

de alambres de cobre aislados con seda, con otro enteramente igual, y cada uno de estos aparatos sirve alternativamente para hablar ó para escuchar.

Vamos á ver cómo funciona este ingenioso aparato, cuya primera idea se debe al físico americano Graham Bell.

Las vibraciones de la placa, delante de la cual se habla, determinan variaciones de intensidad en la fuerza de la barra que se halla en el estuche; y esas corrientes al pasar de un carrete á otro á través del hilo conductor, van á hacer variar de idéntica manera la fuerza de la barra del estuche receptor, lo que da origen á que la segunda placa vibre de igual manera que la primera, obteniéndose así, para el que escucha, sonidos iguales á los que produce la voz del que habla.

En los teléfonos modernos se ha introducido en el circuito una pila de corta intensidad y un micrófono.

Existen hoy líneas telefónicas en todas las ciudades importantes del mundo. El primer servicio á gran distancia se estableció en Bélgica entre Bruselas y Amberes, á 44 kilómetros. En América es donde existe la línea más larga construída hasta hoy, entre New York y Boston, pues mide 1,000 kilómetros.

La palabra puede llevarse, pues, á 250 leguas, siempre que los hilos sean de cobre y que haya hilo de regreso.

Innumerables son las aplicaciones que ha prestado el teléfono. Se empleó en la última guerra con los rusos, siendo los cables tan ligeros que un solo hombre podía colocarlos á pesar de medir de 400 á 500 metros.

Otra de las mayores ventajas del teléfono es su aplicación á la marina para el servicio de los bu-

ques, en puertos y fuertes marítimos, así como para transmitir las órdenes dentro de los buques.

Entre las aplicaciones industriales que se han hecho del teléfono se cuenta la que se intentó en el año de 1877 en Inglaterra y América para el servicio de las minas. Las galerías de éstas son algunas veces muy largas, y la transmisión de órdenes de servicio necesitaba emplear telégrafos eléctricos; pero como los mineros no están muy prácticos en el manejo de estos aparatos, el servicio dejaba mucho que desear. El teléfono, que permite á cualquiera persona transmitir y recibir comunicaciones sin práctica previa, hace que se faciliten las órdenes entre las galerías y el exterior.

Ha sido posible emplear los hilos telegráficos para

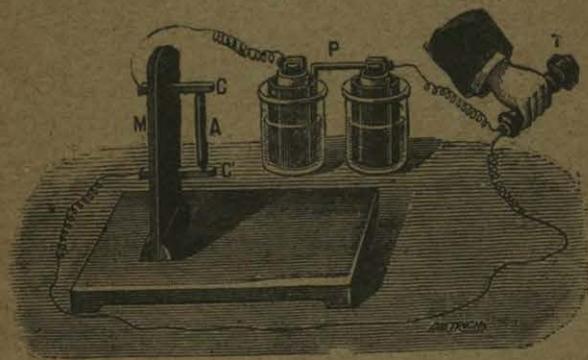


Fig. 381. El micrófono.

el envío de mensajes telefónicos, sin que se perturbe una y otra comunicación. El Sr. Ingeniero D. Manuel Ramírez ha verificado ensayos fructuosos entre México, Puebla, Toluca y Cuernavaca.

395. *El micrófono.* — El micrófono es un aparato

que sirve para aumentar la intensidad de los sonidos muy débiles. El más sencillo es el de Hughes.

Se compone de dos planchas de madera que forman ángulo recto; en la plancha vertical hay dos dados de carbón que tienen unas cavidades donde se apoya una barra cilíndrica de carbón, cuyas extremidades son cónicas: una especie de lápiz de dos puntas.

De uno de esos dados sale un alambre que va á dar al polo de una pila; del otro polo de la pila parte un alambre que comunica con uno de los contactos de un aparato telefónico, y el otro contacto se une, por medio de un alambre, con el otro dado del micrófono. Si se coloca en la plancha un reloj ó un insecto, las vibraciones se transmiten á la plancha vertical, y de aquí á los dados y al lápiz de dos puntas. Estas modificaciones en la corriente se traducen en vibraciones de la lámina telefónica, pero de tal manera intensas que el tic-tac de un reloj se oye como si alguien golpeará sobre la tabla, y puede percibirse el andar de un insecto.

MÁQUINAS DE INDUCCIÓN

396. *Máquina de Clarke.* — Las máquinas de inducción están formadas por un circuito cerrado que se mueve con gran velocidad en el campo magnético de un imán ó de un electro-imán. En el primer caso la máquina es *magneto-eléctrica* y en el segundo caso *dinamo-eléctrica*.

La máquina de Clarke (*) es el tipo de las má-

(*) Clarke, mecánico inglés, constructor de aparatos de física.

quinas magneto-eléctricas. Se compone de un imán poderoso A, fijo sobre una plancha de madera; delante de él hay dos carretes B y B' donde está enrollado un alambre de cobre aislado con seda. Los ejes de los carretes son de hierro dulce y están

unidos uno con otro por medio de una armadura del mismo metal.

Los dos carretes pueden girar rápidamente alrededor del eje horizontal q por medio de dos poleas y una cuerda sin fin.

Examinemos cómo se produce la corriente. Supongamos que al principio los



Fig. 382. Máquina de Clarke.

ejes de los carretes estén frente á los polos del imán. Los ejes se imanán por influencia y presentan á los polos del imán dos polos de nombre contrario. Se hace girar al aparato, los ejes se alejan del imán, y su imanación por influencia disminuye. A causa de esto circula una corriente inducida directa en el alambre de los carretes y persiste mientras dura el aleja-

miento. En el momento en que los carretes quedan á 90° de los polos del imán la imanación es nula. Continúa el movimiento de rotación, empieza á producirse y á aumentar la imanación, y entonces circula por el alambre una corriente inducida inversa. Pero como los ejes tienen ahora un magnetismo contrario al que tenían antes, las corrientes inducidas inversas en el periodo actual son del mismo sentido que las corrientes directas del periodo precedente.

Cuando los ejes quedan de nuevo en una dirección horizontal su imanación es máxima y va decreciendo hasta los 90° en que es nula. Las corrientes inducidas vuelven á ser inversas y entonces cambian de sentido. Se ve, pues, que el hilo de los carretes es recorrido por una corriente constante, pero que cambia de sentido á cada media revolución. Hay que hacer notar que los polos del imán fijo ejercen también acción sobre el hilo de los carretes.

Con objeto de conseguir que la corriente de esta máquina no sea alternativa sino continua, se le agrega un conmutador semejante al del carrete de Ruhmkorff.

El eje de rotación se prolonga en un eje de marfil *i* que lleva dos chapas de cobre *q*, aisladas mutuamente. Una chapa comunica con el extremo anterior del hilo de los carretes y otra con el extremo posterior. Cuando se ponen en comunicación con este sistema los dos resortes colectores *a* y *b* se observa que á cada media vuelta del eje cada una de las dos chapas pasa sucesivamente de un resorte al otro, lo que se verifica en el momento preciso en que las corrientes inducidas cambian de dirección, de tal manera que cada resorte recibe siempre una corriente en el mismo sentido; así es que el circuito exterior

resultará recorrido por una sucesión de corrientes que tendrán invariablemente el mismo sentido.

397. *Máquina magneto-eléctrica de Gramme.*—La máquina de Gramme se compone de un imán fijo



Fig. 383. Máquina de Gramme.

A M B en forma de herradura. Entre los polos A y B de este imán puede girar un anillo de Gramme C, que se compone de un cierto número de carretes consecutivos, en los cuales se desarrolla una corriente inducida determinada por el desalojamiento de los carretes [con] relación al imán A M B. La corriente

inducida se recibe por medio de dos escobas que van á dar á los terminales P y P'. La intensidad de la corriente es tanto más grande, cuanto mayor es la velocidad con que gira el anillo de Gramme. Para obtener el movimiento de rotación el eje del anillo lleva un piñón O que engrana con la rueda dentada R. Con una velocidad de 1.500 vueltas por minuto la corriente de la máquina es capaz de fundir un hilo de hierro de 10 centímetros de longitud por 1 milímetro de diámetro.

La máquina que acabamos de describir es una máquina de laboratorio; para el alumbrado eléctrico se hace uso de máquinas mucho más poderosas, que se llaman *dinamo-eléctricas*.

398. *Transporte de la fuerza motriz*.—Las máquinas dinamo-eléctricas producen una corriente eléctrica cuando se hace girar el carrete ó sea el anillo inducido. Recíprocamente si en el circuito de una máquina se lanza una corriente, el anillo inducido adquiere un rápido movimiento de rotación. Esto es lo que se entiende por *reversibilidad*.

Estas máquinas son, pues, á voluntad productoras de electricidad ó productoras de movimiento; en este caso se llaman *motores eléctricos*.

El principio de la reversibilidad de las máquinas dinamo-eléctricas se utiliza para el transporte de la fuerza motriz á grandes distancias. Supongamos que se dispone de una caída de agua, pero que esta caída esté á gran distancia del lugar en que pudiera ser utilizada. Bastará colocar cerca de ella una máquina dinamo-eléctrica que sería puesta en movimiento por una rueda hidráulica. La máquina produciría electricidad que, conducida por alambres aisladores, llegaría á una máquina semejante colocada en el

punto en que quiera aprovecharse la fuerza motriz. Esta segunda máquina entraría en movimiento bajo la acción de la electricidad y funcionaría como motor.

399. *Alumbrado eléctrico*.—El trabajo producido por una máquina eléctrica puede transformarse en luz; en el alumbrado público se emplea ahora la *lámpara de arco* y la *lámpara incandescente*.

León Foucault fué quien tuvo la idea de emplear, en 1844, el arco voltaico para el alumbrado. El primer experimento fué hecho en París, en la plaza de la Concordia, y no obstante que había una densa bruma, la luz iluminó toda la plaza.

En la Exposición de 1855 se vieron en el Palacio de la Industria dos lámparas eléctricas alimentadas cada una por una batería de cien elementos Bunsen; las lámparas funcionaron sin interrupción durante trece horas.

Para producir el arco voltaico se hace llegar la corriente de una dinamo á dos carbones tallados en punta y colocados á corta distancia uno de otro. Salta entre uno y otro una chispa en forma de arco y de luz deslumbradora. A poco tiempo se observa que el carbón correspondiente al polo positivo se ahueca, mientras que el negativo va aumentando de tamaño, lo que comprueba que hay transporte de partículas de carbón del polo positivo al negativo. Tan pronto como la distancia aumenta más allá de cierto límite, el arco se apaga.



Fig. 384. El arco voltaico.

Para remediar este inconveniente se ha recurrido al empleo de reguladores mecánicos, que mantienen constante la separación de los carbones.

En 1876 un joven ingeniero ruso, el Sr. Jablochhoff, imaginó una bujía eléctrica que suprimía el empleo del regulador, pues constaba de dos carbones colocados paralelamente y separados por una substancia aisladora.

La temperatura del arco es sumamente elevada: el platino, cuyo punto de fusión es de 2.000 grados, se funde instantáneamente. La incandescencia de los carbones produce su combustión al contacto del

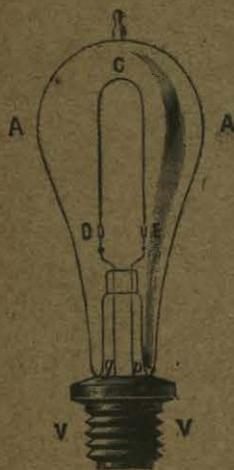


Fig. 385. Lámpara incandescente.

aire y su transformación en gas ácido carbónico; se remedia el inconveniente depositando galvánicamente sobre la superficie de los carbones una capa delgada de cobre ó de níquel, que sin modificar la intensidad del arco, retarda considerablemente la combustión del carbón.

Para el funcionamiento de una lámpara de arco se requiere una corriente de 8 á 9 amperes, con una diferencia de nivel de 42 volts.

La *lámpara incandescente* se compone de una fibra de carbón colocada en el vacío y llevada al rojo blanco por el paso de una corriente.

En la *lámpara Edison* el hilo de carbón DCE se obtiene carbonizando y cubriendo de plombagina una delgada fibra de bambú. Este filamento se encorva en forma de herradura y se fija á dos hilos

de platino *p, q*, con lo cuales se suelda por medio de un depósito galvánico de cobre. Los hilos de platino atraviesan una masa de yeso que cierra la lámpara por la parte inferior. La lámpara tiene la forma de una ampolla de vidrio *A* en la cual se ha hecho el vacío y cuya punta se cierra á la lámpara. Basta hacer pasar por la fibra una corriente intensa para que se ponga incandescente.

La lámpara grande de Edison tiene forma de pera, el hilo alcanza 12 centímetros de largo por 0^{mm}2 de espesor, ofrece en caliente una resistencia de 125 ohms y tiene un poder luminoso de 2 *carcels* (*).

Cada lámpara exige una corriente de 0,65 amperes, con una diferencia de nivel de 90 volts; siendo la energía necesaria para su incandescencia igual á 58,5 watts (**).

La fabricación de lámparas incandescentes comprende las operaciones siguientes: 1.^a, preparación, elección, reforzamiento é igualación de los filamentos; 2.^a, montaje del filamento en la ampolla; 3.^a, extracción del aire y verificación del vacío; 4.^a, colocación de la lámpara sobre el soporte donde van á dar los reóforos del circuito.

Para ver si está bien hecho el vacío se coloca la lámpara en el circuito inducido de un carrete de Ruhmkorff, y no ha de observarse en el interior de la ampolla ningún esfluvio coloreado; cuando mucho se observará una ligera fosforescencia en la superficie. Si el vacío no está bien hecho se observan

(*) *Carcel* es el brillo luminoso de una lámpara que quema 48 gramos de aceite por hora.

(**) *Watt* es el trabajo proporcionado en un segundo por una pila de Daniell que produce una corriente de 1 ampere.

en la ampolla penachos violados ó una nube de un blanco lechoso.

Una lámpara incandescente ya terminada ha tenido que pasar por 120 manos diferentes.

La vida de una lámpara incandescente dura por término medio 1.200 horas. El consumo de estos aparatos de alumbrado es extraordinario. Solamente en Francia se fabrican 9.000.000 de lámparas por año.

400. *Hornos eléctricos.*—La elevada temperatura del arco voltaico ha tenido aplicación en la construcción de hornos eléctricos. El horno eléctrico del Sr. Moissan consiste en un paralelepípedo de piedra calcárea, dentro del cual hay practicada una cavidad. Las paredes de esta cavidad están revestidas con placas de carbón separadas de la piedra calcárea por medio de placas de magnesia. Las caras menores del bloque están atravesadas por unos electrodos de carbón muy puro que se pueden acercar con ayuda de unos carritos. Abajo del punto en que salta el arco hay un tubo de carbón donde se colocan las substancias que se desea calentar.

Este horno da una temperatura de 3.000 á 3.500 grados, á la cual se ha logrado fundir los metales y minerales más refractarios.

EL RADIO Y LA RADIO-ACTIVIDAD

La fosforescencia es la propiedad que posee un gran número de substancias de emitir luz á temperaturas inferiores á 500 grados, cuando se las coloca en ciertas condiciones.

El Sr. Edmundo Becquerel atribuía á cinco causas distintas el fenómeno de la fosforescencia:

I. *La fosforescencia espontánea* en ciertos vegeta-

les y en ciertos animales. Nosotros conocemos muy bien la pálida fosforescencia de la luciérnaga y la viva fosforescencia del cucuyo. En las regiones tropicales, el mar está cubierto á menudo de una luz fosforescente bastante intensa, que se debe á zoófitos de extraordinaria pequeñez. Los Sres. Quoy y Gainard, en un viaje que hicieron por el Ecuador, recogieron dos de esos animalitos y, habiéndolos colocado en un frasco con agua, el líquido se iluminó en toda su masa.

II. *La fosforescencia por elevación de temperatura*, que se manifiesta en ciertos diamantes y en las variedades de espato-fluor. Este cuerpo calentado á 300 ó 400 grados se vuelve luminoso y esparge una luz azulada bastante fuerte.

III. *La fosforescencia por efectos mecánicos*, tales como el frotamiento y la percusión. Nadie ignora que cuando se rompe en la obscuridad un trozo de azúcar se ve una luz fugitiva.

IV. *La fosforescencia por electricidad*, como la que resulta del frotamiento del mercurio contra el vidrio en el interior del tubo barométrico, y sobre todo observando las chispas de una máquina eléctrica ó de un carrete de Ruhmkorff.

V. *La fosforescencia por insolación*, es decir, por la luz solar directa ó bien por la luz difusa de la atmósfera. Un gran número de substancias, después de haber estado expuestas á la luz del Sol, brillan en la obscuridad con fulgor bastante vivo; tal es el caso en cuerpos como el sulfuro de bario ó el sulfuro de zinc. Al lado de la fosforescencia se coloca otro fenómeno que es el de la fluorescencia, estudiado por Sir G. Stokes. La fluorescencia es una especie de fosforescencia instantánea. El carácter distintivo en-

tre la fosforescencia y la fluorescencia consiste en que la fosforescencia persiste por algún tiempo después de que ha cesado de obrar la causa que la produjo; mientras que la fluorescencia termina instantáneamente con la causa productora. Si se hace caer sobre una solución de sulfato de quinina un haz invisible de rayos ultravioletados, el sulfato se vuelve fluorescente, pero deja de serlo al suspenderse la emisión.

Si por medio de la corriente producida por un carrete de Ruhmkorff, se enciende un tubo que contenga una sal de zinc, se observa que aun después de interrumpida la corriente el tubo sigue brillando por algún tiempo. Esta substancia es, pues, una substancia fosforescente. Hay unos tubos de cristal que contienen aire enrarecido á $\frac{1}{2}$ mm. y en cuyo centro hay un ramo de flores y hojas de *papier maché*; á los lados del ramo hay mariposas y libélulas. Cada flor y cada insecto está impregnado con distintas sales fosforescentes y al pasar la corriente del carrete de Ruhmkorff se observa que el ramo y los insectos toman los más brillantes y hermosos colores. Parece que se trata de un ramo natural poderosamente iluminado por un espléndido Sol de primavera. Al interrumpirse la corriente el ramo queda por algunos instantes fosforescente.

Si en un tubo de Geissler se coloca una substancia llamada *fluorescína*, toma un brillo intenso cuando pasa la corriente, pero deja de brillar tan pronto como se suspende la corriente. Estos experimentos bastan para establecer bien la diferencia entre la fosforescencia y la fluorescencia.

Ahora bien, el profesor Crookes ha conseguido obtener la fosforescencia de algunos cuerpos por medio

del bombardeo molecular que se produce dentro de un tubo de Crookes, en otros términos, por medio de los rayos catódicos.

Los rayos catódicos fueron descubiertos por Hittorf en el año de 1868. Este físico notó que en el espacio obscuro que rodea al electrodo negativo de un tubo lleno de gas enrarecido, la propagación de la electricidad se hacía según trayectorias rectilíneas, y que esos rayos iban cargados de electricidad negativa y eran normales á la pared del cátodo. Estos rayos, cuya denominación de «catódicos» les fué dada por el Sr. E. Wiedeman, producen sobre el vidrio una fosforescencia de color verde. Un cuerpo sólido, aislador ó conductor, detiene estos rayos y su silueta se proyecta, con una sombra negra, sobre la pared de la ampolla. Un campo magnético desvía los rayos catódicos y estos rayos se conducen, frente á un imán, como corrientes de electricidad negativa partiendo del cátodo.

El descubrimiento de Hittorf hizo inmediatamente renacer la lucha entre las dos hipótesis imaginadas por los físicos para explicar los fenómenos de la radiación. Según unos, los rayos catódicos estaban formados por el movimiento vibratorio del éter universal.

Esta teoría cuenta ahora con muy pocos defensores; la mayor parte de los físicos están de acuerdo en considerar los rayos catódicos como las trayectorias de partículas materiales electrizadas, lanzadas por el cátodo. Es ésta la *materia radiante* de Crookes, que ya había previsto el gran Faraday.

Entre las propiedades que tienen los rayos catódicos, hay que recordar la que consiste en dar una coloración amarillo-verdosa al vidrio de uranio. Ilu-

minando un letrero de vidrio de uranio que contenga aire enrarecido el efecto es verdaderamente notable; he aquí la *luz fría* del porvenir.

El Sr. Enrique Becquerel emprendió con entusiasmo el estudio de los rayos X, y de aquí le vino la idea de impresionar placas fotográficas por la radiación de substancias fosforescentes encerradas en tubos que no produjeran rayos X y también por medio de la fosforescencia del espató fluor y de la blenda exagonal.

Una vez intentó el experimento con laminitas de sulfato doble de uranio y de potasio. Para esto envolvió una placa fotográfica en papel negro, grueso; encima colocó una moneda de plata y sobre la moneda puso las laminitas; después de haber expuesto todo al Sol durante algunas horas, reveló la placa y encontró una impresión ligera de las laminitas, más una sombra producida por la moneda de plata. En una ocasión el Sr. Becquerel preparó un experimento, pero tuvo que interrumpirlo á causa del mal tiempo, y guardó la placa y las laminitas en un cajón. A los pocos días se le ocurrió revelar la placa, esperando no encontrar más que una impresión débil; pero todo lo contrario, resultó intensamente impresionada. Nuevos experimentos demostraron que la impresión se verificaba perfectamente en la obscuridad; así es que el Sr. Becquerel se encontró en presencia de una *emisión de rayos penetrantes*, que se verificaba sin causa excitadora aparente. Esta nueva propiedad de la materia recibió el nombre de *radio-actividad*. Como los compuestos del uranio eran los que producían los efectos más notables, el Sr. Becquerel dedujo que el metal *uranio* era el que producía la actividad radiante. En efecto, unos fragmentos de este

metal produjeron una acción tres veces y media más intensa que la producida por el sulfato doble de uranio y de potasio. Pero lo verdaderamente curioso del fenómeno era que la duración de la radiación parecía indefinida.

Dos años llevaba el Sr. Becquerel de hacer sus experimentos con el uranio cuando el Sr. Schmidt y la Sra. Sclodowska Curie encontraron independientemente que el metal torio emitía radiaciones semejantes á las del uranio. Este descubrimiento puso á la Sra. Curie en el camino de investigar si otros cuerpos no poseerían también la propiedad radio-activa.

La Sra. Curie al hacer sus experimentos con tres clases de pechblenda (óxido de uranio) encontró que todas ellas, muy especialmente la pechblenda de Johannegeorgenstadt, tenían una actividad extraordinaria muy superior á la del torio.

Métodos de investigación muy delicados permitieron á los esposos Curie, ayudados del Sr. Bemont, aislar un cuerpo semejante al bismuto.

Madame Curie (que es polaca) quiso que el nuevo cuerpo fuera conocido con el nombre de *polonio*.

Poco después del descubrimiento del polonio llegaron aquellos hábiles químicos al descubrimiento del *radio*, cuerpo semejante al bario; pero fué necesario tratar algunas toneladas de pechblenda para llegar á obtener algunos cuantos *decigramos* de cloruro de radio.

Referiré algunos experimentos que he verificado en mi laboratorio.

El día 4 de Marzo de 1904 coloqué el tubo del espintariscopio de Crookes—sin el microscopio—sobre una placa fotográfica y encerré todo en una caja de madera. Al cabo de dos horas de exposición

revelé y resultó un círculo negro perfectamente marcado en la placa.

Al día siguiente puse una llave sobre una placa y

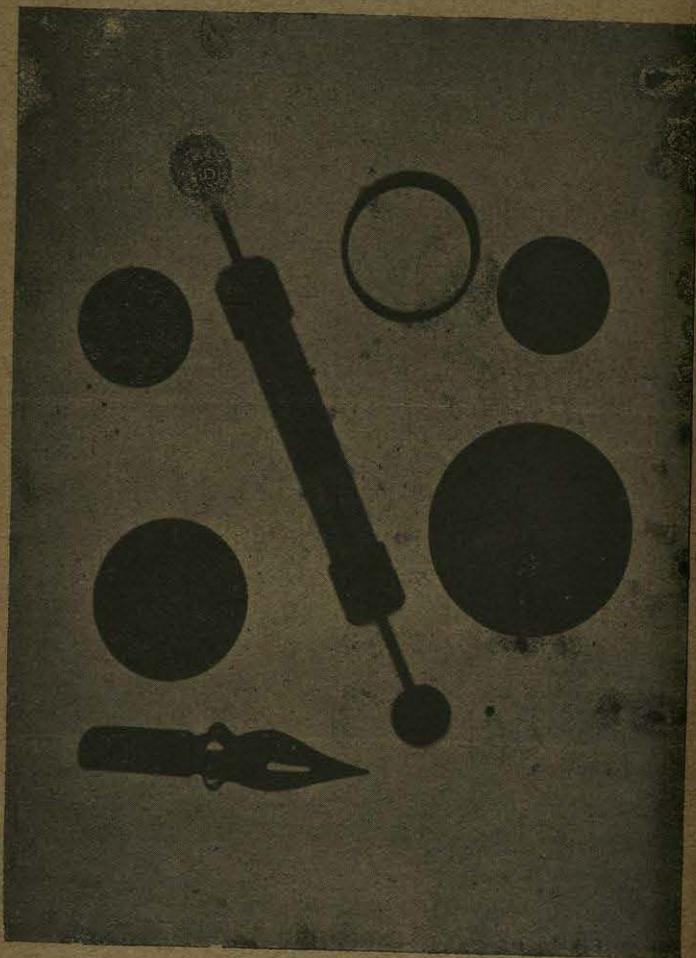


Fig. 386. Fotografía obtenida por el Profesor Luis G. León, con las radiaciones del radio.

arriba (á unos cuantos centímetros) la pantallita con

el radio. Al cabo de una hora de exposición la placa resultó intensamente impresionada.

El día 6 de Marzo coloqué sobre una placa fotográfica un portamonedas que contenía objetos metálicos. Dos horas de exposición no fueron suficientes para atravesar el portamonedas. Entonces encerré un centavo y una pluma en un sobre y al cabo de cinco horas y media de exposición quedó bien impresionada. Se observa no solamente las huellas de los objetos metálicos sino también las fibras del papel.

Con una exposición de 24 horas logré atravesar una caja de cartón que contenía una pluma de acero. Es indudable que con una partícula de radio de mayores dimensiones se podrán hacer radiografías con exposiciones mucho más cortas.