de la línea. Con una tensión diez veces mayor, 10.000 volts, se transmitirá la misma potencia por el mismo conductor á 27,5 millas, ó sea 44.275 metros, y con 20.000 volts á 110 millas, 177 kilómetros, reduciéndose la pérdida á 2,5 por 100. A distancias menores puede reducirse aún más la pérdida. Lo mismo que con el agua, la tensión está limitada por la resistencia de la materia y por los esfuerzos que se ejercen sobre ella. Actualmente, es difícil realizar un aislamiento suficiente con más de 20.000 volts. Si fuera práctico emplear tensiones superiores, se podría transmitir la fuerza por la electricidad á 200 millas (320 kms.) del manantial de potencia, llegando á luchar con el vapor. Pero con los límites de tensión admitidos hoy y el precio anual del carbón, el radio de acción económico no excede (en Inglaterra) de 40 millas ó 64 kilómetros.

El mismo razonamiento se aplica á la transmisión de la fuerza por el agua á presión; la distancia á que es posible transportar económicamente la fuerza depende del precio de la fuerza en el lugar en que se ha de emplear, es decir, casi exclusivamente del precio del carbón en aquel punto.

Egipto es el país por excelencia para la aplicación de las transmisiones eléctricas. Hay en el Nilo, en Merarvi y en Wady-Halfa, magníficas cataratas que representan cantidades enormes de energía completamente perdida. ¿No será posible llevar esta energía al Cairo ó á sus inmediaciones? Evidentemente, pero ¿á qué precio? Las condiciones en cuanto al precio del carbón son muy diferentes que en Inglaterra.

Hay ya actualmente muchos ejemplos de transmisión á distancia de las fuerzas naturales por medio de la electricidad. Hé aquí algunos:

(*) Ha venido á comprobar esto mismo un experimento reciente del Dr. P. Zeeman, de la Universidad de Amsterdam: las franjas del espectro luminoso de un metal incandescente se ensanchan cuando este se halla dentro de un campo magnético intenso.