

EXPERIMENTOS CON CORRIENTES ALTERNAS DE MUY ALTO POTENCIAL Y MUY ALTA FRECUENCIA.

El siguiente texto es una lectura hecha por Nikola Tesla ante la Institución de Ingenieros Eléctricos en Londres en 1892.



No puedo encontrar palabras para expresar cuán profundo es el honor de dirigirme a algunos de los más importantes científicos, ingenieros, electricistas y pensadores del presente del más grande país por sus logros científicos.

No puedo llamar míos los resultados que tengo el honor de presentar ante esta reunión. Hay entre ustedes varios que estarían en mejor situación que yo mismo en cuanto al mérito que este trabajo pudiera merecer. No necesito mencionar muchos nombres que son conocidos mundialmente- nombres de los de entre ustedes que son reconocidos como los líderes en esta cautivadora ciencia,; pero uno, al menos ,debo mencionar, un nombre que no podría ser omitido en una demostración de esta clase. Es un nombre asociado con la más hermosa invención jamás hecha: ¡es Crookes!

Cuando yo estaba en el colegio, hace ya tiempo, leí en una traducción (en aquel tiempo yo no estaba familiarizado con su magnífico lenguaje) la descripción de sus experimentos con la materia radiante. Lo leí solamente una vez en mi vida (en aquél tiempo) y hasta este día puedo recordar cada detalle de aquel magnífica trabajo. Déjenme decir que son pocos los libros que pueden causar tal impresión sobre la mente de un estudiante.

Pero si, en esta ocasión, yo menciono este nombre como uno de los muchos de los que esta institución puede presumir, es porque tengo más de una razón para hacerlo. Para lo que yo tengo que decir y mostrar aquí esta tarde, en una gran medida, este impreciso mundo que el profesor Crookes ha explorado tan profundamente y más aún cuando repaso el proceso mental que me condujo a estos avances (que incluso para mi no pueden ser considerados una fruslería y que son tan apreciados por ustedes) creo que en su origen real ,lo que me impulsó a empezar a trabajar en esa dirección y alcanzarla, después de un largo período de reflexión constante, fue este fascinante librito que leí hace muchos años.

Y ahora que he hecho un pequeño esfuerzo para expresar mi homenaje, mi reconocimiento y mi deuda para con el y otros entre ustedes, voy a hacer un segundo esfuerzo, que espero que ustedes no encuentren tan débil y en primer lugar para entretenerles.

Déjenme introducir la materia en unas pocas palabras.

Hace no mucho tiempo tuve el honor de presentar ante el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos algunos resultados llegados a mi en una nueva línea de trabajo.: No es necesario que les asegure que las muchas evidencias que he recibido de que los científicos ingleses y los ingenieros que estaban interesados en este trabajo han significado para mi un gran impulso y una gran recompensa. No voy a explayarme sobre los experimentos ya descritos, excepto lo necesario para completar y expresar más claramente algunas ideas avanzadas por mí, y mis observaciones sobre la materia de la que consta la lectura de esta tarde.

Esta investigación, no hace falta decirlo, trata de corrientes alternas, y, para ser más preciso, con corrientes alternas de alto potencial y alta frecuencia. Cuán esencial es la alta frecuencia para la producción de los resultados obtenidos es una pregunta cuya respuesta, incluso con mi experiencia hasta el presente, iba a ponerme en aprietos. Algunos de los experimentos pueden ser realizados con bajas frecuencias, pero muy altas frecuencias son deseables, no solo teniendo en cuenta los muchos efectos asegurados por su uso, sino también como un medio de obtener en los aparatos de inducción empleados los altos potenciales que, a su vez, son necesarios para la mayor parte de los experimentos aquí contemplados.

Entre las varias ramas de la investigación eléctrica, quizás la más interesante y la más inmediatamente prometedora es la que trata con las corrientes alternas. Los progresos en esta rama de las ciencias aplicadas han sido tan grandes en los últimos años que se justifican las esperanzas más optimistas. Con mucho esfuerzo nos hemos familiarizado con un hecho, cuando nuevas experiencias nos han hecho ver abiertas nuevas vías de investigación. Incluso en este momento las posibilidades soñadas antes, con el uso de estas corrientes, están ahora parcialmente realizadas. Como en la naturaleza todo es vaivén, todo es movimiento ondulatorio, así parece que en todas las ramas de la corriente alterna la onda eléctrica va a tener oscilación.

Quizás una razón por la que esta rama de la ciencia está siendo desarrollada tan rápidamente se puede encontrar en el interés puesto en el estudio experimental. Si colocamos una bobina en un simple aro de acero y lo conectamos a un generador, vemos maravillados los efectos de extrañas fuerzas que ponemos en juego, que nos permiten transformar, transmitir y dirigir energía según nuestros deseos. Si construimos los circuitos de forma apropiada, vemos la masa de acero y cables comportarse como si hubiera sido dotada de vida, girando una pesada armadura a través de invisibles conexiones con gran fuerza y velocidad –con la energía posiblemente enviada desde gran distancia. Observamos como la energía de una corriente alterna que atraviesa un cable se manifiesta- no tanto en el cable como en el espacio circundante de la más sorprendente manera, tomando la forma de calor, luz, energía mecánica y, lo más sorprendente de todo, incluso química. Todas estas observaciones nos fascinan y nos llenan de un gran deseo de saber más acerca de la naturaleza de estos fenómenos. Cada día vamos al trabajo con la esperanza de descubrir, con la esperanza de que alguien, no importa quien, pueda encontrar una solución para alguno de estos grandes problemas pendientes y cada día volvemos a nuestra tarea con renovado ardor sabiendo que, incluso si no hemos tenido éxito, nuestro trabajo no ha sido en vano porque en estos afanes, en estos esfuerzos hemos encontrado horas de indescriptible placer y hemos dirigido nuestros esfuerzos en beneficio de la humanidad.

Podemos tomar (al azar si así lo preferimos) uno de los muchos experimentos que pueden ser realizados con corrientes alternas, unos pocos de los cuales, y de ninguna manera los más impactantes son el objeto de la demostración de esta tarde. Todos ellos son igualmente interesantes, todos dan que pensar.

Aquí tenemos un simple tubo de cristal del cual el aire ha sido parcialmente extraído. Lo tomo en mi mano y pongo mi cuerpo en contacto con un cable con corriente alterna de alto voltaje y el tubo y mi mano están brillantemente iluminados. En cualquier posición que lo ponga, donde quiera que lo ponga en el espacio tan lejos como pueda alcanzar su dulce y agradable luz persiste con igual brillantez.

Aquí tenemos un bulbo en el que se ha hecho el vacío colgado de un solo cable. Estando en un soporte aislado lo tomo en mi mano y un botón de platino montado en él se pone vívidamente incandescente.

Aquí, conectado a un cable de alimentación, tenemos otro bulbo que se llena con magníficos colores de luz fosforescente cuando yo toco su zócalo metálico

Aquí hay otro sobre el cual mis dedos proyectan una sombra (la sombra de Crookes) del vástago que hay dentro.

Aquí todavía, aislado como estoy en esta plataforma, pongo mi cuerpo en contacto con uno de los terminales del secundario de este bobinado inductivo (con el final de un cable de varias millas de largo) y ustedes ven los haces de luz escapar desde su distante final, que esta bajo una violenta vibración.

Una vez más aquí yo conecto estas dos chapas de malla de alambre a los terminales de la bobina, las coloco a una cierta distancia y conecto la bobina. Ustedes pueden ver una pequeña chispa saltar entre las chapas. Coloco una gruesa placa del mejor dieléctrico entre ellas y, aunque parezca imposible, allano el camino de la descarga, la cual, cuando inserto la placa, simplemente cambia su apariencia y toma la forma de corrientes luminosas.

¿Hay algo, pregunto, puede haber algo más interesante que el estudio de las corrientes alternas?

En todas estas investigaciones, en todos estos experimentos, que son muy muy interesantes durante muchos años (desde que el más grande investigador que se presentó en esta sala descubrió su principio) siempre hemos tenido un compañero, un aparato familiar para todos, una vez fue juguete, algo muy importante ahora, la bobina de inducción. No existe aparato más querido por los electricistas. Desde el más capaz de entre ustedes, me arriesgaría a decir, hasta el más inexperto estudiante, hasta ustedes, todos hemos pasado deliciosas horas

experimentando con la bobina de inducción. Hemos observado su acción, y pensado y ponderado sobre los hermosos fenómenos que se muestran a nuestros encantados ojos. Tan bien conocido es este aparato, tan familiares son estos fenómenos a todos que casi me falta valor al pensar que tengo que osar dirigirme a tan capaz audiencia, que tengo que arriesgarme a entretenerles con este mismo viejo aparato. Aquí en realidad está el mismo viejo aparato, y aquí están los mismos fenómenos, sólo que el aparato es accionado de forma un poco diferente y los fenómenos son presentados de una forma diferente. Algunos de los resultados que encontramos son los esperados, otros nos sorprenden, pero todos captan nuestra atención, porque en la investigación científica cada nuevo resultado conseguido debe ser un nuevo punto de partida, cada nuevo resultado aprendido debe conducir a importantes desarrollos.

Normalmente cuando actuamos sobre una bobina de inducción debemos alimentarla con una moderada frecuencia en el primario, ya sea mediante un interruptor o con el uso de un alternador. Los primeros investigadores ingleses, de los que mencionaré sólo a Spottiswode y J.E.H. Gordon, han usando un interruptor rápido en conexión con la bobina. Nuestros conocimientos y experiencia actual nos permiten saber la causa por la que en estas condiciones los test no produjeron ningún fenómeno notable, y porque experimentadores capaces no pudieron percibir muchos de los curiosos efectos que han podido ser observados desde entonces.

En los experimentos ofrecidos esta tarde nosotros alimentamos la bobina ya sea mediante un alternador construido especialmente y capaz de dar varios miles de inversiones de corriente por segundo o mediante la descarga disruptiva de un condensador a través del primario. Así conseguimos en el secundario una frecuencia de varios cientos, miles o millones de ciclos por segundo si lo deseamos, y mediante el uso de estos medios entramos en terrenos hasta ahora inexplorados.

Es imposible proseguir una investigación en una nueva línea sin encontrar una observación interesante o aprender algún hecho útil. La prueba convincente de que esto es aplicable a nuestra lectura de hoy son los muchos curiosos e inesperados fenómenos que observamos.

Para ilustrarnos tomemos por ejemplo el fenómeno más obvio: la descarga de una bobina de inducción.

Aquí tenemos una bobina alimentada por corrientes vibrando con extrema rapidez obtenida mediante la descarga disruptiva de una botella de Leyden. No sería una sorpresa si el conferenciante fuese un estudiante que el secundario de esta bobina consiste en una pequeña longitud de un cable de gran sección, no sería una sorpresa si él fuera el conferenciante comprobar que, a pesar de eso, la bobina es capaz de dar un potencial que el mejor aislamiento de las vueltas pueden soportar: pero aunque esté preparado e incluso sea indiferente acerca del resultado ya conocido, el aspecto de la descarga de la bobina va a sorprenderle e interesarle. Todo el mundo está familiarizado con la descarga de una bobina ordinaria, no es necesario recordarlo aquí. Pero, por el contrario, aquí hay una forma de descarga de una bobina cuya corriente primaria esta vibrando varios cientos de miles de veces por segundo. La descarga de una bobina ordinaria aparece como una simple línea o banda de luz. La descarga de esta bobina aparece con la forma de luminosos brillos y corrientes luminosas saliendo de todos los puntos de las dos alambres rectas conectadas a los terminales del secundario.

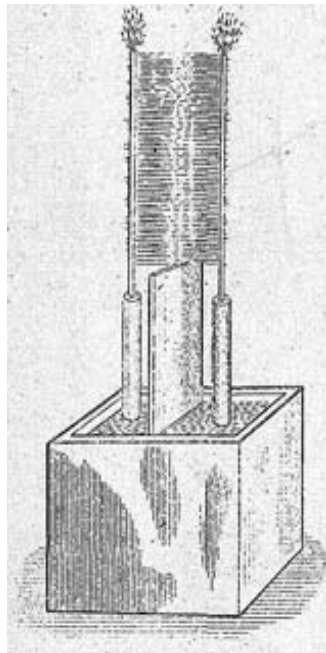


Fig.1 - DESCARGA ENTRE DOS ALAMBRES CON FRECUENCIAS DE UNOS CIENTOS DE MILES POR SEGUNDO.

Ahora comparen este fenómeno que ustedes acaban justo de ver con la descarga de una máquina de Holtz o Wimshurst, ese otro experimento tan querido por el conferenciante. ¡Vaya diferencia entre esos dos fenómenos! Si yo hubiera hecho lo necesario (que podría haber sido hecho fácilmente si no interfiriera con otros experimentos) podría producir con esta bobina chispas que, si estuviera escondida de su vista y sólo los terminales expuestos, incluso el mas inteligente observador entre ustedes habría encontrado difícil, si no imposible distinguirlas de las de una máquina de fricción. Se puede hacer de muchas maneras, por ejemplo operando la bobina que carga el condensador de una máquina de muy pequeña frecuencia y preferiblemente ajustando el circuito de descarga de modo que no sufra oscilaciones. Entonces obtenemos en el circuito secundario, si los terminales son del tamaño y colocación necesarios una más o menos rápida sucesión de chispas de gran intensidad y pequeño tamaño que tienen el mismo brillo y están acompañadas por el mismo intenso estallido como los obtenidos en una máquina de fricción.

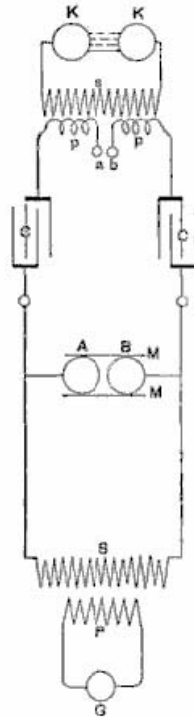


Fig.2 - IMITANDO LA CHISPA DE UNA MÁQUINA DE HOLTZ.

Otro Modo es pasar a través de dos circuitos primarios, con un secundario común, dos corrientes de períodos ligeramente diferentes, que producen en el secundario chispas a intervalos comparativamente largos. Pero, incluso con los medios de que disponemos esta tarde, voy a tener éxito en imitar la chispa de una máquina de Holtz. Para este propósito establezco entre los terminales de la bobina que carga el condensador un largo y constante arco, que es regularmente interrumpido por la corriente ascendente de aire que produce. Para incrementar la corriente de aire coloco a cada lado del arco y cerca de él una gran placa de mica. El condensador cargado por esta bobina descarga en el circuito primario a través de una pequeña distancia de aire, lo que es necesario para producir una repentina subida de corriente a través del primario. El esquema de las conexiones está indicado en Fig. 2.

G es un alternador ordinario, que alimenta el primario **P** de una bobina, cuyo secundario **S** carga los condensadores o botellas **CC**. Los terminales del secundario están conectados al forro interior de las botellas mientras que los forros exteriores de las botellas están conectadas a los finales del primario **pp** de una segunda bobina. Este primario **pp** tiene una pequeña separación de aire **ab**.

El secundario de esta bobina está provisto de dos terminales o esferas **KK** de un tamaño apropiado t colocadas a una distancia necesaria para el experimento.

Se establece un largo arco entre los terminales **AB** de la primera bobina. **MM** son las placas de mica.

Cada vez que el arco se rompe entre **A** y **B** las botellas son rápidamente cargadas y descargadas a través del primario **pp** produciendo una ruidosa chispa entre los terminales **KK**. Cuando se forma el arco entre **A** y **B** el potencial cae, y las botellas no pueden ser cargadas hasta el alto potencial necesario para saltar a través del aire entre **a** y **b** hasta que el arco es de nuevo interrumpido por la corriente ascendente de aire.

De este modo se producen repentinos impulsos a largos intervalos en el primario **pp** que da en el secundario **s** el correspondiente número de impulsos de gran intensidad. Si los terminales o esferas KK son del tamaño adecuado, las chispas muestran mucho parecido con las de la máquina de Holtz.

Pero esos dos efectos, que para el ojo son muy diferentes, son solamente dos de los muchos fenómenos de descarga. Sólo necesitamos cambiar las condiciones del ensayo y de nuevo encontramos otras observaciones interesantes.

Cuando, en vez de conectarla bobina como en los dos últimos experimentos, la conectamos a un alternador de alta frecuencia, como en el próximo experimento, el estudio sistemático del fenómeno se vuelve mucho más fácil. En este caso variando el voltaje y la frecuencia de las corrientes a través del primario, podemos observar diferentes formas de descarga, como he mostrado en mi primer escrito presentado ante el American Institute of Electrical Engineer el 20 de mayo de 1891 (Ver "The Electrical World" 11 de julio de 1891)

Tomaría mucho tiempo y nos conduciría muy lejos del objeto de la presentación de esta tarde reproducir todas esas formas, pero me parece necesario mostrar una de ellas. Es una descarga que es interesante en más de un aspecto. Vista desde una posición cercana parece un chorro de gas escapando bajo una gran presión. Sabemos que este fenómeno se debe a la agitación de las moléculas cerca del terminal, y anticipamos que algún calor debe desarrollarse por el impacto de las moléculas contra el terminal o de una contra otra. Encontramos que la descarga está caliente y fácilmente encontramos la conclusión de que, si podemos alcanzar suficientes altas frecuencias, podemos producir una descarga que nos va a dar intensa luz y calor y que se parecería en todo a una llama ordinaria, salvo quizás que ambos fenómenos pueden no ser debidos al mismo agente, salvo quizás que la afinidad química puede no ser de naturaleza eléctrica.

Como la producción de calor y luz en este caso se debe al impacto de las moléculas o átomos de aire, o alguna otra cosa parecida, y, como nosotros podemos aumentar la energía simplemente aumentando el potencial, debemos, incluso con las frecuencias obtenidas de una dinamo, intensificar la acción hasta tal punto que podamos fundir el terminal. Pero con tan bajas frecuencias tenemos que tratar siempre con algo de la naturaleza de una corriente eléctrica. Si aproximamos un objeto metálico al arco, se produce una chispa fina y pequeña, aunque con las frecuencias usadas esta tarde la tendencia a saltar no es muy grande. Si, por ejemplo, si yo coloco una esfera metálica encima del terminal ustedes pueden ver todo el espacio situado entre el terminal y la esfera iluminados por las corrientes sin que haya chispa. Con las frecuencias mucho más altas conseguidas por la descarga disruptiva de un condensador, si no fuera por los impulsos repentinos, que son comparativamente pocos en número, el chisporroteo no ocurriría ni siquiera a pequeñísimas distancias. Sin embargo con incomparablemente más altas frecuencias, las cuales ya podemos producir, y supuesto que los impulsos eléctricos de tan altas frecuencias puedan ser transmitidos a través de un conductor, las características eléctricas del arco desaparecerían completamente (la chispa no saltaría, y no se sentiría un calambre) seguiríamos encontrando un fenómeno eléctrico, pero en la amplia y moderna interpretación del mundo. En mi primera presentación a la que me he referido antes hice hincapié en las curiosas propiedades del arco, y describí la mejor manera de producirlo pero pienso que vale la pena el esfuerzo de expresarme más claramente acerca de este fenómeno, a causa de su extraordinario interés.

Cuando una bobina es recorrida por corrientes de muy alta frecuencia, pueden ser producidos hermosos arcos incluso si la bobina es de pequeñas dimensiones. El experimentador puede hacerlos variar de varias maneras, y aunque no fuera otra cosa conseguiría una vista hermosa. Lo que añade más interés es que los efectos se pueden producir con un terminal o con dos, de hecho a menudo es mejor con uno que con dos.

Pero de todos los fenómenos de descarga observados, el más agradable de ver, y el más instructivo es el conseguido con una bobina que está alimentada por la descarga disruptiva de un condensador. El poder de los arcos, la abundancia de las chispas, cuando las condiciones son pacientemente ajustadas es sorprendente. Incluso con una pequeña bobina, si está muy bien aislada para soportar un potencial de varios miles de voltios por vuelta, las chispas pueden ser tan abundantes que la bobina entera parece una masa de fuego.

Curiosamente las chispas, cuando los terminales de la bobina están a una distancia considerable, parecen lanzarse en todas direcciones como si los terminales fueran perfectamente independientes el uno del otro. Como las chispas van a destruir rápidamente el aislamiento es necesario prevenirlo. Es mejor sumergir la bobina en un líquido aislante, tal como el aceite hervido. La inmersión en un líquido debe ser considerado casi una absoluta necesidad para la continuidad y el trabajo exitoso de tal bobina.

Está fuera de lugar que en una demostración experimental con solamente unos minutos para el desarrollo de cada experimento, para mostrar estos fenómenos claramente, así como para producir correctamente cada fenómeno, es necesario ajustar todo muy cuidadosamente. Pero incluso los producidos imperfectamente, como va a ocurrir esta tarde, son suficientemente impactantes para interesar a una audiencia inteligente.

Antes de mostrar algunos de estos curiosos efectos debo dar una corta descripción de la bobina y de los otros aparatos usados en los experimentos de esta tarde con la descarga disruptiva.

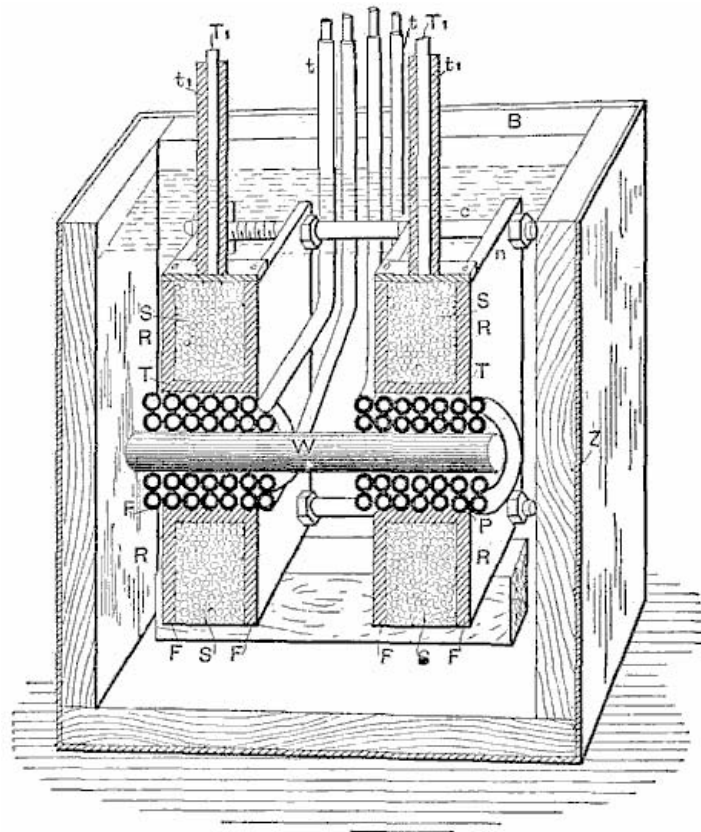


Fig.3 - BOBINA DE DESCARGA DISRUPTIVA.

Está contenida en una caja B (Fig.3) de gruesos paneles de madera pesada, cubierta por afuera con la chapa de Zinc Z, cuidadosamente soldada alrededor. Debe de procurarse, en la investigación científica estricta, cuando la precisión es de gran importancia, suprimir esta capa de metal, pues puede introducir muchos errores, principalmente a causa de su compleja acción sobre la bobina como condensador de pequeña capacidad y como pantalla electromagnética. Cuando la bobina se usa para los experimentos que se pretenden aquí, el uso de una cubierta metálica presenta algunas ventajas prácticas que no tienen la importancia para explayarse sobre ellas.

La bobina debe estar colocada simétricamente a la cubierta metálica, y la distancia entre ambas no debe ser pequeña, ciertamente no menor de, digamos, cinco centímetros, pero mucho más, si es posible, especialmente los dos lados de la chapa de zinc que están en ángulo recto con el eje de la bobina deben de estar a suficiente distancia, de otra manera pueden dañar su acción y ser una fuente de pérdidas.

La bobina consiste en dos carretes de goma fuerte **RR**, mantenidos a una distancia de 10 cm por los tornillos **c** y las tuercas **n** también de goma fuerte. Cada carrete comprende un tubo **T** de aproximadamente 8 cm de diámetro interior y tres milímetros de espesor, sobre el cual están roscadas dos placas **F F** de 24 centímetros de lado, el espacio entre las placas es de cerca de 3 cm. El secundario **SS**, de alambre cubierto de la mejor gutapercha, tiene 26 capas de 10 vueltas en cada una, dando para cada mitad un total de 260 vueltas. Las dos mitades están arrolladas en sentidos opuestos y conectadas en serie, la conexión entre ambas está hecha sobre el primario. Esta disposición, además de ser conveniente tiene la ventaja de que, cuando la bobina está bien equilibrada, - o sea que cuando ambos terminales **T1 T1** están conectadas a cuerpos o aparatos de igual capacidad - no hay mucho peligro de perforar a través del primario, y el aislamiento entre el primario y el secundario no debe ser gruesa. Usando la bobina es posible conectar a ambos terminales aparatos de aproximadamente la misma capacidad, cuando la capacidad de los terminales no es igual las chispas pueden pasar al primario. Para evitar esto, el punto medio del secundario debe ser conectado al primario, pero esto no siempre es posible.

El primario **P P** está bobinado en dos partes en sentidos opuestos sobre un carrete de Madera **W**, y los cuatro terminales se mantienen fuera del aceite a través de tubos de goma dura **t t**. Los terminales del secundario **T1 T1** son también mantenidos fuera del aceite a través de tubos de goma **t1 t1** de gran espesor. Las capas del primario y del secundario están aisladas por tejido de algodón, el espesor del aislamiento, por supuesto, guarda cierta relación con el potencial de las diferentes capas. Cada mitad del primario tiene cuatro capas de 24 vueltas

cada una, lo que da un total de 96 vueltas. Cuando ambas partes están conectadas en serie, nos da una relación de transformación de

1:2,7, y con los primarios en múltiple, 1:5,4 . Pero operando con muy altas frecuencias esta ratio no nos da ni siquiera una idea aproximada de las fuerzas electromotrices en el primario y en el secundario. La bobina está sujeta en el aceite sobre soportes de madera. Debe de haber aproximadamente cinco centímetros de aceite en todo el contorno. Allí donde el aceite no es especialmente necesaria el espacio está relleno con piezas de madera, y principalmente con este fin la caja **B** rodea el conjunto.

La construcción mostrada aquí no es, por supuesto, la mejor construcción según los principios generales, pero creo que es buena y conveniente para la producción de efectos para los que son necesarios un excesivo potencial y una pequeñísima corriente.

En conexión con la bobina empleo o bien la forma normal de descargador o una forma modificada. En el primer caso he introducido dos cambios con algunas ventajas obvias. Si se mencionan, es solamente con la esperanza de que algunos experimentadores las puedan encontrar útiles.

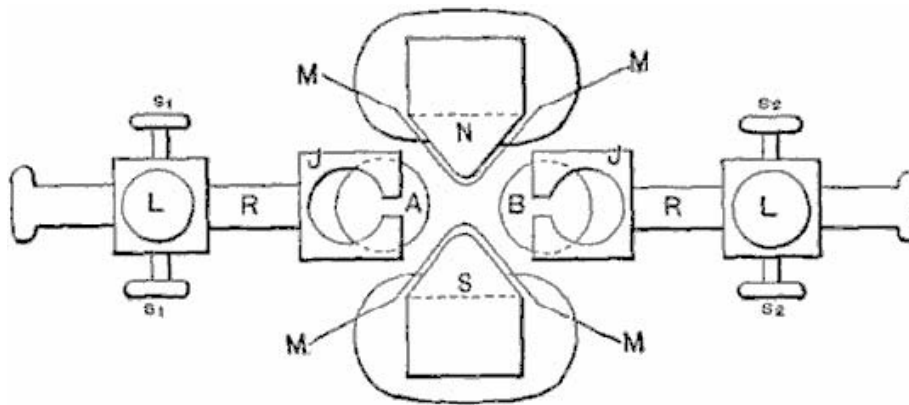


Fig.4 - Montaje mejorado de imán y descargador.

Uno de los cambios es que los terminales **A** y **B** (Fig. 4) del descargador están sujetos con muelles en unas mordazas de latón, **J J**, esto permite girarlas en diferentes posiciones evitando el tedioso problema de pulirlas frecuentemente.

El otro cambio consiste en el empleo de un potente electroimán **NS** que se encuentra con su eje en un ángulo recto con la línea que une los terminales **A** y **B** y que produce un fuerte campo magnético entre ellos. Los polos del electroimán son móviles y de tal forma construidos que pueden avanzar entre los terminales de latón, para conseguir que el campo magnético sea lo más grande posible, pero para prevenir que la descarga derive hacia el imán las piezas están protegidas por una capa de mica **M M** de suficiente espesor. **s1 s1** y **s2 s2** son tuercas para apretar los alambres. En cada lado una de las tuercas es para alambres gruesos y la otra para alambres finos. **L L** son tuercas para fijar en posición las barras **RR** que soportan los terminales.

En otro montaje con el imán hice la descarga entre las piezas polares redondeadas que en tal caso están aisladas y preferiblemente provistas con cabezas de latón pulido.

El uso de un campo magnético intenso es una ventaja principalmente cuando la bobina de inducción o transformador que carga el condensador es accionado por corrientes de muy baja frecuencia. En tal caso la cantidad de descargas entre los terminales puede ser tan pequeña como para provocar que las corrientes en el secundario sean indeseables para muchos experimentos. El intenso campo magnético sirve para soplar el arco entre los terminales tan pronto como se forma, y las descargas se produzcan en una rápida sucesión.

En lugar del imán se puede utilizar una corriente de aire con la misma ventaja. En este caso el arco se establece preferentemente entre los terminales **AB** en la figura 2 (Los terminales **ab** están generalmente unidos o no existen) en este montaje el arco es largo e inestable, y es fácilmente influido por la corriente de aire.

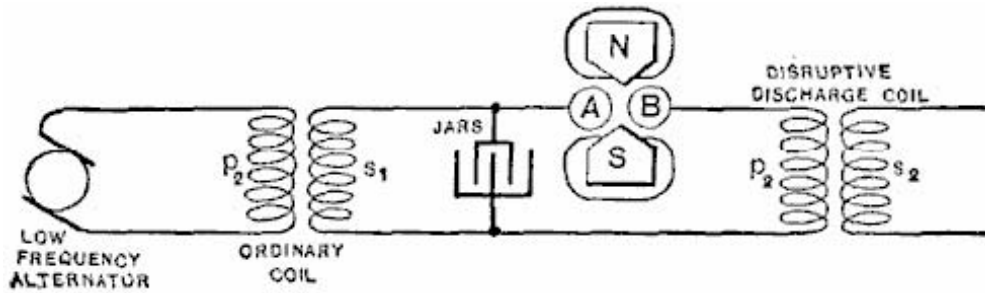


Fig.5 - Montaje con alternador de baja frecuencia y descargador mejorado.

Cuando se usa un imán para romper el arco es mejor escoger la conexión indicada en el diagrama de la figura 5 porque en este caso las corrientes que forman el arco son mucho más poderosas, y el campo magnético ejerce una gran influencia. El uso del imán permite, a pesar de todos, que el arco sea remplazado por un tubo de vacío, pero he encontrado muchas dificultades para trabajar con un tubo vacío.

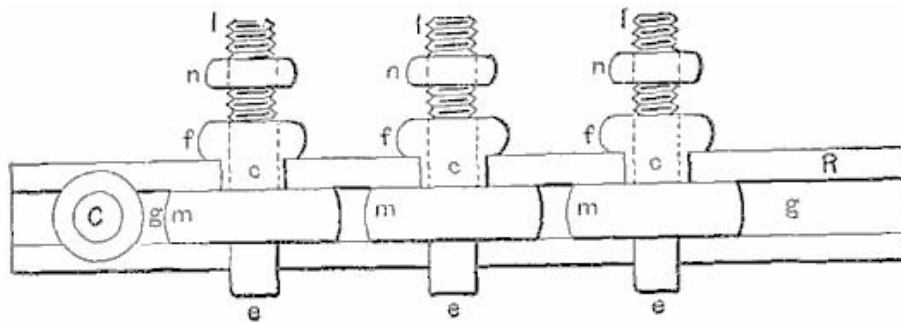


Fig.6 - DESCARGADOR CON MÚLTIPLES HUECOS.

La otra forma del descargador usada en este y similares experimentos esta indicada en la **Fig.6** y **Fig.7** . Consiste en una cantidad de piezas de latón **c c** (Fig.6), Cada uno de los cuales comprende una porción esférica **m** con una extensión **e** por abajo, (que es usada únicamente para sujetar la pieza en un torno mientras se pule la parte esférica) y una columna encima, que consiste en una pieza moleteada **f** encima de la cual hay un bulón **l** que lleva una tuerca **n** por medio de la cual se puede sujetar un cable a la columna. La pieza **f** sirve para fijar la pieza de latón al sujetar el cable y para girar la misma cuando es necesario ofrecer una nueva superficie de descarga. Dos fuertes bandas de goma **RR** con arandelas **gg** (Fig.7) para encajas en medio de las piezas **cc** sirven para sujetarlas y mantenerlas firmemente en su sitio por medio de dos tornillos **CC** (de los cuales sólo uno se ha representado) que pasan a través del final de las dos bandas.

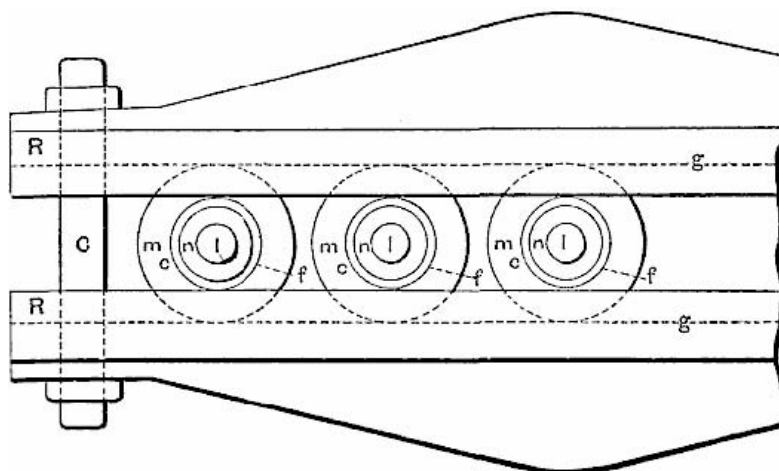


Fig.7 - DESCARGADOR CON MÚLTIPLES HUECOS.

En el uso de esta clase de descargador he encontrado tres principales ventajas sobre su forma normal. Primero: el poder dieléctrico de un espacio total de aire es mayor cuando se usan muchos pequeños huecos en vez de uno grande, lo que permite trabajar con una longitud menor de hueco de aire, lo que quiere decir pérdidas menores y menor desgaste del metal. En segundo lugar troceando el arco en otros más pequeños las superficies pulidas duran más. Y en tercer lugar el aparato permite un calibrado de los experimentos. Usualmente yo coloco las piezas interponiendo entre ellas hojas de espesor uniforme a una pequeña distancia que se conoce desde los experimentos de Si William Thomson para obtener una cierta fuerza electromotriz de la chispa.

Debo recordar que la distancia disruptiva disminuye según aumenta la frecuencia. Eligiendo un número de huecos el experimentador tiene una ligera idea de la fuerza electromotriz, y es más fácil repetir el experimento, puesto que no tiene que ajustar los terminales una y otra vez. Con esta clase de descargador he sido capaz de mantener un movimiento oscilante sin ver chispa alguna entre los terminales, y no mostraron un calentamiento excesivo. Esta forma de descarga permite muchos montajes distintos con condensadores y circuitos que son muy convenientes y que ahorran mucho tiempo. Lo he usado preferentemente en una disposición similar a la indicada en la **Fig.2**, cuando las corrientes que forman el arco son pequeñas.

Debo mencionar que he usado también descargadores son uno o varios huecos en los cuales las superficies de descarga eran giradas con gran rapidez. No se ganaba nada, sin embargo, excepto en los casos en los que las corrientes desde el condensador eran grandes y el enfriamiento de las superficies fue necesario y en casos en los que la descarga no era oscilante por si misma y el arco era extinguido por la corriente de aire en cuanto se establecía, comenzando así la vibración a intervalos en rápida sucesión. He usado también interruptores mecánicos de muchas maneras. Para evitar problemas con los contactos físicos, la mejor solución fue establecer el arco y rotar a través de él a gran velocidad un disco de mica con muchos agujeros y sujeto a una placa de acero. Se entiende que la utilización de un imán, de una corriente de aire, u otro interruptor no produce efectos dignos de mención, salvo que la auto inducción, capacidad y resistencia están tan relacionadas que se produzcan oscilaciones tras cada interrupción.

Ahora voy a mostrarles algunos de los fenómenos de descarga más notables.

He extendido a través de la sala dos cables normales revestidos de algodón, cada uno de ellos de unos siete metros de longitud. Están sujetos sobre cuerdas aislantes a una distancia de unos 30 cm. Conecto ahora a cada uno de los terminales uno de los cables a la bobina. Apagando la luz de la sala ustedes pueden ver los cables fuertemente iluminados por corrientes saliendo abundantemente de toda su superficie a pesar del algodón que los cubre, que puede incluso ser muy grueso. Para producir los mejores resultados es necesario, por supuesto, ajustar cuidadosamente la capacidad de las botellas, el arco entre los terminales y la longitud de los cables. Mi experiencia es que el cálculo de la longitud de los cables no conduce a ningún resultado. El experimentador hará mejor tomando cables muy largos al principio y después ajustarlos cortando al principio largos trozos y después más y más pequeños conforme su longitud se aproxima a la correcta.

Una manera adecuada es usar un condensador de aceite de muy baja capacidad, consistente en dos pequeñas chapas ajustables en relación con éste y otros experimentos similares. En tal caso tomo cables bastante cortos y al principio coloco las placas a la máxima distancia. Si las corrientes en los cables aumentan aproximando las placas, la longitud de los cables es bastante adecuada, si las corrientes disminuyen los cables son demasiado largos para esa frecuencia y ese potencial. Cuando un condensador se usa en experimentos con tal bobina, debe haber inexcusablemente un condensador de aceite, porque el uso de un condensador de aire va a producir un considerable derroche de energía. Los cables conectados a las placas en el aceite tienen que ser muy finos y bien forrados con algún material aislante, y provistos de un blindaje conductor preferiblemente hasta debajo de la superficie del aceite. El blindaje no debe hallarse demasiado cerca de los terminales del cable pues una chispa podría saltar desde el cable hasta él. El blindaje conductor sirve para disminuir las pérdidas a través del aire a causa de su acción como pantalla electrostática. Con el tamaño del depósito que contiene el aceite y el tamaño de las placas, el experimentador capta una idea aproximada. El tamaño de las placas en el aceite puede ser calculado, pues las pérdidas en el dieléctrico son muy pequeñas.

En el experimento anterior es de la mayor importancia saber que relación existe entre la luz emitida y la frecuencia y el potencial de los impulsos eléctricos. Mi opinión es que el calor y la cantidad de luz emitidos deben ser proporcionales, bajo similares condiciones del ensayo, al producto de la frecuencia por el cuadrado del potencial, pero la verificación experimental de esta ley, cualquiera que sea, podría ser excesivamente dificultosa. Una cosa es cierta, de cualquier modo, y es que aumentando el potencial y la frecuencia intensificamos muy rápidamente las corrientes; y, aunque puede parecer muy optimista, tampoco está seguramente fuera de lugar la esperanza de que se consiga producir iluminación práctica de estas líneas. Estaríamos simplemente usando quemadores o llamas en las cuales no habría un proceso químico, ni consumo de material, sino simplemente una transferencia de energía y que con toda probabilidad emitiría más luz y menos calor que las llamas normales.

La intensidad luminosa de las corrientes, por supuesto, se aumenta considerablemente cuando se focalizan sobre una pequeña superficie. Esto puede ser mostrado en el siguiente experimento.

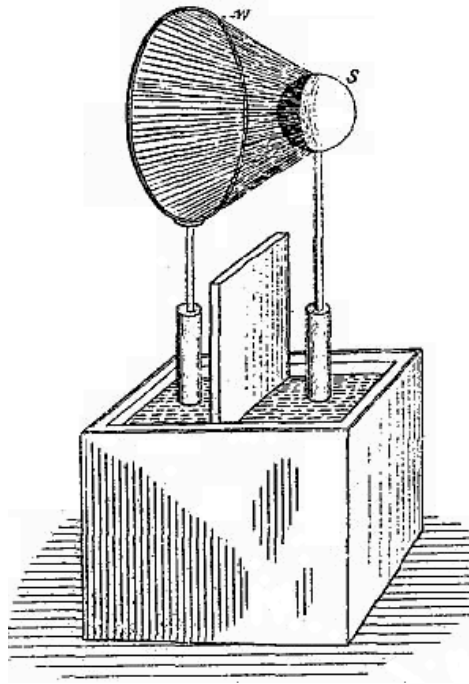


Fig.8 - EFECTO PRODUCIDO POR CORRIENTES CNCENTRADAS.

Yo conecto a uno de los terminales de la bobina un alambre **w** (Fig.8) formando un círculo de aproximadamente 30 cm de diámetro y al otro terminal conecto una esfera de latón **s**, siendo la superficie del alambre preferiblemente igual a la de la esfera y estando el centro de la última en línea perpendicular al plano del círculo de alambre y pasando por su centro. Cuando se establece la descarga bajo las condiciones adecuadas se forma un cono hueco luminoso y en la oscuridad la mitad de la esfera de latón esta fuertemente iluminada, como se muestra en el dibujo.

De una manera u otra es fácil concentrar las corrientes sobre pequeñas superficies y producir fuertes efectos luminosos. Dos finos alambres se pueden así convertir en intensamente luminosas.

Para intensificar las corrientes los alambres deben ser muy finos y cortos, pero como en este caso su capacidad es demasiado pequeña para la bobina (al menos para una como la presente) es necesario aumentar la capacidad hasta el valor requerido, mientras, al mismo tiempo, la superficie de los alambres sigue siendo muy pequeña. Esto se puede conseguir de varias maneras.

Aquí, por ejemplo, tengo dos planchas **R R**, de goma fuerte (Fig.9) sobre las cuales se han pegado dos alambres muy finos **ww** formando un nombre. Los alambres pueden estar desnudos o cubiertos del mejor aislante, es indiferente para el éxito del experimento. Son preferibles alambres bien aislados. En la parte de atrás de las planchas se halla una hoja de papel de estaño **t t**. Las planchas están situadas en línea a suficiente distancia para impedir que una chispa pase de la una a la otra. Las dos hojas de papel de estaño están unidas con un conductor **C** y conecto los dos alambres a los terminales de la bobina. Ahora es fácil variando los potenciales y las frecuencias de las corrientes en el primario encontrar un punto en el cuál la capacidad del sistema está bien ajustada a las condiciones y los alambres se iluminan tan fuertemente que, cuando se apaga la luz de la sala, el nombre formado por ellas aparece en letras brillantes.

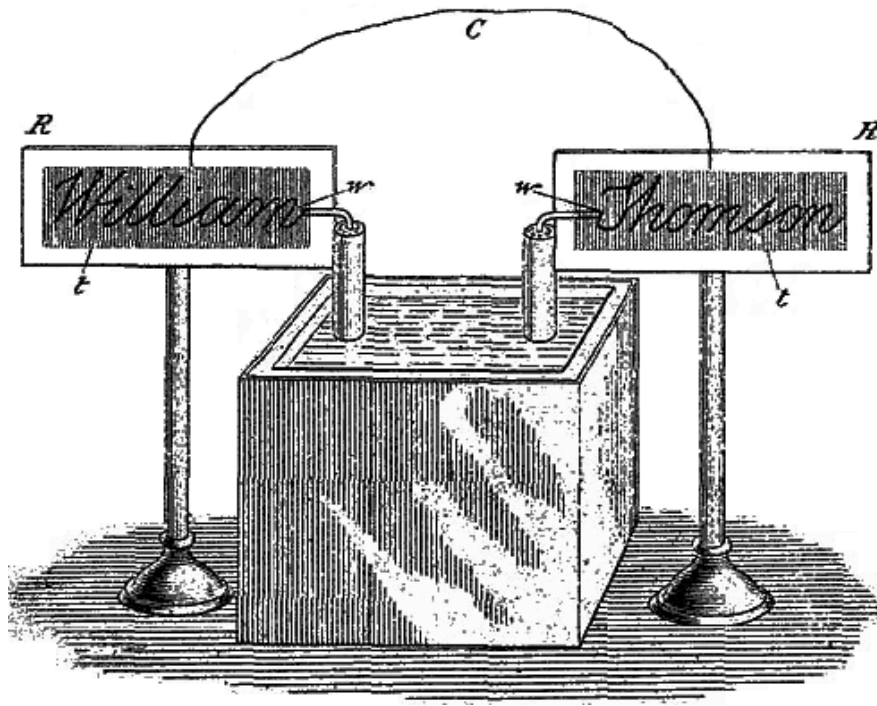


Fig.9 - ALAMBRES QUE SE ILUMINAN INTENSAMENTE.

Quizás es preferible realizar este experimento con una bobina alimentada por un alternador de alta frecuencia, porque entonces, debido a las subidas y bajadas de los armónicos, las corrientes son muy uniformes, con una bobina como la presente los armónicos son menos abundantes. Este experimento se puede hacer con bajas frecuencias, pero de manera mucho menos satisfactoria.

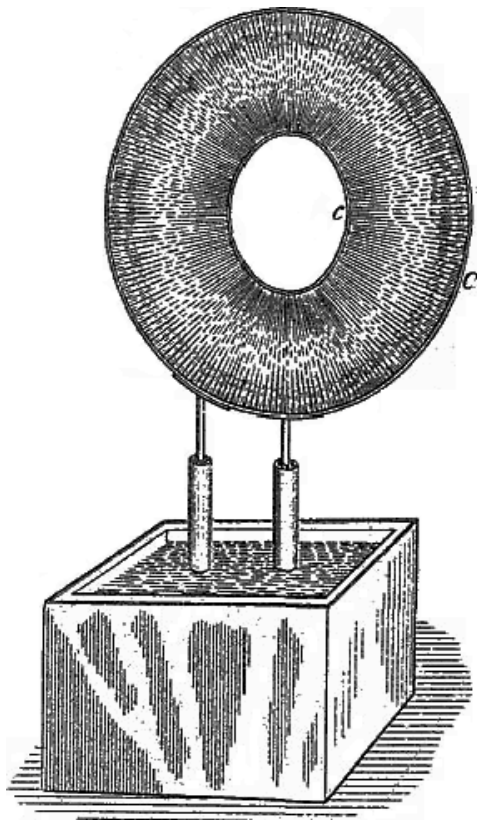


Fig.10 - DISCOS LUMINOSOS.

Cuando dos cables conectados a los terminales de la bobina se colocan a la distancia apropiada las corrientes entre ellas pueden ser tan intensas como para producir una lámina luminosa continua. Para mostrar este

fenómeno tengo aquí dos círculos **C** y **c** (Fig. 10) de alambre bastante fuerte, uno de unos 80 cm de diámetro y el otro de 30 cm de diámetro. Conecto uno de los terminales a cada uno de los círculos. Los alambres de soporte deben de estar doblados de tal manera que los círculos estén colocados en el mismo plano, coincidiendo lo más cerca posible. Cuando apagamos la luz y la bobina se pone a funcionar ustedes pueden ver el espacio entre los alambres uniformemente lleno de corrientes, formando un disco luminoso que puede ser visto a bastante distancia, tal es la intensidad de las corrientes. El círculo exterior podría haber sido mucho más grande que el que se muestra, de hecho con esta bobina yo los he usado mucho mayores, y he sido capaz de producir una lámina sumamente iluminada cubriendo una superficie de más de un metro cuadrado, lo que es un efecto destacable con esta pequeña bobina. Para estar más seguros, el círculo se ha hecho más pequeño y la superficie es ahora de uno 0,43 metros cuadrados.

La frecuencia de la vibración, y la rapidez de la sucesión de chispas entre los terminales, afecta hasta cierto punto el aspecto de las corrientes. Cuando la frecuencia es muy pequeña, el aire da paso más o menos de la misma manera, pero cuando se hace con una gran diferencia de potencial las corrientes consisten en varias hebras, generalmente mezcladas con chispas finas, que probablemente corresponden a las sucesivas descargas que ocurren entre los terminales. Pero cuando la frecuencia es extremadamente alta y el arco produce un sonido muy alto pero monótono (mostrando ambos que tiene lugar una oscilación y que las chispas se suceden la una a la otra con gran rapidez) entonces la luminosidad es perfectamente uniforme. Para alcanzar este resultado se deben utilizar bobinas muy pequeñas y botellas de poca capacidad. Cogí dos tubos gruesos de cristal de Bohemia, de unos 5 cm de diámetro y 20 centímetros de longitud. En cada uno de ellos deslicé un primario de cobre muy grueso. Encima de cada tubo bobiné un secundario mucho más fino aislado con gutapercha. Conecté los dos secundarios en serie, los primarios preferiblemente en paralelo. Los tubos fueron colocados en un recipiente más grande a una distancia entre ellos de unos 15 cm. sobre un soporte aislante y se llenó el recipiente con aceite hervido hasta una pulgada por encima de los tubos. Los terminales libres del secundario se sacaron del aceite y se colocaron paralelos a una distancia de 10 cm. Los finales de los cables, que están raspados, deben de estar sumergidos en el aceite. Deben usarse dos botellas de dos litros unidas en serie para descargarlas sobre el primario. Cuando se ajustan las longitudes y las distancias de los cables que sobresalen por encima del aceite y se produce el arco, una lámina luminosa se establece entre los cables que es perfectamente suave y sin textura, como la descarga normal a través de un tubo en el que existe un relativo vacío. Me he concentrado en este experimento aparentemente insignificante. En pruebas de esta clase el experimentador llega a la conclusión básica de que para pasar descargas luminosas a través de los gases no se precisa un grado particular de vacío, sino que el gas puede estar a la presión habitual o incluso mayor. Para conseguir esto es esencial una gran frecuencia, un alto potencial también hace falta pero no es imprescindible. Estos experimentos nos muestran que en la tarea de descubrir nuevos métodos de producir luz mediante la vibración de átomos o moléculas de una gas, no necesitamos limitarnos a tubos con vacío, sino que podemos encarar seriamente la posibilidad de obtener efectos luminosos sin el uso de vasija alguna con el aire a la presión normal.

Estas descargas de muy alta frecuencia, que convierten el aire en luminoso a presión normal, probablemente tenemos ocasión de verlas en la Naturaleza. No me cabe la menor duda de que las auroras boreales son producidas por repentinos desequilibrios cósmicos, tales como erupciones en la superficie del sol, que coloca la carga electrostática de la tierra bajo una vibración extremadamente rápida. El resplandor rojo observado no está confinado a la capa rarificada más alta del aire sino que la descarga atraviesa también, debido a su altísima frecuencia, la atmósfera densa en la forma de un resplandor como el producido corrientemente en un tubo con un pequeño vacío. Si la frecuencia fuera muy baja, incluso más aún si la carga no estuviera vibrando, el aire se rompería como en la descarga de un rayo. Durante este maravilloso fenómeno han sido observadas

pruebas repetidas de la ruptura de las capas bajas y densas del aire. Pero si esto no ocurre, sólo puede ser atribuido a desequilibrios fundamentales, que son pocos en número, pues la vibración producida por ellos sería demasiado rápida para permitir una descarga disruptiva. Estos son los impulsos originales e irregulares que afectan a los instrumentos, las oscilaciones superimpuestas probablemente pasan inadvertidas.

Cuando una descarga normal de baja frecuencia pasa a través de una capa de aire moderadamente rarificado el aire adquiere un tono púrpura. Si por cualquier medio nosotros incrementamos la intensidad de la vibración molecular o atómica, el color del gas pasa a ser blanco. Un cambio similar se da a presiones normales con impulsos eléctricos de muy alta frecuencia. Si las moléculas del aire son moderadamente agitadas la chispa que se forma es rojiza o violeta. Si la vibración se vuelve suficientemente intensa, las corrientes se vuelven blancas. Podemos conseguir esto de varias maneras. En el experimento mostrado con los dos alambres a través de la sala he asegurado el resultado llevando a un alto valor tanto la frecuencia como el potencial. En el experimento con los alambres delgados pegados en la placa de goma he concentrado la acción sobre una pequeña superficie, en otras palabras, he trabajado con una gran densidad de electricidad.

La más curiosa forma de descarga se puede observar con esta bobina cuando la frecuencia y el potencial se llevan a su límite extremo. Para realizar este experimento cada parte de la bobina tiene que estar altamente aislada y solamente dos esferas, o mejor dos discos terminados en forma aguda (**d d Fig. 11**) de no más de dos

cm de diámetro que deben quedar expuestos al aire. La bobina usada está sumergida en aceite y los terminales del secundario al aire están cubiertos de una apretada capa de goma densa de gran espesor. Todas las fugas, si hay alguna, deben ser cuidadosamente evitadas, de modo que las descargas sólo se puedan formar en las pequeñas esferas o placas expuestas al aire. En este caso como no hay grandes placas u otros cuerpos de capacidad conectados a los terminales, la bobina es capaz de alcanzar una extremadamente rápida vibración. El potencial puede ser alcanzado incrementando, hasta el punto que el experimentador considere conveniente, la relación de corriente en el primario. Con una bobina no muy diferente de la presentada aquí, es mejor conectar los dos primarios en paralelo. Pero si el secundario debe tener un número mucho más grande de vueltas los primarios deben ser preferentemente conectados en serie. De otra manera la oscilación puede ser demasiado rápida para el secundario. En estas condiciones unas corrientes blancas neblinosas brotan de los dos finales de los discos y se extienden como fantasmas en el espacio.

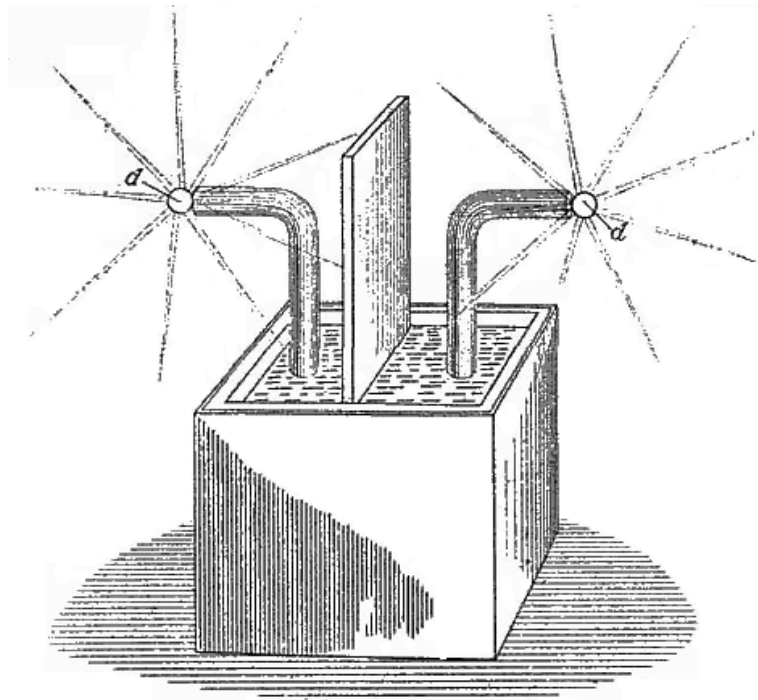


Fig.11 - CORRIENTES FANTASMAS.

Con esta bobina, cuando están perfectamente conseguidas, tienen de 25 a 30 cm de longitud. Cuando se aproxima la mano no se produce ninguna sensación y una chispa, que causa una sacudida, salta del terminal únicamente cuando la mano se coloca mucho más cerca. Si la oscilación del primario se hace intermitente por el medio que sea, hay una vibración correspondiente de las corrientes, y ahora la mano u otro objeto conductor puede ser acercado sin causar el salto de una chispa.

Entre los muchos hermosos fenómenos que pueden ser producidos con esta bobina he seleccionado aquí solamente los que parecen tener algunos visos de novedad y nos conduzcan a algunas conclusiones interesantes.

Uno puede no tener dificultad alguna en producir en el laboratorio muchos otros fenómenos que llamen la atención incluso más que los presentados aquí, pero que no presentan ningún viso de novedad.

Los primeros experimentadores describen la producción de chispas producidas por una gran bobina de inducción sobre una plancha aislante que separa los terminales. Muy recientemente Siemens llevó a cabo algunos experimentos en los que fueron obtenidos resultados delicados, que fueron contemplados por muchos con interés. Sin duda las grandes bobinas, cuando son conectadas a corrientes de bajas frecuencias son capaces de producir hermosos efectos. Pero la bobina más grande construida no puede ni de lejos igualar las corrientes y chispas obtenidas por una bobina de carga disruptiva perfectamente ajustada. Para dar una idea, una bobina como la presente puede cubrir con las corrientes fácilmente una placa de un metro de diámetro completamente. La mejor manera de llevar a cabo estos experimentos es tomar una placa o vidrio fino y pegar en un lado un aro de papel de estaño de gran diámetro y en la otra una arandela circular, cuyo centro coincida con la del aro, siendo las superficies de los dos iguales a fin de mantener la bobina bien equilibrada. El aro y la arandela deben conectarse a los terminales de la bobina a través de cables de estaño fuertemente aislados. Es fácil ver, por efecto de la capacidad, producirse una lámina de corrientes uniformes, o una fina red de finos trazos plateados, o una masa brillante y ruidosa de chispas que cubren completamente la placa.

Desde que avancé la idea de la conversión por medio de la descarga disruptiva en mi presentación ante el Instituto americano de Ingenieros Eléctricos al principio del año pasado, el interés despertado por ella ha sido considerable. Esto nos llevó a un medio para producir cualquier potencial con la ayuda de bobinas baratas alimentadas por sistemas normales de distribución y, lo que es más valorado, nos permite convertir corrientes de cualquier frecuencia en corrientes de otras frecuencias mayores o menores. Pero el valor más importante se halla quizás en la ayuda que nos aporta en la investigación del fenómeno de la fosforescencia, que una bobina con carga disruptiva es capaz de iniciar en numerosos casos en los que las bobinas corrientes fallan, incluso las más grandes.

Considerando su uso probable para fines prácticos, y su posible introducción en laboratorios para investigación científica, unas pocas indicaciones, como la construcción de tal bobina, no serán consideradas superfluas.

Por supuesto es absolutamente necesario emplear en estas bobinas el mejor aislamiento.

Se pueden producir buenas bobinas empleando cables cubiertos por varias capas de algodón, hirviendo el aceite mucho tiempo en cera pura, y enfriando bajo moderada presión. La ventaja de esa bobina es que puede ser fácilmente manejada, pero puede no darnos el mismo resultado que una bobina sumergida en aceite pura. Al mismo tiempo parece que la presencia de una gran cantidad de cera afecta perjudicialmente a la bobina, lo que no parece ser el caso con el aceite. Quizás se deba a que las pérdidas dieléctricas en el líquido sean menores.

Al principio lo intenté con cables aislados con seda y algodón sumergidos en aceite, pero fui gradualmente conducido hacia el uso de cables aislados con gutapercha, que resultaron ser más satisfactorios. El aislamiento de guta percha se añade, por supuesto, a la capacidad de la bobina, y esto, especialmente si la bobina es grande, es una gran desventaja cuando se desean grandes frecuencias. Pero, por otra parte, la guta percha soportará mucho más que un espesor igual de aceite y esa ventaja debe ser asegurada a cualquier precio. Una vez que la bobina está sumergida no debe ser sacada fuera del aceite nada más que unas pocas horas debido a que la gutapercha se romperá y la bobina no resultará lo mismo que antes. Es posible que la guta percha sea lentamente atacada por el aceite, pero después de inmersiones de ocho o nueve meses no he advertido efectos perjudiciales.

He conseguido en el comercio dos clases de cable aislado con gutapercha: en una el aislamiento permanece pegado al metal, en la otra no. Sin que se use algún método especial para expulsar el aire es mucho mejor usar la primera clase. Enrollo el cable en un tanque de aceite de tal modo que los intersticios se llenan con el aceite. Entre las capas uso tela hervida enteramente en aceite, calculando el espesor de acuerdo con la diferencia de potencial entre las vueltas. Parece que no hay mucha diferencia entre las clases de aceite usadas. Yo uso parafina o aceite de lino.

Para excluir perfectamente el aire una excelente manera de hacerlo, que se puede realizar fácilmente con pequeñas bobinas, es la siguiente: construya una caja con gruesas tablas que hayan estado mucho tiempo hervidas en aceite. Las tablas deben estar tan unidas como para soportar la presión del aire. Estando la bobina colocada y sujeta en posición dentro de la caja, la tapa se cierra con una fuerte tapa y cubierta muy apretadamente con láminas de metal, cuyas juntas deben estar soldadas muy cuidadosamente. En la tapa se deben taladrar dos pequeños agujeros que pasan el metal y la madera y en esos agujeros se insertan dos tubos de cristal cuyas juntas deben ser selladas. Uno de los tubos se conecta a una bomba de vacío y el otro a una vasija conteniendo suficiente cantidad de aceite hervida. El último tubo debe tener un pequeño agujero provisto con una llave. Cuando se haya obtenido un buen vacío, la válvula se abre y el aceite entra lentamente. Procediendo de esta manera es imposible que una gran burbuja, que es el principal peligro, quede entre las vueltas. El aire está excluido completamente, incluso mejor que hirviendo, lo que no se puede hacer con cables aislados con gutapercha.

Para los primarios utilizo alambre normal con un aislamiento grueso de algodón. Hebras de cables finamente aislados y apropiadamente entrelazados serían la mejor solución para los primarios, pero no son imprescindibles. En una bobina experimental el tamaño de los cables no es de gran importancia. En esta bobina el primario es de calibre 12 y el secundario de calibre 24 según la escala de Brown&Sharpe, pero las secciones pueden variar considerablemente. Eso implicará diferentes ajustes, pero los resultados buscados no se verán materialmente afectados.

He investigado durante un tiempo sobre las diferentes formas de descarga porque estudiándolas, no solamente observamos fenómenos agradables a la vista sino que nos dan que pensar, y eso nos conduce a conclusiones de importancia práctica. En el uso de corrientes de muy alta tensión nunca se tomará demasiada precaución para prevenir el inicio del arco. En una alimentación, en una bobina o transformador, o en un condensador, la descarga del arco es un gran peligro para el aislamiento. Especialmente en un condensador la materia gaseosa debe ser cuidadosamente extraída porque si las superficies cargadas están próximas, y si los potenciales son altos, con la misma seguridad que si suelto un peso éste se cae, el aislamiento fallará si existe una sola burbuja de aire

de un cierto tamaño. Si todo el aire es cuidadosamente extraído el condensador soportará una diferencia de potencial mucho más alta. Una línea principal que transporte corrientes de muy alta tensión puede ser perforada por un simple agujero o pequeña rotura en el aislamiento, un poro puede contener gas a baja presión, y como parece casi imposible obviar completamente tales pequeñas imperfecciones, estoy inclinado a creer que en nuestra futura distribución de electricidad con corrientes de alta tensión deberemos usar líquidos aislantes. El coste es un gran inconveniente, pero si utilizamos aceite como aislante la distribución de la corriente eléctrica con un potencial de 100.000 voltios, incluso más, se facilita tanto, al menos para las altas frecuencias, que podría ser factible. Con aislamiento de aceite y motores de corriente alterna la transmisión de potencia puede ser segura industrialmente hasta distancias de mil millas.

Una propiedad peculiar de los aceites y los líquidos aislantes en general es que, cuando se someten a esfuerzos eléctricos cambiantes muy rápidamente, dispersan cualquier burbuja gaseosa que pueda estar presente y la difunden a través de toda la masa generalmente mucho antes de que se pueda producir algún daño. Esta propiedad puede ser fácilmente observable con una bobina de inducción normal sacando el primario, taponando el final del tubo sobre el cual el secundario está bobinado y llenándolo con algún aislamiento transparente, tal como aceite de parafina. Un primario de un diámetro unos seis milímetros menor que el diámetro interior del tubo se introduce en el aceite. Cuando la bobina se conecta se puede ver, mirando desde arriba a través del aceite, muchos puntos luminosos, son burbujas de aire atrapadas al insertar el primario y que se vuelven luminosos como consecuencia del violento bombardeo. El aire ocluido, debido a su impacto contra el aceite, se calienta y cuando el aceite empieza a circular arrastra algo de aire hasta que las burbujas se dispersan y los puntos luminosos desaparecen. De esta manera se evita una perforación siendo el único efecto un ligero calentamiento del aceite. La perforación solamente será posible cuando haya grandes burbujas ocluidas que hagan la circulación imposible. Si se utilizase un aislamiento sólido en vez del aceite, una perforación y el daño consiguiente serían inevitables, sin que influya el espesor utilizado.

La exclusión de toda materia gaseosa de todos los aparatos en los cuales el dieléctrico está sujeto a fuerzas eléctricas cambiantes con mayor o menor rapidez es, sin embargo, no solamente deseable a fin de evitar posibles daños al aparato, sino también una cuestión económica.

En un condensador, por ejemplo, mientras se use solamente un aislante sólido o líquido la pérdida es pequeña, pero si está presente un gas a presión normal o baja la pérdida puede ser muy grande. Sea cual sea la fuerza que actúa en el dieléctrico, parece que en un sólido o un líquido el desplazamiento molecular producido es pequeño. De ahí que el producto de la fuerza por el desplazamiento es insignificante, a no ser que la fuerza sea muy grande, pero en el gas el desplazamiento es muy grande y también lo es su producto. Las moléculas son libres de moverse, alcanzan grandes velocidades y la energía de su impacto se pierde en calor o de otra manera. Si el gas estuviera fuertemente comprimido, el desplazamiento producido por la fuerza se hace menor y se reducen las pérdidas.

En la mayor parte de los experimentos exitosos prefiero, principalmente a causa de su funcionamiento positivo y regular, emplear el alternador a que antes me referí. Es una de las máquinas construidas por mí para estas investigaciones. Tiene 384 polos y es capaz de dar corrientes a una frecuencia de 10.000 ciclos por segundo. Esta máquina ha sido ilustrada y brevemente descrita en mi primera presentación ante el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos el 20 de mayo de 1891, al que me he referido con anterioridad. Una descripción más detallada, suficiente para permitir a un ingeniero construir una máquina similar, se puede encontrar en varios periódicos eléctricos de esa época.

Las bobinas de inducción alimentadas por esta máquina son bastante pequeñas, tienen entre 5000 y 15.000 vueltas en el secundario. Están sumergidas en aceite de lino hervido contenidas en cajas de madera cubiertas con chapa de zinc.

He encontrado ventajoso invertir la posición usual de los cables y enrollar, en esas bobinas, los primarios en la parte alta. Esto permite el uso de un primario mucho mayor, lo que por supuesto reduce el peligro de sobrecalentamiento e incrementa la potencia de salida de la bobina.

Construyo el primario por lo menos un centímetro más corto por cada lado, a fin de prevenir la perforación en los finales, lo que seguramente ocurriría salvo que el aislamiento del secundario fuera muy espeso, lo que sería un inconveniente.

Cuando el primario es móvil, lo que es necesario en algunos experimentos, y muchas veces conveniente para el ajuste, cubro el secundario con cera y la torneó a un diámetro ligeramente inferior al del interior de la bobina del primario. Por último le coloco una manilla que está fuera del aceite, lo que sirve para colocarla en cualquier posición a lo largo del secundario.

Ahora voy a aventurar, con respecto al manejo general de las bobinas de inducción, unas pocas observaciones sobre puntos que no han sido plenamente apreciados en los primeros experimentos con estas bobinas y que, incluso ahora, son pasados por alto.

El secundario de la bobina posee usualmente tan gran autoinducción que la corriente a través del cable es inapreciable, y puede ser así incluso cuando los terminales están unidos por un conductor de pequeña resistencia. Si se añade una capacidad a los terminales, la autoinducción se contrarresta y una corriente superior circula en el secundario, incluso si los terminales están aislados entre sí. Para alguien enteramente ignorante de las propiedades de la corriente alterna nada puede parecer más confuso. Este hecho fue ilustrado en el experimento realizado al principio con las placas de malla de alambre conectadas a los terminales y la plancha de goma. Cuando las placas de malla de alambre estuvieron cerca y el arco pasó entre ellas, el arco impidió que una corriente grande pasase a través del secundario, debido a que suprimió la capacidad entre los terminales. Cuando la plancha de goma se introdujo entre las placas, la capacidad del condensador formado contrarrestó la autoinducción del secundario y una gran corriente pudo pasar, la bobina produjo más trabajo y la descarga fue claramente más poderosa.

La primera cosa, entonces, al trabajar con bobinas de inducción, es combinar la capacidad en el secundario para contrarrestar la autoinducción. Si las frecuencias y tensiones son muy altas todos los gases deben ser apartados de las superficies cargadas. Si se usan botellas de Leyden, deberán ser sumergidas en aceite, de otra manera se producirán considerables pérdidas si las botellas han de ser fuertemente cargadas. Cuando se usan altas frecuencias es de igual importancia combinar un condensador con el primario. Se puede usar un condensador conectado a los terminales del primario o a los del alternador, pero esto último no es muy recomendable, pues la máquina puede resultar dañada. La mejor solución es indudablemente usar el condensador en serie con el primario y con el alternador, y ajustar su capacidad a fin de anular la auto inducción de ambos. El condensador debería ser ajustable en pequeños tramos y, para un mejor ajuste, sería conveniente un condensador de pequeña capacidad con placas móviles

Creo que en este momento es mejor presentar ante ustedes un fenómeno, observado por mi hace un tiempo, que para un investigador científico puro puede, quizás, parecer más interesante que ninguno de los resultados que tengo el honor de presentar ante ustedes esta tarde.

Podría ser clasificado entre los fenómenos de arco, de hecho es un arco formado en, o cerca de, un solo terminal en alto vacío.

En bulbos provistos de un terminal conductor, que podría ser de aluminio, el arco tiene una existencia efímera y no puede, por desgracia, durar indefinidamente en su mejor estado, ni siquiera en un bulbo desprovisto de electrodos. Indefectiblemente debe ser usado un bulbo sin cable. He encontrado mejor usar bulbos construidos como se indica en la figura 12.

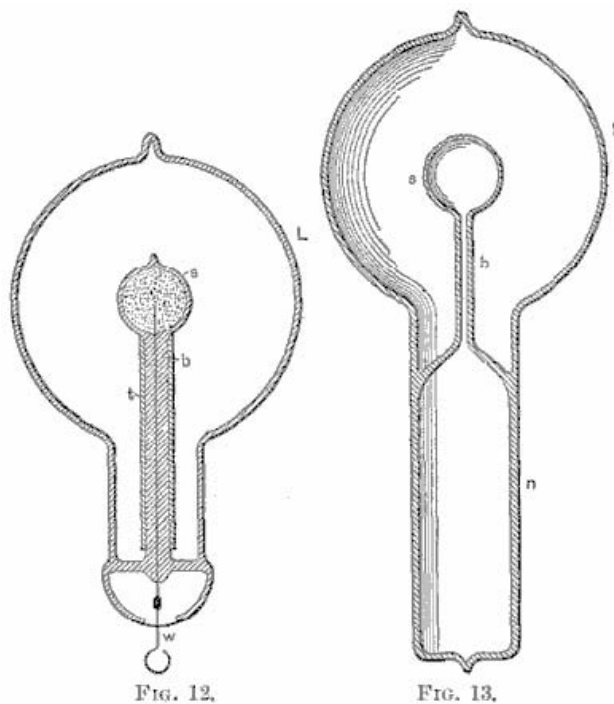


Fig.12 y Fig.13 - BULBOS PARA PRODUCIR ARCOS ROTATIVOS.

En la **Fig. 12** el bulbo comprende una lámpara incandescente **L**, en el cuello de la cual está sellado un tubo barométrico **b** el final del cual está hinchado para formar una pequeña esfera **s**. Esta esfera debe estar sellada lo más cerca posible del centro del globo grande. Antes de sellarla, un fino tubo **t** de aluminio, puede ser deslizado en el barómetro, pero su uso no es importante.

La esfera pequeña debe de estar llena de algún polvo conductor, y un alambre **w** está pegada en el cuello con el fin de conectar el polvo conductor al generador.

Se escogió la construcción mostrada en la figura 13 a fin de apartar del arco cualquier cuerpo conductor que pudiera afectarles. El bulbo consiste en este caso en un globo de lámpara **L**, que tiene un cuello **n** provisto de un tubo **b** y una pequeña esfera **s** sellada al mismo, de modo que se forman dos compartimentos completamente independientes, como se indica en el dibujo. Cuando el bulbo está en uso, el cuello **n** tiene un forro de papel de estaño, que está conectado al generador y funciona inductivamente sobre el poco rarificado y muy conductor gas encerrado en el cuello. Desde aquí la corriente pasa a través del tubo **b** a la pequeña esfera **s** para actuar por inducción sobre el gas contenido en el globo **L**.

Es ventajoso construir el tubo **t** muy fino, el agujero a través de él muy pequeño, y soplar la esfera muy fina. Es de la mayor importancia que la esfera **s** esté colocada en el centro del globo **L**.

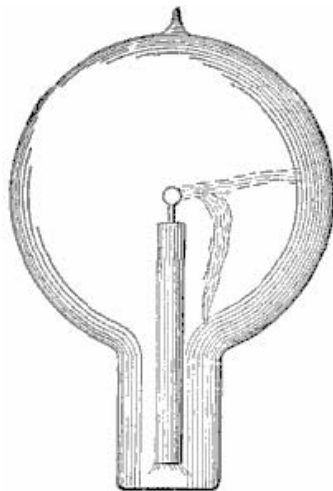


Fig.14 - FORMAS Y FASES DEL ARCO ROTATIVO.

Las figuras **14**, **15**, y **16** indican diferentes formas o etapas del arco. La **Fig.14** muestra el arco tal como aparece en un bulbo provisto con un conductor terminal, pero en tal bulbo el terminal desaparece muy rápido, a menudo después de unos minutos. Me voy a limitar a la descripción del fenómeno como puede verse en un bulbo sin electrodo conductor. Se observa en las siguientes condiciones:

Cuando el globo **L** (**Fig.12** y **Fig.13**) tiene un vacío importante, generalmente el arco no salta hasta que no se conecta el alambre **w** (**Fig. 12**) o el papel de estaño que envuelve el bulbo (**Fig.13**) al terminal de la bobina de inducción. Para hacerlo saltar generalmente es suficiente tomar el globo **L** con la mano. Una intensa fosforescencia se extiende al principio a través del globo, que pronto da paso a una luz blanca difusa. Poco tiempo después la luminosidad se extiende uniformemente en el globo, y después de dejar la corriente pasar por cierto tiempo aparece como en la **Fig.15**. De esta situación el fenómeno va pasar gradualmente a la indicada en la **Fig.16**, después de algunos minutos, días o semanas, dependiendo de cómo se actúa sobre el bulbo. Calentar el bulbo o aumentar el potencial acelera el cambio.

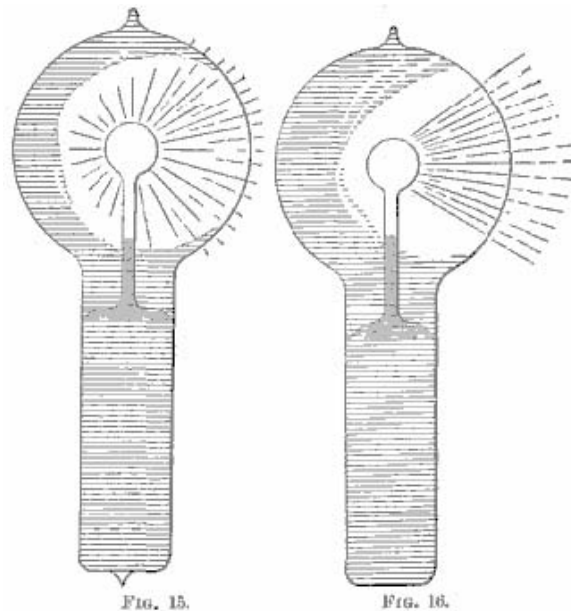


Fig.15 y Fig.16 - FORMAS Y FASES DEL ARCO GIRATORIO.

Cuando el arco toma la forma indicada en la **Fig.16** puede ser debido a un estado de extrema sensibilidad a influencias electrostáticas o magnéticas. Teniendo el bulbo colgado inmediatamente debajo del cable y no habiendo ningún objeto próximo a él, la proximidad del observador a unos pasos del bulbo causará que el arco se vaya al lado opuesto, y si se camina alrededor, el arco va a estar siempre en el lado opuesto.

Puede empezar a girar alrededor del terminal mucho tiempo antes de alcanzar este estado tan sensitivo. Cuando empieza a girar alrededor especialmente, pero también antes, es afectado por un imán y en ciertos momentos es susceptible a una influencia magnética hasta grados sorprendentes. Un imán permanente, con sus polos a una distancia de no más de dos centímetros, afectará al arco a una distancia de dos metros, frenando o acelerando la rotación dependiendo de cómo es sostenido respecto al arco. He observado que cuando es más sensible al magnetismo, no es tan sensible a la influencia electrostática. Mi explicación es que la atracción electrostática entre el arco y el cristal del bulbo, que retarda la rotación, crece mucho más rápido que la influencia magnética cuando la intensidad de la corriente aumenta.

Cuando el bulbo cuelga con el globo **L** hacia abajo, la rotación es siempre en el sentido horario. En el hemisferio sur esto ocurriría en dirección contraria y en el ecuador no giraría. La rotación puede ser invertida por un imán mantenido a una cierta distancia. Aparentemente el arco rota mejor cuando está en ángulo recto con las líneas de fuerza de la tierra. Hay muchas probabilidades de que, cuando gira a su máxima velocidad, lo haga en sincronismo con las alternancias, digamos 100.000 veces por segundo. La rotación puede ser frenada o acelerada por la aproximación o alejamiento del observador, u otro cuerpo conductor, pero no puede ser invertida colocando el bulbo en otra posición. Cuando se halla en su estado de máxima sensibilidad y el potencial o la frecuencia varían, la sensibilidad disminuye muy rápidamente. Cambiando alguna de las dos aunque sea mínimamente, la rotación cesará. La sensibilidad es también afectada por la temperatura. Para alcanzar gran sensibilidad es necesario que la pequeña esfera **s** esté en el centro del globo **L**, de otra manera la acción electrostática del cristal del globo tenderá a parar la rotación. La esfera **s** debe ser de pequeño espesor pero uniforme, cualquier falta de simetría por supuesto tiene el efecto de disminuir la sensibilidad.

El hecho de que el arco gire en una dirección en un campo magnético constante parece mostrar que las corrientes alternas de muy alta frecuencia los impulsos positivos y negativos no son iguales, sino que uno es más potente que el otro.

Por supuesto, esta rotación en un sentido puede ser debida a la acción de dos elementos de la misma corriente entre sí, o a la acción del campo producido por uno de los elementos sobre el otro, como en un motor serie en el cual un impulso no es necesariamente mayor que el otro. El hecho de que el arco gire, como se puede observar, en cualquier posición, habla por sí mismo. En ese caso podría girar en cualquier punto de la tierra. Pero por otra parte es difícil explicar porque un imán permanente puede invertir la rotación, y uno tiene que asumir la preponderancia de impulsos de una clase.

Como causas de la formación del arco o corriente, yo creo que es debido a la acción electrostática del globo y la falta de simetría de las partes. Si el pequeño bulbo **s** y el globo **L** fueran perfectas esferas y concéntricas, y el vidrio alrededor del mismo espesor y calidad, creo que el arco no se formaría, debido a su tendencia a pasar

sería igual en todos lados. Que la formación de la corriente es debida a la irregularidad esta claro debido al hecho de que tiene una tendencia a permanecer en una posición, y la rotación ocurre generalmente solamente cuando es arrastrado fuera de su posición por influencias magnéticas o electrostáticas. Cuando en un estado sensitivo muy extremo se queda en una posición, se pueden realizar los más curiosos experimentos con él. Por ejemplo, el experimentador puede, escogiendo una posición apropiada, aproximar la mano a una considerable distancia y causar la desaparición del arco meramente tensando los músculos del brazo. Cuando empieza a girar despacio y los brazos son mantenidos a la distancia apropiada, es imposible hacer el menor movimiento sin producir un efecto visible sobre el arco. Una chapa metálica conectada al otro terminal de la bobina le afecta a gran distancia, ralentizando la rotación incluso a una vuelta por segundo.

Estoy firmemente convencido de que tal arco, cuando aprendamos a producirlo adecuadamente, se mostrará valioso en la ayuda a la investigación sobre la naturaleza de las fuerzas actuando como un campo magnético a electrostático. Si hay algún movimiento en marcha en el espacio, tal arco es capaz de detectarlo. Es, por así decir, un rayo de luz sin rozamiento y desprovisto de inercia.

Creo que puede tener aplicaciones prácticas en telegrafía. Con tal arco sería posible enviar mensajes a través del Atlántico, por ejemplo, con cualquier velocidad, ya que su sensibilidad es tan grande que los menores cambios le podrían afectar. Si fuera posible hacer la corriente más intensa y muy estrecha, sus desviaciones podrían ser fácilmente fotografiadas.

He estado interesado en hallar si se trata de una rotación de la corriente misma o se trata simplemente de un esfuerzo atravesando el bulbo. Con este fin instalé un ventilador ligero de mica cuyas paletas estuvieran en el camino del arco. Si la corriente misma estuviera rotando el ventilador sería arrastrado. No he podido producir una rotación distinta del ventilador a pesar de que lo intenté muchas veces. El ventilador ejerce una notable influencia en la corriente, y la rotación aparente del mismo casi nunca fue satisfactoria, en este caso el experimento no ha llegado a una conclusión.

He sido incapaz de producir el fenómeno con la bobina de descarga disruptiva, aunque cada uno de los otros fenómenos puede ser producido por ella. Varios, de hecho mucho mejor alimentados desde bobinas que desde un alternador.

Es posible producir el arco con impulsos en una dirección, o incluso con un gran potencial, en cuyo caso será aún más sensible a influencias magnéticas.

Alimentando una bobina de inducción con corrientes alternas muy rápidas, nos damos cuenta atónitos, por primera vez de la gran importancia de la relación entre capacidad, autoinducción y frecuencia con relación a los resultados generales. Los efectos de la capacidad son más impactantes, porque en estos experimentos en los que la frecuencia y la auto inducción son grandes, la capacidad crítica es muy pequeña y sólo necesita una pequeña variación para producir cambios importantes. El experimentador puede poner en contacto su cuerpo con los terminales del secundario de la bobina, o atar a uno o ambos terminales cuerpos aislados de muy pequeña masa, tales como bulbos, y puede producir una caída o un alza del potencial y afectar fuertemente el flujo de corriente en el primario. En el experimento mostrado antes, en el cual un arco aparece en un cable atado a un terminal, y el cable se pone a vibrar cuando el experimentador pone su cuerpo aislado en contacto con el otro terminal, la subida repentina del potencial se hizo evidente.

Debo mostrarles de otra manera el comportamiento de la bobina que presenta hechos de cierto interés. Aquí tenemos un pequeño ventilador de aspas de aluminio, sujeto a una aguja y dispuesto de manera que puede girar libremente sujeto a uno de los terminales de la bobina. Cuando la bobina se conecta las moléculas de aire son rítmicamente atraídas y repelidas. Cuando la fuerza con la que son repelidas es mayor que aquella que las atrae resulta que una repulsión se ejerce sobre las superficies del ventilador. Si el ventilador estuviera formado simplemente de una lámina de metal, la repulsión sería igual en los lados opuestos y eso no produciría ningún efecto. Pero si una de las superficies opuestas está apantallada, o si, en general el bombardeo sobre este lado está debilitado por cualquier medio, la repulsión ejercida sobre la otra permanece, y el ventilador se pone en movimiento. El apantallamiento es mejor si se sujeta sobre una de las caras opuestas del ventilador una capa conductora aislada, o si el ventilador está hecho con la forma normal de un impulsor, sujetando sobre una cara, y próxima a ella una chapa de metal aislado. La pantalla estática puede ser obviada, y un cierto espesor de material aislante se puede pegar a uno de las caras del ventilador.

Para mostrar el comportamiento de la bobina, el ventilador debe estar colocado sobre el terminal y girará cuando la bobina esté alimentada por corrientes de muy alta frecuencia. Con un gran potencial, incluso con corrientes de muy baja frecuencia, no girará, debido al pequeño intercambio de aire y, por consiguiente, menos bombardeo; pero en el último caso deberá girar si el potencial es excesivo. Con una rueda catalina, casi es correcta la regla opuesta, rueda mejor con un gran potencial y el esfuerzo es menor cuanto más alta la frecuencia. Ahora es muy fácil ajustar las condiciones y ver que el potencial no es suficiente para hacer girar el ventilador, pero conectando el otro terminal de la bobina con un objeto aislado el potencial sube a un valor mucho más alto, suficiente para

hacer girar el ventilador. También es posible detener la rotación del ventilador conectando al terminal un cuerpo de diferente tamaño y así disminuir el potencial.

En lugar de usar el ventilador, en este experimento usaremos el radiómetro "eléctrico" con un efecto similar. Pero en este caso encontraremos que las aspas solamente van a girar con un gran vacío o a presiones normales, no girarán con presiones moderadas, cuando el aire es altamente conductor.. Esta curiosa observación fue hecha conjuntamente con el profesor Crookes. Yo atribuyo los resultados a la alta conductividad del aire, cuyas moléculas no funcionan como portadores independientes de cargas eléctricas sino que actúan en conjunto como un solo cuerpo conductor. En tal caso, por supuesto, si hay alguna repulsión de las aspas, debe ser muy pequeña. Sin embargo es posible que el resultado se deba al hecho de que gran parte de la descarga pasa desde el cable alimentador hacia el gas altamente conductor, en vez de salir de las aspas conductoras.

Ensayando el experimento anterior con el radiómetro eléctrico el potencial no debe exceder un cierto límite, pues la atracción electrostática entre las aspas y el cristal del bulbo puede ser lo suficientemente grande como para detener la rotación.

El hecho más curioso de las corrientes alternas de altas frecuencias y voltajes es que nos permite realizar muchos experimentos con el uso de un solo cable. Este hecho es muy interesante en muchos aspectos. En un tipo de motor de corriente alterna, inventado por mi hace unos años, yo produje una rotación induciendo corrientes secundarias, por medio de una sola corriente alterna pasada a través de un circuito de un motor, en la masa u otros circuitos del motor, las cuales creaban un campo móvil o fuerza conjuntamente con el primario o corriente inductora. Una forma simple pero ordinaria de tal motor se obtiene bobinando un primario sobre un núcleo de acero y cercano a él un bobinado secundario, uniendo los finales del último y colocando en el campo producido por ambos un disco que puede girar libremente. El núcleo de acero se usa por razones obvias, pero no es esencial para el funcionamiento. A fin de mejorar el motor el núcleo de acero se hace envolviendo la armadura. Para mejorar aún más, el secundario está hecho de tal forma que cubra parcialmente el primario, de tal modo que no pueda librarse de una fuerte acción inductiva del último repeliendo sus líneas como debe ser. Para mejorar aún más la diferencia de fase entre el primario y el secundario se puede utilizar un condensador, una auto inducción, una resistencia o bobinados equivalentes.

He descubierto que la rotación se produce por medio de un solo núcleo y bobinado; mi explicación del fenómeno y el propósito del experimento, es que debe de haber un cierto desfase en la magnetización del núcleo. Recuerdo el placer que sentí cuando encontré en los escritos de Profesor Ayrton, que llegaron más tarde a mis manos, la mención del desfase en el tiempo. Sea un desfase real en el tiempo o bien sea que el retardo se deba a corrientes parásitas circulando en caminos diminutos, queda abierta la cuestión, pero el hecho es que un devanado sobre un núcleo de acero es atravesado por corrientes alternas que crean un campo móvil de fuerza capaz de iniciar la rotación de la armadura. Es de algún interés, junto con el experimento histórico de Arago, mencionar que en motores con desfase o sin él he producido rotación en sentido contrario al del campo giratorio, lo que quiere decir que en este experimento el imán puede no girar, o incluso girar en sentido contrario al disco giratorio. Aquí, pues, hay un motor (diagrama mostrado en la Fig. 17) que comprende una bobina y un núcleo de acero con un disco de cobre de giro libre en la proximidad del último

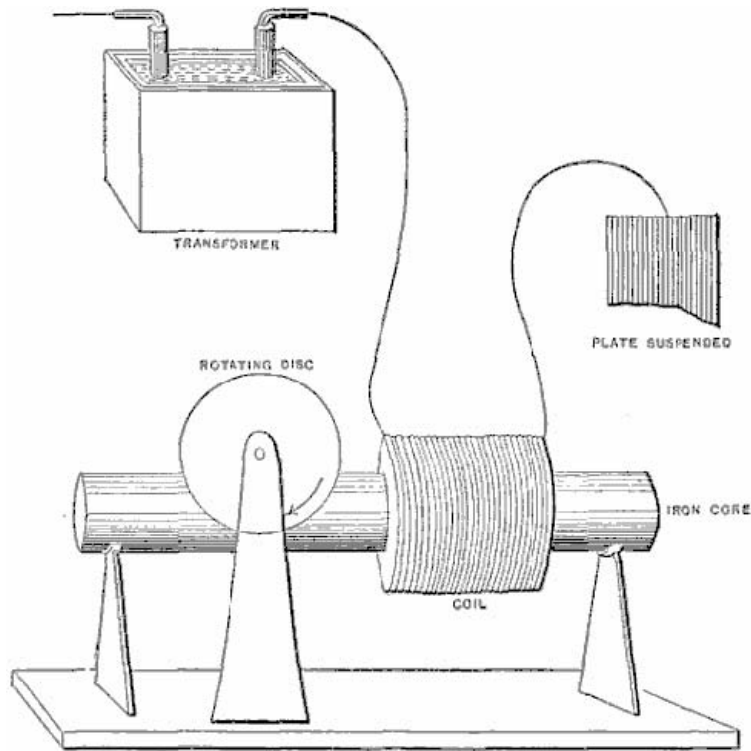


Fig.17 - MOTOR CON UN SOLO CABLE Y "SIN CABLE"

A fin de mostrar un nuevo e interesante montaje y por una razón que luego explicaré, he seleccionado este tipo de motor. Cuando los terminales del motor se conectan a los de un transformador, el disco se pone en movimiento. Pero no es este experimento, ahora bien conocido, lo que yo deseo mostrar. Lo que yo quiero mostrarles es que este motor gira con una sola conexión entre él y el generador, o sea, un terminal del motor se conecta a un terminal del generador (en este caso el secundario de un bobinado de alta tensión) estando aislados los otros terminales del motor y el generador. Para producir giro es generalmente (pero no absolutamente) necesario conectar el terminal libre del devanado del motor a un cuerpo aislado de un cierto tamaño. El cuerpo del experimentador es más que suficiente. Si él toca el terminal libre con un objeto mantenido en su mano, una corriente pasa a través del devanado y el disco de cobre se pone en movimiento. Si un tubo en el que se ha hecho el vacío se conecta en serie con el devanado, el tubo se enciende con gran luminosidad, mostrando el paso de una fuerte corriente. En lugar del cuerpo del experimentador, se puede usar una placa de metal suspendida de una cuerda con el mismo resultado. En este caso la chapa actúa como un condensador en serie con el devanado. Contrarresta su auto inducción y permite que una gran corriente pase. En este caso cuanto más grande sea la auto inducción del devanado más pequeña será la chapa necesaria, esto quiere decir que es necesaria una menor frecuencia o un menor potencial para hacer funcionar el motor. Un solo bobinado sobre un núcleo tiene una alta auto inducción, principalmente por esta razón, se escogió este tipo de motor para llevar a cabo el experimento. Si hubiera un bobinado secundario cerca del núcleo, tendería a disminuir la autoinducción y entonces sería necesario emplear una frecuencia y un potencial mucho más grandes. Esto sería perjudicial puesto que un mayor potencial pondría en peligro el aislamiento del pequeño bobinado primario, y una mayor frecuencia produciría un par menor.

Debe hacerse notar que cuando se usa este motor con un secundario cerrado, no es fácil obtener rotación con frecuencias altas, puesto que el secundario corta casi completamente las líneas del primario, y este efecto aumenta, por supuesto, cuanto más alta la frecuencia y sólo permite el paso de una pequeña corriente. En tal caso, a menos que el secundario esté cerrado sobre un condensador, para producir rotación es siempre necesario hacer coincidir más o menos los bobinados del primario y del secundario.

Pero aún hay otro hecho de interés en este motor, principalmente que no es necesario tener ni siquiera una sola conexión entre el motor y el generador, excepto, quizás a través de la tierra, porque no solo es una chapa aislada capaz de dar energía en el espacio, sino que es también capaz de obtenerla de un campo electrostático alternativo, aunque en este caso la energía es mucho más pequeña. En este caso uno de los terminales del motor está conectado a la chapa aislada colocada entre el campo electrostático alterno y el otro terminal, preferiblemente la tierra.

Es muy posible, sin embargo, que tal motor "sin cable", como debería ser llamado, pueda ser alimentado por conducción a través del aire rarificado a grandes distancias. Las corrientes alternas, sobre todo las de altas frecuencias, atraviesan con asombrosa facilidad a través de los gases ligeramente rarificados. Los estratos

superiores del aire están rarificados. Para alcanzar una cierta cantidad de millas en el espacio se requiere superar dificultades puramente mecánicas. No hay duda de que, con los enormes potenciales que se pueden obtener mediante el uso de altas frecuencias y el aislamiento con aceite, las descargas pueden atravesar muchas millas de aire rarificado y así dirigir la energía de cientos o miles de caballos de potencia. Motores o lámparas pueden ser alimentadas a considerables distancias desde fuentes estacionarias. Pero tales esquemas son mencionados únicamente como posibilidades. No tenemos necesidad de transmitir potencia de esta manera. No necesitamos transmitir potencia en absoluto. No harán falta muchas generaciones para que nuestra maquinaria sea alimentada por la fuerza obtenida en cualquier punto del universo. Esta idea no es nueva. El hombre ha sido conducido hacia ella por instinto o por razón. Ha sido expresado de muchas maneras en muchos lugares y en viejos y nuevos tiempos. Lo encontramos en el delicioso mito de Antheo, que consiguió fuerza de la tierra, lo encontramos también entre las sutiles especulaciones de uno de sus espléndidos matemáticos y en muchas insinuaciones y declaraciones de pensadores del presente. En el espacio hay energía. ¿Es esta energía estática o cinética?. Si es estática nuestras esperanzas son vanas, si es cinética, y estamos seguros de que es así, es una mera cuestión de tiempo que el hombre conecte su maquinaria a la rueda motriz de la naturaleza.

De todos, vivos o muertos, Crookes fue el más próximo a lograrlo. Su radiómetro gira en la luz del día y en la oscuridad de la noche, gira dondequiera que hay calor, y hay calor en todas partes. Pero, desgraciadamente, esta pequeña y hermosa máquina, aunque pase a la posteridad como la más interesante, puede ser clasificada como el record de la más ineficiente jamás inventada.

El experimento anterior es uno sólo de los otros muchos interesantes experimentos que pueden hacerse con el uso de un solo cable con corrientes alternas de alto potencial y alta frecuencia. Podemos conectar una línea aislada a una fuente de tales corrientes, podemos hacer pasar una corriente inapreciable a través de la línea, y en un punto de la misma podemos obtener una gran corriente capaz de fundir un grueso cable de cobre. O podemos con la ayuda de algún artificio, descomponer una solución en una célula electrolítica conectando sólo un polo de la célula a la línea o fuente de energía. O podemos, conectando a la línea, o, colocándola en su proximidad, encender una lámpara de incandescencia, un tubo con vacío, o un bulbo fosforescente.

A pesar de lo impracticable de este plan de trabajo pueda parecer en muchos casos, ciertamente parece practicable, incluso recomendable, en la producción de luz. Una lámpara perfeccionada requeriría sólo una pequeña energía y, si fueran necesarios cables, podríamos hacerlo sin una línea de retorno.

Es un hecho que un cuerpo puede ser convertido en incandescente o fosforescente poniéndolo en contacto o simplemente en la proximidad de una fuente de impulsos de las características precisas, y que de esta manera se podría producir suficiente cantidad de luz para hacerla utilizable. Tengo que decir, por último, que vale la pena intentar determinar las mejores condiciones o inventar las mejores aplicaciones para alcanzar este objetivo.

Algunas experiencias se han conseguido en esta dirección, y me voy a fijar en ellas con la esperanza de que sean de alguna utilidad.

El calentamiento de un cuerpo conductor en un bulbo, o conectado a una fuente de corriente alterna de muy alta frecuencia, depende de muchos factores de tan diferente naturaleza que sería muy difícil dar una regla general aplicable para conseguir el calentamiento máximo. Con respecto al tamaño de la vasija, he descubierto últimamente que a presión atmosférica normal o casi normal, como el aire es buen aislante, prácticamente para un mismo valor de la frecuencia y el potencial el cuerpo cede la misma cantidad de energía. Con respecto a si el bulbo debe ser grande o pequeño, el cuerpo alcanza una mayor temperatura si está encerrado en un bulbo pequeño, debido al mejor confinamiento del calor en este caso.

A menores presiones, cuando el aire deviene más o menos conductor, o si el aire está bastante caliente como para convertirse en conductor, el cuerpo se vuelve incandescente en un bulbo mayor, obviamente debido a que, conservando el resto de las condiciones del ensayo, una mayor cantidad de energía es cedida desde el cuerpo cuando el bulbo es grande.

En condiciones de alto vacío, cuando la materia del bulbo se vuelve radiante, un bulbo más grande tiene alguna ventaja, aunque pequeña comparativamente, sobre un bulbo pequeño.

Finalmente, para altísimos grados de vacío, que no se pueden alcanzar sino con la ayuda de medios especiales, parece no haber, hasta un tamaño bastante pequeño de la vasija, una gran diferencia en el calentamiento.

Estas observaciones fueron el resultado de numerosos experimentos, de los cuales uno, que muestra el efecto del tamaño de un bulbo con alto grado de vacío, debe ser descrito como se presenta aquí, pues presenta hechos de interés. Se tomaron tres bulbos esféricos de 2, 3 y 4 pulgadas de diámetro y en el centro de cada una se instaló una longitud igual de filamento de lámpara incandescente de espesor uniforme. En cada bulbo el trozo de filamento se sujetó al cable alimentador de platino contenido en un soporte de vidrio sellado en el bulbo, teniendo cuidado, por supuesto de hacer todas las piezas lo más parecidas posible. En cada soporte en el interior del tubo

se deslizó un tubo de papel de aluminio muy pulido, el cual se ajusta al soporte y es mantenido sobre él por medio de un muelle. La función de este tubo de aluminio se explicará más adelante. En cada bulbo una longitud idéntica de filamento sobresale por encima del tubo de metal. Baste con decir que bajo esas condiciones las longitudes iguales de filamento del mismo espesor (en otras palabras, cuerpos de masa igual) eran llevados a incandescencia. Los tres bulbos estaban sellados a un tubo de vidrio conectado a una bomba de Sprengel. Cuando se alcanzaba un gran vacío, el tubo de vidrio que portaba los bulbos fue sellado. Entonces se hizo pasar una corriente sucesivamente por cada bulbo y se halló que los filamentos llegaron al mismo brillo, si acaso el bulbo más pequeño que estaba a medio camino entre los dos mayores, puede haber sido ligeramente más brillante. Este resultado era esperable. Cuando cada uno de los bulbos fue conectado a la bobina, la luminosidad se extendió sobre los otros dos, de tal modo que los tres bulbos constituían realmente un solo objeto. Cuando los tres bulbos se conectaron en paralelo a la bobina, en el mayor de ellos el filamento brillaba más, el siguiente en tamaño brillaba un poco menos y el más pequeño solo alcanzó a ponerse rojizo. El brillo de los bulbos fue el que se podría esperar en el supuesto de que la energía disipada fuera proporcional a la superficie del bulbo, representando esta superficie en cada caso una de las capas de un condensador. De acuerdo con esto hubo menos diferencia de tiempo entre el mayor y el de tamaño medio que entre éste y el más pequeño.

Se hizo una observación interesante en este experimento. Los tres bulbos estaban suspendidos de un alambre desnudo conectado a un terminal de la bobina, el mayor de los bulbos estaba al final del alambre, a alguna distancia de él se encontraba el más pequeño, y a igual distancia el de tamaño mediano. Los carbonos brillaron en los bulbos mayores como se esperaba, pero el pequeño no alcanzó ese brillo ni de lejos. Esta observación me condujo a cambiar la posición de los bulbos, y entonces pude observar que cualquiera de los bulbos que estuviese en el medio era mucho menos brillante que en cualquier otra posición. Este desconcertante resultado fue por supuesto atribuido a la acción electrostática entre los bulbos. Cuando se situaban a considerable distancia, o cuando se conectaban a las esquinas de un triángulo equilátero de alambre de cobre, brillaban en el orden determinado por sus superficies.

La forma de la vasija es de cierta importancia, especialmente con altos grados de vacío. De todas las posibles construcciones, parece que la mejor es un globo esférico con el cuerpo refractario montado en su centro. La experiencia ha demostrado que en tal globo un cuerpo refractario de un tamaño determinado es más fácilmente llevado a incandescencia que con bulbos de cualquier otra forma. Hay otra ventaja para dar al cuerpo incandescente la forma de una esfera, por evidentes razones. En cualquier caso el cuerpo tiene que estar montado en el centro, allí donde colisionan los átomos que rebotan en el vidrio. Este objetivo se alcanza mejor en un bulbo esférico, pero se alcanza también en un contenedor cilíndrico con uno o dos filamentos coincidiendo en su eje, y posiblemente en bulbos parabólicos o esféricos con el cuerpo refractario colocado en el foco de los mismos, aunque esto último no es muy probable, pues los átomos electrificados deberían en todos los casos rebotar normalmente a la superficie a la que golpean, salvo en el caso de que la energía fuera excesiva, en cuyo caso probablemente cumplirían la ley general de la reflexión. No importa cual sea la forma del contenedor, si el vacío es pequeño, el filamento montado en el globo alcanza el mismo grado de incandescencia en todas partes, pero si el vacío es alto y el bulbo es esférico o en forma de pera, como es usual, se forman puntos focales y el filamento se calienta más en esos puntos o cerca de ellos.

A fin de ilustrar el efecto, tengo aquí dos pequeños bulbos parecidos, uno tiene hecho un pequeño vacío y el otro tiene hecho un gran vacío. Cuando está conectado a la bobina, el filamento del primero brilla uniformemente en toda su longitud mientras que en el otro la porción de filamento que está en el centro del tubo brilla más intensamente que el resto. Una cosa curiosa es que el fenómeno ocurre incluso si dos filamentos están montados en un bulbo, cada uno conectado a un terminal de la bobina y, lo que es aún más curioso, si están muy cerca, siempre que el vacío sea muy alto. Advertí en estos experimentos con tales bulbos que los filamentos fallarán en cierto momento, y en las primeras pruebas lo atribuí a un defecto en el carbono. Pero cuando el fenómeno ocurrió muchas veces seguidas reconocí su causa real.

A fin de conseguir que un cuerpo refractario encerrado en un bulbo alcance la incandescencia, es deseable, teniendo en cuenta la economía, que toda la energía cedida al bulbo desde la fuente alcance sin merma el cuerpo a ser calentado, desde aquí y desde ninguna otra parte debe ser radiado. Está fuera de lugar, por supuesto, que se pueda alcanzar este resultado teórico, pero es posible mediante una acertada construcción del mecanismo iluminador aproximarse más o menos.

Por muchas razones, el cuerpo refractario está colocado en el centro del bulbo, y usualmente se halla sobre un soporte de vidrio que contiene el cable alimentador. Como el potencial de este cable es alterno, el gas rarificado que rodea al apoyo soporta una carga inductiva por lo que es violentamente bombardeado y calentado. De este modo la inmensa mayoría de la energía suministrada al bulbo (especialmente cuando se usan altísimas frecuencias) se desvía de su propósito. Para obviar esta pérdida, o al menos para reducirla a un mínimo, normalmente yo protejo el gas rarificado que rodea al soporte de la acción inductiva del cable de alimentación rodeándolo con un tubo o acolchado de material conductor. Parece fuera de toda duda que el mejor de todos los metales para este fin es el aluminio, teniendo en cuenta todas sus notables propiedades. Su único defecto es que es que funde fácilmente y la distancia al cuerpo incandescente debe ser correctamente estimada. Normalmente

se construye un tubo de un diámetro ligeramente inferior al del soporte de vidrio con una finísima lámina de aluminio y se desliza en el soporte. El tubo es convenientemente preparado enrollando sobre una barra sujeta en un torno una pieza de aluminio de tamaño apropiado, sujetando la hoja firmemente con una piel de gamo limpia o un secante y haciendo girar la barra muy rápidamente. La hoja se enrolla apretadamente contra la barra, y se obtiene un tubo de una a tres capas de aluminio finamente pulido. Cuando se desliza sobre el soporte, generalmente la presión es suficiente para impedir que se deslice, pero, para mayor seguridad, el final inferior de la hoja se dobla hacia adentro. El final superior de la hoja, o sea, el que está más cerca del cuerpo refractario incandescente, debe ser cortado diagonalmente, porque a veces ocurre que, como consecuencia del intenso calor, esta punta se vuelva hacia el interior y se coloca demasiado cerca o en contacto con el cable o el filamento que soporta al cuerpo refractario. La mayor parte de la energía suministrada al bulbo se usa en calentar el tubo de metal, y el bulbo se convierte en inútil para nuestro fin. La hoja de aluminio debe proyectarse por encima del soporte de vidrio mas o menos una pulgada, si el vidrio está demasiado cerca del cuerpo incandescente, puede ser calentado y hacerse más o menos conductor, incluso puede ser perforado, o puede, gracias a su conductividad, establecer una buena conexión eléctrica entre el tubo de metal y el cable de alimentación, en cuyo caso de nuevo la mayor parte de energía se perderá calentando este último.

Quizás la mejor manera es fabricar la parte alta del tubo de cristal, de aproximadamente una pulgada de diámetro, de un diámetro mucho más pequeño. Para reducir aún más el riesgo de calentar el pie de cristal y también para prevenir la conexión entre el tubo metálico y el electrodo, yo prefiero envolver el soporte con varias capas mica muy fina en una longitud al menos igual a la del tubo. En algunos bulbos he usado una capa aislante exterior.

Las observaciones anteriores son únicamente hechas para ayudar a experimentador en sus primeras pruebas, porque las dificultades que él pueda toparse serán rápidamente superadas por él mismo.

Para ilustrar el efecto de la pantalla, y la ventaja de usarla, aquí tengo dos bulbos del mismo tamaño, con sus soportes, cables de alimentación y sus filamentos de lámpara incandescente conectados a los últimos, lo más parecidos entre si. El soporte de uno de los bulbos está provisto de un tubo de aluminio y el otro no. Al principio los dos bulbos estaban unidos a un tubo conectado a una bomba de Sprengel. Cuando se ha alcanzado un gran vacío se sella primero el tubo que los conecta y después se sellan los bulbos, por lo tanto ambos tienen el mismo grado de vacío. Cuando se conectan por separado a la bobina a un cierto potencial, el filamento de carbono que tiene una pantalla de aluminio se pone muy incandescente, mientras que el otro filamento, con el mismo potencial, puede que ni siquiera alcance un color rojizo, aunque en realidad este último consume generalmente más energía que el primero. Cuando se conectan juntos al terminal la diferencia es aún más aparente, lo que muestra la importancia de la pantalla. El tubo de metal colocado en el soporte que lleva el cable de alimentación cumple en realidad dos funciones distintas: Primero : actúa más o menos como una pantalla electrostática, economizando así la energía suministrada al bulbo y segundo: incluso si pudiera fallar electrostáticamente, actúa mecánicamente previniendo el bombardeo, y consecuentemente el calentamiento y posible deterioro del delicado y delgado soporte del cuerpo refractario incandescente o el del soporte de vidrio que alberga el cable de alimentación. Digo delgado porque es evidente que para confinar el calor más completamente al cuerpo incandescente, éste debe ser muy delgado, a fin de disipar por conducción la menor cantidad de calor posible. De todos lo soportes que he usado, he hallado que el filamento normal de lámpara incandescente es el mejor, principalmente porque entre los conductores es el que puede soportar el máximo de calor. El resultado del tubo de metal como pantalla electrostática depende mucho del grado de vacío.

A muy altos valores de vacío (que se alcanzan tomando mucho cuidado y medios especiales con respecto a la bomba de Sprengel) cuando la materia en el globo está en estado súper radiante, es cuando más perfectamente actúa. La sombra del final superior del tubo se define fuertemente sobre el bulbo.

A un menor grado de vacío, que es normalmente vacío y generalmente como la materia se mueve predominantemente en línea recta, la pantalla aún trabaja bien. Aclarando la observación anterior es necesario decir lo que es un vacío no golpe para una bobina alimentada normalmente por impulsos o corrientes de baja frecuencia no, es lo mismo, ni de lejos, cuando la bobina es alimentada por corrientes de muy alta frecuencia. En este caso la descarga puede pasar con gran facilidad a través del gas rarificado, mientras que una corriente de baja frecuencia no pasará, ni siquiera con un potencial mucho más alto. A presiones normales funciona la regla contraria: cuanto mayor es la frecuencia, menor es la chispa de descarga capaz de saltar entre los terminales, especialmente si se trata de esferas de cierto tamaño.

Finalmente a grados muy pequeños de vacío, cuando el gas es buen conductor, el tubo de metal no solamente actúa como una pantalla electrostática, sino que incluso es un inconveniente, colaborando considerablemente a la disipación lateral de la energía del cable de alimentación. Esto, por supuesto, era de esperar. En este caso el tubo metálico está bien conectado eléctricamente con el cable de alimentación y la mayor parte del bombardeo se dirige al tubo. Si la conexión eléctrica no es buena, el tubo conductor es siempre ventajoso y, aunque no siempre economiza energía, siempre protege al botón refractario y es un medio de concentrar energía sobre el mismo.

El tubo de aluminio cumple hasta cierto punto la función de una pantalla, su utilidad está limitada a muy altos grados de vacío cuando está aislado del electrodo, o sea cuando el gas en conjunto no es conductor, y las moléculas o átomos actúan como portadores independientes de cargas eléctricas.

Además de actuar como una pantalla más o menos efectiva, en el verdadero significado de la palabra, el tubo conductor o forro debe también actuar, a causa de su conductividad, como una especie de ecualizador o amortiguador del bombardeo contra el soporte. Siendo más explícito: supongamos un bombardeo rítmico contra el tubo conductor, como consecuencia de su acción imperfecta como pantalla, ciertamente debe ocurrir que algunas moléculas, o átomos, alcancen el tubo más rápido que otras. Las que alcancen las primeras el contacto ceden su carga superflua y el tubo se electrifica, alcanzando la carga instantáneamente toda su superficie. Pero esto debe disminuir la energía perdida en el bombardeo por dos razones: primera, la carga cedida por los átomos se extiende sobre una gran superficie y la densidad eléctrica en cualquier punto es pequeña, y los átomos son repelidos con menos energía que lo serían si se estrellasen contra un buen aislante. En segundo lugar: como el tubo está electrificado por los primeros átomos que establecieron contacto con él, la aproximación de los siguientes átomos al tubo es más o menos contrarrestada por la repulsión que el tubo electrificado debe ejercer contra átomos electrificados con cargas similares. Esta repulsión debe ser suficiente para impedir que una gran cantidad de átomos alcance el tubo, pero en modo alguno puede disminuir la energía de su impacto. Está claro que, cuando el vacío es muy bajo y el gas rarificado es buen conductor, ninguno de los efectos mencionados puede ocurrir, en otras palabras, cuanto mayor sea el grado de vacío, hasta un cierto límite, más claros van a estar ambos efectos.

Lo que acabo de decir puede ser una explicación al fenómeno observado por el profesor Crookes o sea que una descarga a través de un bulbo se establece con mucha mayor facilidad cuando en el mismo está presente un aislante que cuando está presente un conductor. En mi opinión el conductor actúa como un amortiguador del movimiento de los átomos en los dos modos apuntados aquí, o sea, para causar una descarga visible a través del bulbo, se necesita mucho más potencial si está presente un conductor, especialmente de mucha superficie.

En aras de la claridad de alguna de las afirmaciones hechas, ahora me voy a referir a la **Fig.18**, **Fig.19** y **Fig.20** que ilustran muchos montajes con el tipo de bulbo usualmente utilizado.

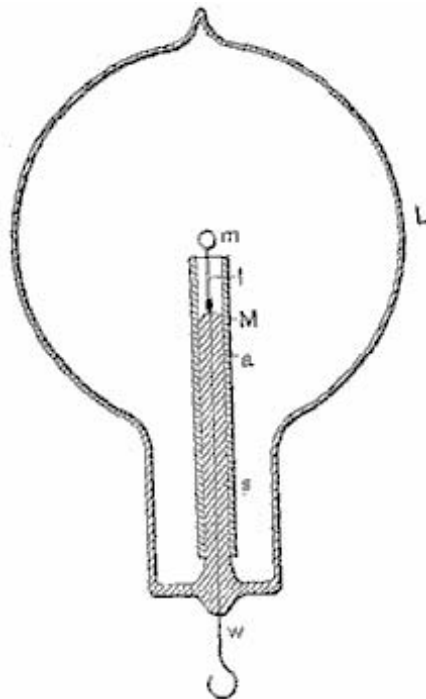


Fig.18 - BULBO CON TUBO DE MICA Y PANTALLA DE ALUMINIO.

La **Fig.18** es una sección de un bulbo esférico **L**, con el soporte de vidrio **s**, que contiene el cable de alimentación **w**, que lleva un filamento de lámpara **l** sujeto a él, que sirve de soporte al botón refractario **m** en el centro. **M** es una hoja de mica delgada bobinada en varias capas sobre el soporte **s**, y **a** es el tubo de aluminio.

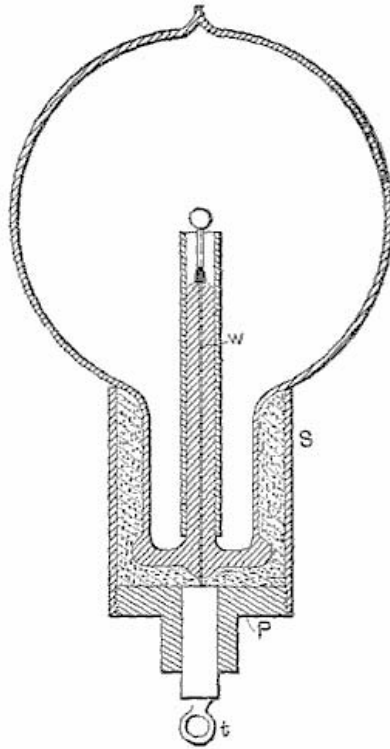


Fig.19. BULBO MEJORADO CON ZÓCALO Y PANTALLA.

Fig.19 ilustra un bulbo perfeccionado. Un tubo metálico **S** está Sujeto por medio de un cemento al cuello del tubo. En el tubo se halla roscada una tuerca **P** de material aislante, en el centro de la misma está sujeto un terminal **t** para la conexión del cable de alimentación **w**. Este terminal debe estar bien aislado del tubo metálico **S**, por lo tanto si el cemento usado es conductor (y normalmente lo es bastante), el espacio entre la tuerca **P** y el cuello del bulbo debe estar relleno de algún buen aislante, como polvo de mica.

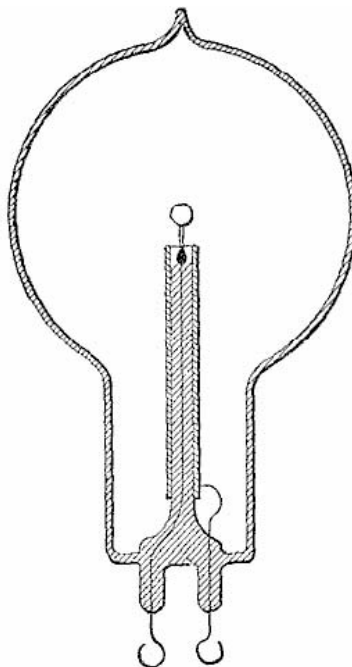


Fig.20 - BULBO PARA EXPERIENTOS CON TUBO CONDUCTOR.

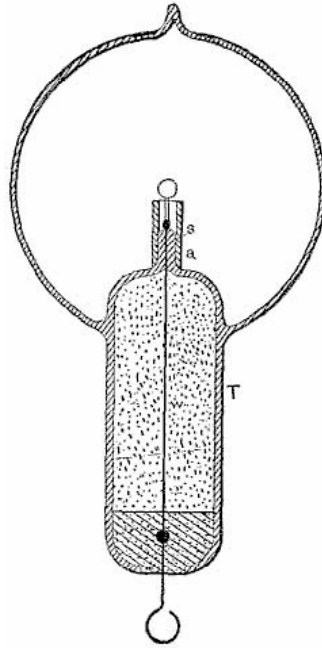


Fig.21 - BULBO MEJORADO CON BOTON NO CONDUCTOR

Como el bombardeo contra el soporte que contiene el cable de alimentación es debido a la acción inductiva del último sobre el gas rarificado, es conveniente reducir su acción en lo posible empleando un alambre muy fino rodeada de una capa muy gruesa de vidrio u otro material haciendo que el paso a través del gas rarificado sea lo más corto posible. Para conseguirlo yo uso un gran tubo **T** (Fig. 21) que sobresale del bulbo una cierta distancia, y lleva en su extremo un corto soporte de vidrio **s** en el que está sellado el cable de alimentación **w**, y protejo el final del soporte contra el calor con un pequeño tubo de aluminio **a** y una capa interior de mica. El cable **w** que pasa a través del tubo grande hacia fuera del bulbo debe estar bien aislado (con un tubo de vidrio por ejemplo) y el espacio entre los dos debe estar relleno con algún buen aislante. Entre los muchos polvos aislantes que he ensayado, he encontrado que el mejor es el de mica. Si no se toma esta precaución, el tubo **T** que sobresale del bulbo, seguramente se romperá como consecuencia del calor de las chispas que se pueden formar en la parte superior del tubo, cerca del globo vaciado, especialmente si el vacío es muy bueno y por lo tanto el potencial necesario para operar la lámpara es muy alto.

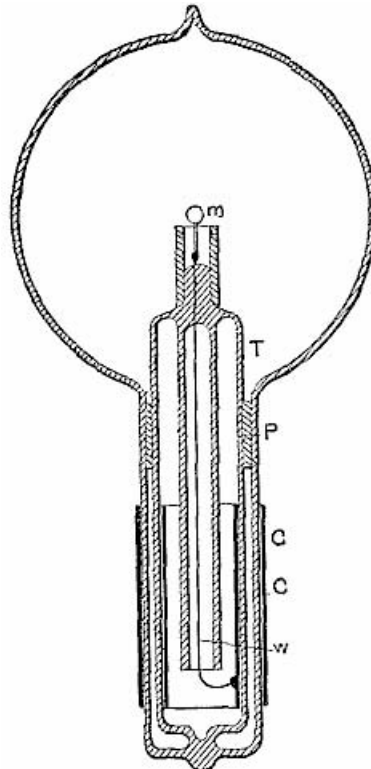


Fig.22 - TIPO DE BULBO SIN CABLE DE ALIMENTACIÓN.

Fig.22 ilustra un montaje similar con un gran tubo **T** sobresaliendo de la parte del bulbo que contiene el botón refractario **m**. En este caso el cable alimentador desde el exterior se omite, sendo la energía necesaria suministrada a través de las cubiertas capacitivas **C C**. El cuerpo aislante **P** en este montaje debe ajustar apretadamente sobre el vidrio y ser bastante espeso, de otro modo la descarga puede evitar pasar a través del alambre **w**, que conecta la capa interior del condensador al botón incandescente **m**.

El bombardeo molecular contra el soporte de vidrio en el bulbo es una gran fuente de problemas. Como ilustración voy a citar un fenómeno observado, poco frecuente y no deseado. Se toma un bulbo, preferiblemente grande, y se monta en el soporte sobre un alambre de platino un buen conductor, tal como un trozo de carbono. El bulbo puede ser vaciado hasta un alto grado, cercano a un punto en el cual la fosforescencia comienza a aparecer. Cuando el bulbo se conecta a la bobina, la pieza de carbono, si es pequeña puede ponerse incandescente en el primer momento, pero inmediatamente después su brillo disminuye y entonces la descarga puede producirse a través del cristal en cualquier parte en medio del soporte en forma de brillantes chispas, a pesar del hecho de que el alambre de platino esté en buena conexión eléctrica con el gas rarificado a través del trozo de carbón o metal en lo alto. La primera chispa es singularmente brillante, recordando las obtenidas en una superficie limpia de mercurio. Pero, como el cristal se calienta rápidamente, las chispas, por supuesto pierden su brillo y cesan cuando el punto de ruptura del cristal se pone incandescente o bastante caliente como para dejar pasar la corriente. Cuando se observa este fenómeno por primera vez puede parecer bastante curioso, y muestra, de una manera bastante impactante, cuan radicalmente distinto es el comportamiento de las corrientes o impulsos de alta frecuencia, si se compara con las de baja frecuencia. Con las últimas el fenómeno por supuesto no ocurrirá. Cuando se usan frecuencias obtenidas por medios mecánicos, creo que la ruptura del vidrio es más o menos consecuencia del bombardeo, que calienta y perjudica el poder aislante; pero cuando las frecuencias se obtienen de condensadores, no. Tego duda de que el vidrio pueda ceder sin previo calentamiento. Aunque pueda parecer muy singular al principio, en realidad es lo que debemos esperar que ocurra. La energía suplida al cable que alimenta el bulbo es cedida en parte a su acción directa sobre el botón de carbono y en parte a la acción inductiva a través del vidrio que rodea al cable. Este caso es similar a aquél en el cuál un condensador en paralelo con un conductor de poca resistencia se conecta a una fuente de corriente alterna. Mientras las frecuencias son bajas, el conductor atrapa el máximo y el condensador está a salvo, pero cuando la frecuencia es excesiva el papel del conductor se convierte en insignificante. En el último caso la diferencia de potencial entre los terminales del condensador puede ser lo suficientemente grande como para perforar el dieléctrico, a pesar del hecho de que los terminales estén unidos por un conductor de pequeña resistencia.

Para producir la incandescencia en un cuerpo encerrado en un bulbo por medio de estas corrientes, por supuesto que no es necesario que el cuerpo sea conductor, incluso un perfecto no conductor puede ser calentado casi tan rápido como uno conductor. Para este propósito es suficiente rodear un electrodo conductor con un material no conductor como, por ejemplo, en el bulbo descrito en la figura 21, en el cual un fino filamento de lámpara incandescente está forrado con un no conductor, y soporta un botón del mismo material en lo alto. Al principio el bombardeo se manifiesta como inductivo a través del no conductor, hasta que éste está suficientemente caliente como para convertirse en conductor continuando entonces el bombardeo de forma normal.

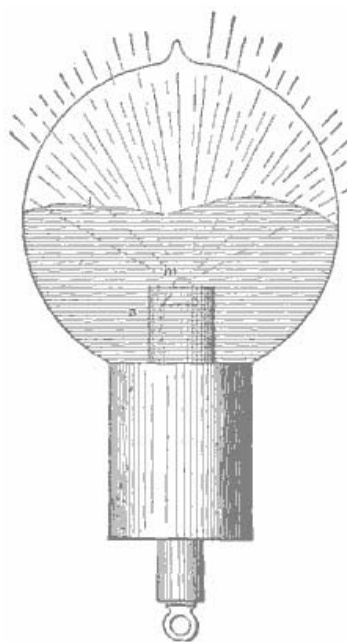


Fig.23 - EFECTO PRODUCIDO POR UNA GOTA DE RUBÍ (PAGINA 31)

Un montaje diferente usado en alguno de los bulbos construidos se ilustra en **Fig.23**. En este caso un no conductor **m** se instala en una pieza de carbono corriente de arco de iluminación de tal manera que sobresalga de este último. El trozo de carbón se conecta al cable de alimentación que pasa a través del soporte de vidrio, que esta envuelto en varias capas de mica. Un tubo de aluminio se usa de pantalla como habitualmente. Está colocado de tal manera que alcanza la misma altura que el carbono y sólo el no conductor **m** sobresale. El bombardeo incide al principio sobre la superficie de carbón, cuya parte inferior está protegida por el tubo de aluminio. Tan pronto como el no conductor **m** se calienta, se convierte en buen conductor y pasa a ser objetivo del bombardeo, estando la mayor parte de él expuesto al mismo.

He construido durante estos experimentos muchos bulbos con un solo cable, o sin electrodo interno, en los cuales la materia radiante se proyectó, o se focalizó, sobre los cuerpos a volver incandescentes.

Fig.24 ilustra uno de los bulbos usados. Consiste en un globo esférico **L**, provisto de un largo cuello **n** en lo alto, para incrementar el efecto, en algunos casos, mediante la aplicación de un revestimiento conductor. El globo **L** está embutido por abajo en un pequeño bulbo **b**, que sirve para sujetarle firmemente en un zócalo **s** de material aislante sobre el cuál está pegado. Un filamento fino de lámpara **f**, sujeto sobre un cable **w** pasa a través del centro del globo **L**. El filamento se pone incandescente en el trozo central, mientras el bombardeo procedente de la parte de abajo del globo es más intenso. La parte baja del globo, en la parte que el zócalo **S** envuelve, se torna conductora, ya sea gracias a un forro conductor de estaño o por otro medio y el electrodo externo se conecta a un terminal de la bobina.

El montaje cuyo diagrama se muestra en Fig.24 se halló que era inferior cuando se trataba de volver incandescente un filamento o botón en el centro del globo, pero se mostró superior cuando el objetivo era producir incandescencia.

En muchos experimentos, en los cuales fueron instalados cuerpos de diferentes clases en el bulbo, como por ejemplo, los indicados en Fig.23, se hicieron algunas observaciones interesantes.

Se halló, entre otras cosas, que en tales casos, no importando cuando empezaba el bombardeo, en cuanto se alcanzaba una alta temperatura, generalmente uno de los cuerpos parecía recibir la mayor parte del bombardeo, aligerando así a los otros. Esta cualidad parecía depender principalmente del punto de fusión, o de la facilidad con la cual el cuerpo era evaporado o desintegrado (el último término significa no sólo expulsar átomos sino también mayores masas). La observación está hecha de acuerdo con las nociones generalmente aceptadas. En un bulbo con alto vacío, la electricidad es expulsada por elementos independientes, que son parcialmente átomos, moléculas, o la atmósfera residual y parcialmente los átomos, moléculas o gotas expelidas por el electrodo. Si el electrodo está compuesto de cuerpos de diferentes características y si uno de ellos es más fácilmente desintegrable que los otros, la mayor parte de la electricidad suministrada es expulsada por este cuerpo, que es entonces llevado a más alta temperatura que los otros, y así es aún más fácilmente desintegrado.

Creo bastante probable que un proceso similar ocurre en el bulbo con un electrodo homogéneo, y creo que esta es la principal causa de desintegración. Podemos encontrar irregularidades incluso si la superficie está muy pulida, lo que es imposible con la mayor parte de los cuerpos que usamos como refractarios. Asumiendo que un punto del electrodo se calienta más, instantáneamente la mayor parte de la descarga pasa a través de ese punto, y un pequeño trozo probablemente se funda o evapora. Ahora es posible que, como consecuencia de la violenta desintegración, el trozo atacado baje su temperatura, o que se cree una fuerza contraria, como en un arco, el trozo arrancado se suma las otras limitaciones propias del experimento, con lo cual el mismo proceso ocurre en otro lugar. A la vista el electrodo parece brillar uniformemente, pero constantemente hay puntos sobre él que oscilan y se mueven a temperaturas muy por encima del promedio, y esto acelera realmente el proceso de deterioro. Como esto ocurre, al menos cuando el electrodo está a una temperatura inferior, la suficiente evidencia experimental se puede obtener de la siguiente manera: Lleva el vacío de un bulbo a muy alto grado, tal que la descarga de un gran potencial no pueda pasar (una descarga luminosa, porque una débil descarga invisible siempre pasa con toda probabilidad). Después sube lenta y cuidadosamente el potencial, dejando correr la corriente en el primario nada más que un instante. En un cierto momento, dos, tres o media docena de puntos fosforescentes van a parecer en el globo. Esos lugares del cristal evidentemente son bombardeados más violentamente que otros, esto es debido a una distribución irregular de la densidad eléctrica, provocadas, por supuesto, por violentas proyecciones, o irregularidades del electrodo. Pero las manchas luminosas están constantemente cambiando de posición, lo que es especialmente posible constatar si uno consigue producir muy pocas, esto indica que la configuración del electrodo está cambiando muy rápidamente.

De experiencias de esta clase he deducido que, para conseguir que sean más duraderos, los botones refractarios en el bulbo deben tener forma esférica y una superficie muy pulida. Tal pequeña esfera puede ser manufacturada con un diamante o algún otro cristal, pero una forma mejor debería ser fundir, con el uso de temperatura extremas, algún óxido (como por ejemplo circonio) en una pequeña gota, y luego mantenerla en el bulbo a una temperatura inferior a su punto de fusión.

Sin duda se pueden obtener interesantes y útiles resultados con el uso de altas temperaturas. ¿Como se pueden conseguir? ¿Como se alcanzan en la naturaleza? Con las colisiones de estrellas a grandes velocidades. En una colisión se puede alcanzar cualquier cantidad de calor. En un proceso químico estamos limitados. Cuando se combinan oxígeno e hidrógeno, ellos caen, metafóricamente hablando de una altura definida. No podemos llegar muy lejos en una explosión, ni confinando el calor en un horno, pero en un bulbo al vacío podemos concentrar cualquier cantidad de energía en un diminuto botón. Dejando de lado su ejecución práctica, este sería el medio que, en mi opinión, nos permitiría alcanzar la mayor temperatura. Procediendo de esta forma se encuentra una dificultad, la mayor parte de las veces el cuerpo se estropea antes de que se pueda fundir y formar una gota. Esta dificultad excité principalmente con un óxido, como el circonio, porque no puede ser comprimido hasta formar una pastilla que no pueda ser estropeada rápidamente. Intenté repetidamente fundir circonio colocándolo en una copa o un arco de luz de carbono, como se indica en Fig.23. Brilló con una luz muy intensa, y la corriente de partículas proyectadas fuera de la copa de carbono era de un blanco muy vívido, pero mientras fue comprimido en una pastilla o hecho una pasta con carbono, se estropeó antes de fundirse. La copa de carbono que contiene el circonio debe ser instalada muy bajo en el cuello de un gran bulbo, puesto que el calentamiento del vidrio por las partículas de óxido proyectadas fue tan rápido que en el primer ensayo el bulbo estalló casi instantáneamente cuando se conectó. El calentamiento por el vidrio por parte de las partículas proyectadas se halló que era siempre mayor cuando la copa de carbono contenía un cuerpo que se estropeaba rápidamente. Yo supongo que en tales casos, con el mismo potencial, se conseguían altas velocidades, y también porque se proyectaba más materia por unidad de tiempo, o sea, más partículas golpeaban el vidrio.

La dificultad mencionada antes no existe cuando el cuerpo montado en la copa de carbono ofrece gran resistencia al deterioro. Por ejemplo, cuando un óxido se funde primero en un horno y después se monta en el bulbo, se convierte rápidamente en una gota.

Durante el proceso de fusión generalmente se ven magníficos efectos de luz, de los cuales es muy difícil dar una idea adecuada. Fig.23 intenta reflejar el efecto observado en una gota de rubí. Al principio una puede ver un estrecho túnel de luz proyectada contra la parte alta del globo, donde produce un camino fosforescente irregularmente rayado. Cuando el punto de rubí se funde la fosforescencia se vuelve muy intensa, pero como los átomos son proyectados con mucha mayor velocidad desde la superficie de la gota, muy pronto el vidrio se calienta y se siente "cansado", y sólo la parte exterior del camino brilla. De esta manera se produce una línea intensamente fosforescente, finamente definida, la que corresponde al contorno de la gota se extiende suavemente sobre el globo mientras la gota crece. Cuando la masa comienza a hervir se forman pequeñas burbujas y cavidades que causan pequeñas manchas oscuras coloreadas que barren el globo. El bulbo puede ser invertido sin miedo de que las gotas se caigan pues la masa es muy viscosa.

Debo mencionar aquí otro hecho de interés, que creo haber observado durante estos experimentos, aunque las observaciones no alcancen una certeza total. Parece que bajo el impacto causado por el rápido potencial alterno fuera fundido y mantenido en este estado a menor temperatura en un bulbo con alto vacío que cuando ocurre a presión normal y aplicación del calor en condiciones normales, al menos considerando la cantidad de luz emitida. Uno de los experimentos se menciona aquí como ilustración. Un pequeño trozo de piedra pómez se colocó sobre un trozo de platino y se soldaron en un quemador de gas. El alambre se colocó entre dos trozos de carbón y se aplicó un quemador capaz de producir gran calor, capaz de fundir la piedra pómez en un pequeño botón como de cristal. Se ha de escoger un trozo de platino del suficiente espesor para que no se funda en el fuego. Mientras está en el fuego de carbón, o se mantiene en un quemador para tener mejor idea del grado de calor, el botón destella con gran brillantez. El alambre con el botón se montó en un bulbo, y después de llevarlo a un alto grado de vacío, se fue aumentando la corriente a fin de prevenir el estallido del botón. El botón se calentó hasta el punto de fusión y cuando se fundió, aparentemente no lo hizo, brillando con la misma intensidad que antes, lo que indicaría una menor temperatura. Dejando aparte el posible y probable error del observador, la pregunta es: ¿puede un cuerpo en estas condiciones ser llevado de sólido a líquido con emisión de menos luz?

Cuando el potencial de un cuerpo se alterna rápidamente es cierto que su estructura se aja. Cuando el potencial es muy alto, aunque las vibraciones sean pocas, pongamos 20.000 por segundo, el efecto sobre la estructura puede ser considerable. Supongamos, por ejemplo, que un rubí se funde en una gota aplicando una fuerte cantidad de energía. Cuando se forme la gota, emitirá radiaciones visibles e invisibles, que lo serán en una proporción definida, y a la vista la gota aparecerá con una cierta brillantez.

Ahora supongamos que disminuimos hasta cierto punto la fuerte energía suministrada, y en su lugar, suministramos energía que sube y baja de acuerdo con cierto orden. Ahora, cuando la gota se forme, se emitirán tres diferentes clases de vibraciones, la visible normal y otras dos clases de ondas invisibles: o sea, las ondas oscuras de todas las longitudes y además ondas de un carácter bien definido. Esta última no existiría con un fuerte suministro de energía, aunque ayude a estropear y aflojar la estructura. Si este fuera el caso, la gota de rubí emitiría relativamente pocas ondas visibles y más invisibles que antes. Parecería que cuando un alambre de platino, por ejemplo, es fundida por corrientes alternando con gran rapidez, emite en el punto de fusión menos luz y más radiaciones invisibles que si fuera fundida por una corriente fuerte, aunque la cantidad de energía fuese la misma en ambos casos. O, para citar otro ejemplo, un filamento de lámpara no es capaz de soportar tanto tiempo

una corriente de alta frecuencia como lo es con una gran corriente, suponiendo que se haya trabajado con la misma intensidad luminosa. Esto quiere decir que para las corrientes alternando rápidamente el filamento debería ser más corto y más grueso. Cuanto más grande la frecuencia, esto es, cuanto mayor sea al arranque el gran flujo, pero será para el filamento. Pero si se demostrase lo cierto de esta observación, sería erróneo concluir que el botón refractario usado en estos bulbos se deterioraría más rápido por corrientes de alta frecuencia que por fuertes corrientes o corrientes de baja frecuencia. Por mi experiencia puedo decir que justo lo contrario es cierto, el botón soporta mejor el bombardeo de corrientes de muy alta frecuencia. Pero esto es debido al hecho de que una corriente de alta frecuencia pasa a través de un gas rarificado con mucha más facilidad que lo hace una descarga fuerte o de baja frecuencia, y esto quiere decir que con la primera podemos trabajar con un potencial más bajo o con un impacto menos violento. Mientras no se esperen efectos del gas, una corriente fuerte o de baja frecuencia es mejor, pero cuando se desean efectos del gas, son preferibles las altas frecuencias.

En el curso de estos experimentos se hicieron muchos ensayos con toda clase de botones de carbono. Los electrodos hechos de botones de carbono ordinario fueron claramente más duraderos cuando fueron obtenidos con la aplicación de grandes presiones. Los electrodos preparados depositando carbono con los medios conocidos no dieron buen resultado; oscurecían el globo muy rápidamente. A través de muchas experiencias concluí que los filamentos de lámpara obtenidos de esta manera sólo pueden ser usados de forma ventajosa con poco potencial y corrientes de baja frecuencia. Algunas clases de carbono se comportan tan bien que, a fin de llevarlos al punto de fusión, es necesario utilizar botones muy pequeños. En este caso la observación es muy difícil a causa del intenso calor producido. Sin embargo no hay duda de que todas las clases de carbón se funden bajo el bombardeo molecular, pero el estado líquido puede ser de gran inestabilidad. De todos los cuerpos ensayados hubo dos que se comportaron mejor: diamante y carborundum. Se mostraron casi iguales, pero el último fue preferible por muchas razones. Como es más que probable que este no sea conocido generalmente, me permito llamar su atención sobre él.

Ha sido producido recientemente por el Sr. E.G.Acheson, de la ciudad de Monongahela, Pa en USA. Se supone que va reemplazar al polvo de diamante en el pulido de piedras preciosas, etc., y he sido informado de que cumple su objetivo bastante satisfactoriamente. No se porque se le ha dado el nombre "carborundum", a no ser que algo en el proceso de su manufactura justifique esta selección. Gracias a la amabilidad del inventor, he obtenido hace no mucho unas muestras que yo deseaba ensayar con respecto a sus cualidades de fosforescencia y su capacidad de resistir altos grados de calor.

El carborundum puede ser obtenido en dos formas, en la forma de cristal y en la de polvo. El primero aparece a la vista como de color oscuro, pero muy brillante. El último es casi del mismo color que el polvo de diamante, pero mucho más fino. Vistas al microscopio las muestras de los cristales que me dieron no parecen tener una forma definida, más bien parecen trozos de pastillas de carbón de buena calidad. La mayoría eran opacas, pero había algunas que eran transparentes y coloreadas. Los cristales son como carbón que contuviera algunas impurezas, son extremadamente duros y resisten mucho tiempo incluso al chorro de oxígeno. Cuando el chorro se dirige a ellas directamente al principio se forma una plasta algo compacta, probablemente como consecuencia de las impurezas que contiene. Esa masa resiste durante bastante tiempo sin una fusión posterior, pero sigue una lenta proyección, o combustión, dejando una pequeña cantidad de residuo cristalino, que yo supongo que es alúmina fundida. Si se comprime fuertemente conduce muy bien, pero no tan bien como el carbón normal. El polvo que se obtiene de los cristales es prácticamente no conductor. Proporciona un magnífico material de pulido para las piedras.

Ha habido poco tiempo para hacer un estudio satisfactorio sobre las propiedades de este producto, pero se ha conseguido bastante experiencia en unas pocas semanas. He experimentado lo suficiente para decir que tiene notables propiedades en muchos aspectos. Soporta fácilmente altos grados de calor, se deteriora poco ante el bombardeo molecular, y no ennegrece el globo como lo hace el carbón normal. La única dificultad que he hallado en su uso en relación con estos experimentos fue encontrar un material de soporte que pudiera resistir el calor y el efecto del bombardeo tan exitosamente como el carborundum.

Tengo aquí una cantidad de bulbos en los que he instalado botones de carborundum. Para fabricar el botón de cristales de carborundum he procedido de la siguiente manera: tomé un filamento de lámpara corriente y lo sumergí en un alquitrán, o alguna otra sustancia espesa o pintura que pueda ser carbonizada. Después pasé la punta del filamento sobre los cristales, y después lo sujeté verticalmente sobre un plato caliente. El alquitrán se ablanda y forma una gota en la punta del filamento, quedando los cristales adheridos a la superficie de la gota. Regulando la distancia al plato el alquitrán se seca lentamente y el botón se vuelve sólido. De nuevo sumerjo el botón en alquitrán y de nuevo lo coloco en el plato hasta que el alquitrán se evapora, dejando sólo una masa que sujeta firmemente los cristales. Cuando se precisa un cristal más grande, repito el proceso varias veces y generalmente cubro con cristales el filamento por debajo del botón. Estando montado el botón en un bulbo y cuando se ha alcanzado un buen grado de vacío, se hace pasar primero una pequeña y después una gran descarga a través del bulbo a fin de carbonizar el alquitrán y expulsar todos los gases, y después se lleva a una gran incandescencia.

Cuando se usa el polvo he encontrado que es mejor proceder como sigue: preparo una gruesa pintura de carborundum y alquitrán y paso un filamento de lámpara a través de la pintura. Se retira la mayor parte de la pintura frotando el filamento sobre una gamuza, se sujeta contra un plato caliente hasta que el alquitrán se evapora y el cuerpo se endurece. Repito el proceso las veces necesarias hasta que se obtiene un cierto espesor. En la punta del filamento formo un botón de la misma manera.

No hay duda de que tal botón- de carborundum -correctamente preparado baja gran presión- , especialmente de polvo de la mejor calidad, soportará el bombardeo completo como ningún otro material que conozcamos. La dificultad es que el material adherente se deteriora, y el carborundum se pierde después de cierto tiempo. Como parece que no ennegrece el globo, por último, podría ser hallado útil para forrar filamentos de lámparas incandescentes y creo que sería incluso posible producir finos cables o bastones de carborundum que podrían reemplazar los filamentos de lámpara corrientes. Un forro de carborundum parece ser más duradero que otros forros, no sólo porque el carborundum puede soportar altos grados de calor, si no por que también parece unirse con el carbón mejor que otros materiales que he ensayado. Un forro de circonio o cualquier otro óxido son destruidos mucho más rápidamente. He preparado botones de polvo de diamante de la misma manera que el carborundum, y podían alcanzar en durabilidad a los de carborundum, pero el material ligante se deterioraba mucho más rápido en los botones de diamante: yo lo atribuyo a la irregularidad de sus granos.

Fue de interés conocer si el carborundum posee la cualidad de la fosforescencia. Uno está, por supuesto, dispuestos a encontrarse dos dificultades. La primera la que tiene que ver con al producto bruto, los cristales, que son buenos conductores, y es un hecho que los conductores no fosforescen; la segunda, siendo el polvo extraordinariamente fino, no sería apto para exhibir mucho esta cualidad, pues nosotros sabemos que los cristales, incluso un rubí o un diamante, cuando están finamente molidos, pierden en gran manera esa cualidad fosforescente.

La cuestión entonces es ¿puede un conductor fosforescer? ¿Qué hay en ese cuerpo metálico, por ejemplo, que le priva de la cualidad de la fosforescencia si es esta cualidad la que le caracteriza como conductor? Porque es un hecho que la mayor parte de los cuerpos fosforescentes pierden esa cualidad cuando se les calienta lo suficiente como para convertirse más o menos conductores. Entonces, si a un metal se le priva parcial o totalmente de esa cualidad, debería ser capaz de fosforescer. Por lo tanto es muy posible que a una gran frecuencia, cuando se comporta proactivamente como un no conductor, un metal u otro conductor debe mostrar la cualidad de la fosforescencia, incluso si es completamente incapaz de fosforescer bajo el impacto de una descarga de baja frecuencia. Hay, sin embargo, otro posible modo de hacer que un conductor sea fosforescente.

Existe todavía una considerable duda acerca de que es realmente la fosforescencia, y acerca de si los varios fenómenos comprendidos bajo esa denominación son debidos a las mismas causas. Supongamos que en bulbo en vacío, bajo el impacto molecular, la superficie de un metal y u otro cuerpo conductor se vuelve fuertemente luminoso, y que al mismo tiempo permanece relativamente frío. ¿Llamaríamos a esta luminosidad fosforescencia? Tal resultado, al menos teóricamente, es posible pues es una mera cuestión de potencial o velocidad. Supongamos que el potencial del electrodo, y consecuentemente la velocidad de los átomos proyectados, sea suficientemente alta. La superficie del metal sobre el que proyectamos los átomos se volverá altamente incandescente, pues el proceso de generación de calor sería incomparablemente más rápido que el de radiación o conducción desde la superficie irradiada. Para el ojo observador un solo impacto de átomos causará un destello instantáneo, pero si los impactos se repiten con suficiente rapidez producirán una impresión continua sobre su retina. Para él entonces la superficie del metal aparecerá continuamente incandescente con una intensidad luminosa constante, cuando en realidad la luz sería intermitente o al menos cambiante periódicamente en intensidad. La pieza de metal subirá en temperatura hasta que se alcance el equilibrio, esto es, hasta que la energía continuamente radiada iguale a la suministrada intermitentemente. Pero la energía suministrada puede bajo tales condiciones no ser suficiente para llevar el cuerpo nada más que a una temperatura moderada, sobre todo si la frecuencia de los impactos atómicos es muy baja, justo lo suficiente para que la fluctuación de la intensidad de la luz no pueda ser captada por el ojo. El cuerpo emitirá ahora, siguiendo la forma en la cual se suministra la energía, emitir una fuerte luz, incluso aunque la temperatura sea relativamente muy pequeña. ¿Cómo se puede llamar ahora la luminosidad producida? Incluso si el análisis de la luz le indique algo definido, todavía él clasificaría el fenómeno como fosforescencia. Es concebible que de esa manera ambos materiales conductores y no conductores puedan ser mantenidos a una cierta intensidad luminosa, pero la energía requerida variará grandemente con la naturaleza y propiedades de los cuerpos.

Esta y las anteriores observaciones de naturaleza especulativa se hicieron solamente para remarcar los hechos curiosos de las corrientes o impulsos eléctricos alternos. Gracias a ellos podemos hacer que un cuerpo emita más luz a medianas temperaturas de la que emitiría si se llevase a alta temperatura bajo un fuerte suministro de energía, y, además, podemos llevar a un cuerpo al punto de fusión, y provocarle menos emisión de luz que cuando es fundido por la aplicación de energía en la forma habitual. Todo depende de como suministremos la energía, y de la clase de vibraciones que usemos: en un caso las vibraciones son más, en otro caso menos, a fin de impresionar nuestro sentido de la vista.

Algunos efectos, que yo no había observado antes, obtenidos con carborundum en los primeros ensayos, los atribuí a la fosforescencia, pero en los experimentos siguientes mostraron que está desprovisto de esta cualidad. Los cristales presentan propiedades notables. En un bulbo provisto con un solo electrodo en forma de círculo metálico, por ejemplo, con un cierto grado de vacío el electrodo está cubierto por una capa lechosa, que está separada por un espacio oscuro del brillo que llena el bulbo. Cuando el disco está cubierto por cristales de carborundum, la capa es mucho más intensa, color blanco nieve. Hallé más tarde que esto se debe a un efecto de la brillante superficie de los cristales, por que cuando un electrodo de aluminio está altamente pulido presenta más o menos el mismo aspecto. He hecho cantidad de experimentos con las muestras de cristales obtenidas, principalmente porque sería de especial interés encontrar que eran capaces de fosforescencia, teniendo en cuenta que son conductores. No pude producir fosforescencia claramente, pero debo resaltar que no se puede manifestar una opinión decisiva hasta que no se lleven a cabo otros experimentos sobre el mismo tema.

El polvo se comportó en algunos experimentos como si contuviese alúmina, pero no mostró con suficiente claridad el rojo de la última. Su color apagado destella considerablemente bajo el impacto molecular, pero ahora estoy convencido de que no da fosforescencia. Los ensayos con el polvo no son concluyentes, porque el carborundum en polvo probablemente no se comporta como un sulfito fosforescente, por ejemplo, que puede ser finamente molido sin que pierda su fosforescencia, parecido al rubí o el diamante pulverizados, sería necesario, a fin de realizar un ensayo decisivo, fabricar una gran zoquete y pulir su superficie.

Si el carborundum se muestra útil en este y otros experimentos similares, su principal valor se encuentra en la producción de forros, delgados conductores, botones u otros electrodos capaces de soportar temperaturas extremas.

Contemplo la producción de un pequeño electrodo capaz de soportar enormes temperaturas como de la mayor importancia en la producción de luz. Esto nos permitiría obtener, por medio de corrientes de muy alta frecuencia con certeza veinte veces, si no más, la cantidad de luz que se obtiene en el presente en una lámpara de incandescencia para un mismo consumo de energía. Esta estimación pudiera parecer exagerada a muchos, pero en realidad creo que está muy lejos de serlo. Como esta declaración pudiera ser malinterpretada, creo que es necesario exponer claramente el problema al que nos enfrentamos en esta línea de trabajo, y la manera en la cual, en mi opinión, podemos encontrar la solución

Cualquiera que empiece a estudiar el problema pensará que lo que se desea en una lámpara con un electrodo es un alto grado de incandescencia del mismo. Estará equivocado. La alta incandescencia del botón es el mal necesario, pero lo que es realmente buscado es la alta incandescencia del gas que rodea al botón. En otras palabras, el problema en tal lámpara es llevar a una masa de gas al punto de incandescencia más alto. Cuanto mayor es la incandescencia, cuanto más alta la vibración, mayor es la economía de la producción de luz.

Pero para mantener una masa de gas a tan alto grado de incandescencia en una vasija de cristal, será necesario mantener la masa incandescente lejos del cristal, o sea, confinarla lo más posible a la parte central del globo.

En uno de los experimentos de esta tarde una chispa se produjo al final de un cable. Esta chispa fue una llama, una fuente de luz y calor. No emitió mucho calor perceptible, ni brilló con una intensa luz pero ¿es menos llama porque no quemó mi mano? ¿Es menos llama porque su brillo no me deslumbró?, El problema es producir en el bulbo tal llama, mucho más pequeña en tamaño, pero mucho más poderosa. Si hubiera habido medios para producir impulsos eléctricos de una frecuencia suficiente, y para transmitirlos, el bulbo podría haber sido construido, aunque solo fuera usado para proteger el electrodo, o para economizar la energía confinando el calor. Pero como esos medios no están disponibles, se hace necesario colocar el terminal en un bulbo y rarificar el aire en el mismo. Esto se hace simplemente para permitir al aparato trabajar, lo que no puede hacer a la presión normal del aire. En el bulbo podemos intensificar la acción hasta cualquier punto, mientras que el bulbo emita una luz poderosa. La intensidad de la luz emitida depende principalmente de la frecuencia, del potencial de los impulsos y de la densidad eléctrica de la superficie del electrodo. Es de la mayor importancia utilizar el botón más pequeño posible, a fin de empujar la densidad muy lejos. Bajo el violento impacto de las moléculas que le rodea, al pequeño electrodo es llevado a una temperatura extremadamente alta, pero alrededor de él hay una masa de gas incandescente, una llama luminosa esférica de cientos de veces el volumen del electrodo. Con un botón de diamante, carborundum o circonio la esfera luminosa puede tener tanto como mil veces el volumen del botón. Sin mucha reflexión uno creería que llevando tan lejos la incandescencia del electrodo éste se iba a volatilizar instantáneamente. Pero después de considerarlo con más cuidado encontrará que, teóricamente, esto no debería ocurrir, y en este hecho, que está demostrado experimentalmente, radica principalmente el futuro de tal lámpara.

Al principio, cuando el bombardeo comienza, la mayor parte del trabajo se hace en la superficie del botón, pero cuando se forma una esfera luminosa conductora el botón se descarga relativamente. Cuanto mayor es la conductividad de la fotosfera más se aproxima su conductividad a la del electrodo, y más el sólido y el gas forman un cuerpo conductor. La consecuencia es que cuanto más se fuerza la incandescencia, más trabajo se hace comparativamente en el gas y menos en el electrodo. La formación de una fotosfera potente es el mejor método para proteger el electrodo. Esta protección, por supuesto, es relativa y no debemos pensar que apurando

la incandescencia el electrodo se deteriora menos. Aunque, teóricamente, con extremadamente altas frecuencias se podría alcanzar este resultado, pero probablemente a una temperatura demasiado alta para la mayoría de los cuerpos refractarios conocidos. Dado, pues, un electrodo que pudiera soportar hasta muy alto límite el efecto del bombardeo y más aún, sería seguro, sin importar cuanto se le fuerza por encima de ese límite. En una lámpara de incandescencia son muy diferentes las consideraciones a tener en cuenta. Aquí el gas no está implicado, el trabajo se hace en el filamento totalmente, y la vida de la lámpara disminuye muy rápidamente con el incremento del grado de incandescencia que nos obliga a trabajar con baja incandescencia por razones económicas. Pero si una lámpara de incandescencia se operase con muy altas frecuencias, la acción del gas no puede ser despreciada, y las reglas para un trabajo más económico cambiarían notablemente.

A fin de llevar a la máxima perfección una lámpara con uno o dos electrodos, es necesario utilizar impulsos de muy alta frecuencia. La alta frecuencia asegura, entre otras, dos ventajas principales, de la mayor importancia respecto a la economía de la producción de luz. Primero, el deterioro del electrodo se reduce a causa del hecho de que usamos muchos pequeños impactos, en vez de pocos muy violentos, que quebranta rápidamente la estructura, en segundo lugar se facilita la formación de una fotosfera.

Para reducir el deterioro del electrodo a un mínimo, el deseable que la vibración sea armónica, porque cualquier hecho repentino acelera el proceso de deterioro. Un electrodo dura mucho más cuando es mantenido en incandescencia por corrientes o impulsos obtenidos de un alternador de alta frecuencia, que sube y baja más o menos armónicamente, que por impulsos obtenidos de un bobinado de carga disruptiva. En el último caso no hay duda de que la mayor parte del deterioro es producido por las repentinas descargas fundamentales.

Una de las causas de deterioro en dicha lámpara es el bombardeo del globo. Como el potencial es muy alto, las moléculas son proyectadas con gran velocidad, golpean el vidrio y normalmente provocan una gran fosforescencia. El efecto producido es muy bonito, pero por razones económicas sería preferible prevenir, o reducir al mínimo el bombardeo contra el globo, pues en este caso el objetivo no es producir fosforescencia y el bombardeo produce alguna pérdida de energía. Esta pérdida en el bulbo depende principalmente del potencial de los impulsos y de la densidad eléctrica en la superficie del electrodo. Utilizando muy altas frecuencias la pérdida de energía por el bombardeo es reducida en gran medida por: primero, el potencial necesario para producir una cantidad de trabajo es mucho más pequeño, y, segundo porque al producir una fotosfera conductora alrededor del electrodo se obtiene el mismo resultado que si el electrodo fuera mucho mayor, lo que equivale a una densidad eléctrica menor. Sea por la disminución del máximo potencial o por la de la densidad, la ganancia se produce de la misma manera evitando violentos choques, que cargan al vidrio mucho más allá de su límite elástico. Si la frecuencia pudiera ser muy alta, la pérdida debida a la imperfecta elasticidad del vidrio sería despreciable. La pérdida debida al bombardeo del globo puede, a pesar de todo, ser reducida usando dos electrodos en lugar de uno. En tal caso cada uno de los electrodos debe estar conectado a uno de los terminales, o también, si es preferible usar solamente un alambre, un electrodo debe ser conectado a uno de los terminales y el otro a tierra o aun cuerpo aislado de la misma superficie, como, por ejemplo, una pantalla sobre la lámpara. En el último caso uno de los electrodos debe brillar más que el otro.

Con todo yo encuentro preferible, cuando uso tan altas frecuencias, usar sólo un electrodo y un cable de conexión. Estoy convencido de que el alumbrado del próximo futuro no necesitará para su funcionamiento nada más que una conexión y, de cualquier manera, no tendrá cable de alimentación, pues la energía requerida podrá también ser transmitida a través del cristal. En bulbos experimentales el cable de alimentación generalmente más utilizado es el que utiliza forros capacitivos en la forma indicada en la figura 22, por ejemplo. Hay algunas dificultades ensamblando las partes, pero esas dificultades no existirían si los bulbos fuesen fabricados en grandes cantidades; además la energía puede ser enviada a través del cristal como a través de un alambre, y con esas altas frecuencias las pérdidas son muy pequeñas. Tales luminarias necesitarán el uso de muy altos potenciales, y eso, a ojos de una persona práctica, puede constituir una objeción. Aunque, en realidad, los altos potenciales no son una objeción, al menos en lo que se refiere a la seguridad de los aparatos.

Hay dos maneras de construir seguro un aparato eléctrico. Una es usar potenciales bajos, la otra es determinar las dimensiones del aparato de modo que sea seguro sin importar cuán alto es el potencial utilizado. De las dos la última me parece la mejor, por cuanto la seguridad es absoluta, no viéndose afectada por cualquier posible combinación de circunstancias que pudieran hacer peligroso, incluso a bajo potencial, el aparato eléctrico para la vida o la propiedad. Pero las condiciones prácticas requieren no sólo la exacta determinación de las dimensiones del aparato, si no también la utilización de la energía de la clase necesaria. Es fácil, por ejemplo, construir un transformador capaz de dar, cuando se use una máquina de corriente alterna de baja tensión de , pongamos, los 50.000 voltios que pueden ser necesarios para alumbrar un tubo fosforescente con alto vacío, puesto que, a pesar del alto potencial, es perfectamente seguro pues el shock producido es ligero. Tal transformador sería caro e ineficiente y la energía obtenida de él no sería económica para la producción de luz. La economía demanda el uso de energía en la forma de rápidas vibraciones. El problema de producir luz ha sido comparado al de mantener una nota alta utilizando una campana. Deberíamos decir que sería una nota escasamente audible, incluso estas palabras no serían capaces de expresar la maravillosa sensibilidad del ojo. Deberíamos descargar potentes golpes a largos intervalos, gastando una gran cantidad de energía, y ni así conseguir lo que queremos,

o deberíamos mantener la nota descargando frecuentes golpes suaves y acercarnos al objetivo buscado con mucho menos gasto de energía. En la producción de luz, en lo que respecta a los aparatos, no puede haber más que una regla, que es la de usar las frecuencias más altas que puedan ser obtenidas, pero los medios para la producción y el envío de impulsos de esa especie impone, al menos en el presente, grandes limitaciones. Una vez que se ha decidido el uso de grandes frecuencias, el cable de retorno se hace innecesario y los aparatos se ven simplificados. Mediante la utilización de medios obvios se obtiene el mismo resultado que si se usa cable de retorno. Es suficiente para este propósito poner en contacto con el bulbo o en la proximidad del mismo, un cuerpo aislado de alguna superficie. La superficie necesita, por supuesto, ser pequeña cuanto más alta es la frecuencia y el potencial usado y necesariamente también, cuanto más alta es la economía de la lámpara o el aparato.

Este plan de trabajo ha sido remarcado en varias ocasiones esta tarde. Así, por ejemplo, cuando la incandescencia de un botón fue producida tomando el bulbo con la mano, el cuerpo del experimentador sirve simplemente para intensificar la acción. El bulbo usado fue similar al mostrado en la **Fig.19**, y la bobina se conectó a un pequeño potencial insuficiente para llevar el botón a la incandescencia mientras el bulbo estaba colgado del cable y, a fin de realizar el experimento del modo deseado, el botón se eligió suficientemente grande para que un cierto tiempo tuviera que transcurrir de modo que, tomando el bulbo, éste se volviera incandescente. El contacto con el bulbo fue, por supuesto, casi innecesario. Es fácil, usando un bulbo grande con un pequeñísimo electrodo, ajustar las condiciones para que el último alcance una brillante incandescencia por la mera aproximación del experimentador a unos pies del bulbo, y que la incandescencia se mantenga después de su alejamiento.

En otro experimento, cuando se consiguió la incandescencia, se usó un bulbo similar. Aquí también al principio el potencial no era suficiente para iniciar la fosforescencia hasta que la acción se intensificó. En este caso, sin embargo, se presenta una forma diferente tocando el zócalo con un cuerpo metálico llevado en la mano. El electrodo en el bulbo era un pedazo de carbono suficientemente grande para no ser llevado a incandescencia y así arruinar el efecto producido por la fosforescencia.

En otro experimento inicial se usó un bulbo como el que se ilustra en la **Fig.12**. En este ejemplo, tocando el bulbo con uno o dos dedos, una o dos sombras del soporte interior se proyectaban contra el vidrio, el contacto del dedo producía el mismo efecto que la aplicación de un electrodo negativo externo en condiciones normales.

En todos estos experimentos la acción se intensificó aumentando la capacidad al final del cable conectado al terminal. Como regla no es necesario recurrir a estos medios y sería casi innecesario con frecuencias aún más altas, pero cuando así se desee el bulbo o el tubo pueden ser adaptados fácilmente.

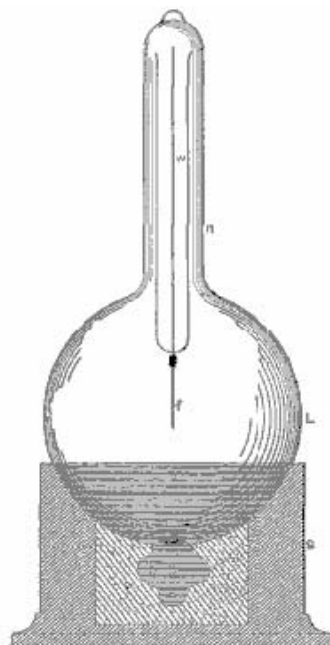


Fig.24 - BULBO SIN CABLE DE ALIMENTACIÓN INTERIOR, MOSTRANDO EFECTOS DE MATERIA PROYECTADA.

En **Fig.24**, por ejemplo, se muestra un bulbo experimental **L**, provisto de un cuello **n** en lo alto para la aplicación de un forro de estaño, que puede ser conectado a un cuerpo de mayor superficie.

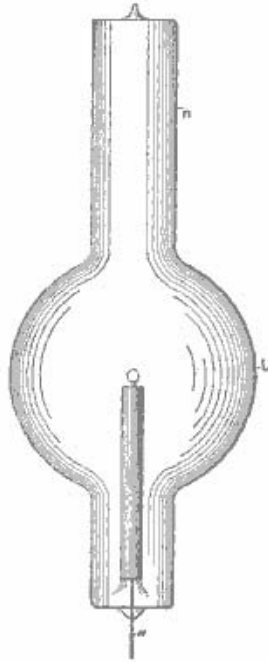


Fig.25 - BULBO EXPERIMENTAL MEJORADO.

Tal lámpara está ilustrada en **Fig.25** y puede ser también encendida conectando el forro de estaño en el cuello **n** al terminal, y el cable de alimentación a una chapa aislada. Si el bulbo permanece en un zócalo apropiado, como se muestra en la sección, una lámina de material conductor puede ser deslizada en el cuello **n** y de ese modo amplificar el efecto.

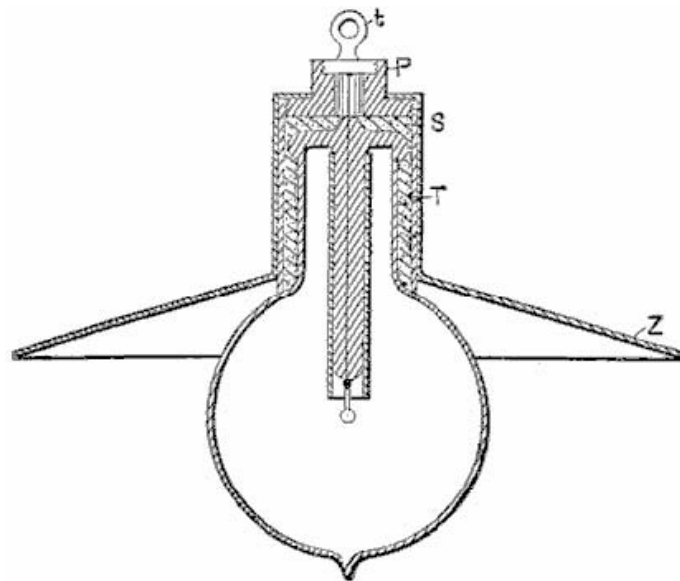


Fig.26 - BULBO MEJORADO CON REFLECTOR INTENSIFICADOR.

Un montaje perfeccionado usado en alguno de estos bulbos se muestra en **Fig.26**. En este caso la construcción del bulbo ha sido descrita con anterioridad en referencia a la **Fig. 19**. Una pantalla de zinc **Z** con una extensión tubular **T** se desliza sobre el zócalo **S**. El bulbo cuelga del terminal **t**, la lámina de zinc **Z**, cumple el doble objetivo de intensificador y reflector. El reflector está separado del terminal **t** por una prolongación de la clavija aislante **P**.

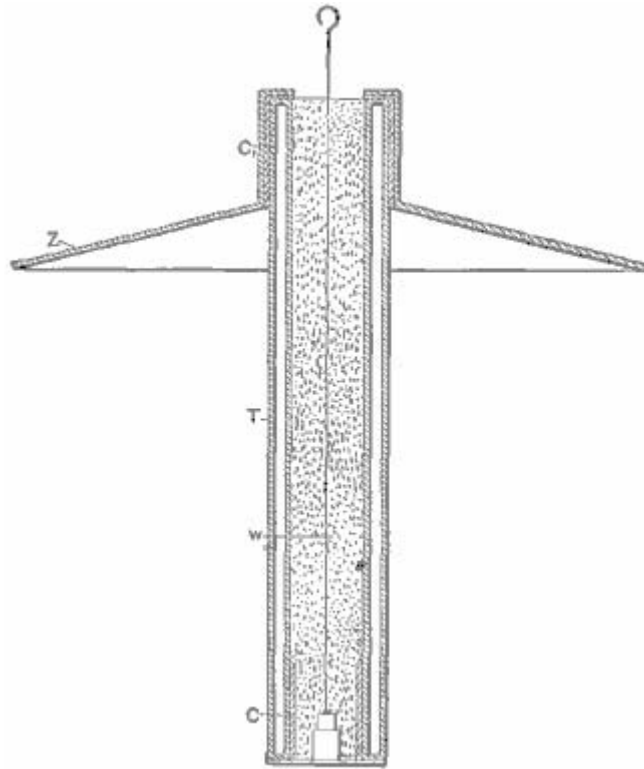


Fig.27 - TUBO FOSFORESCENTE CON REFLECTOR INTENSIFICADOR.

Una disposición con un tubo fosforescente se ilustra en la **Fig.27**. El tubo **T** se prepara mediante dos tubos de diferente diámetro sellados en sus finales. En el final inferior se coloca un forro exterior conductor **C** que conecta al cable **w**. El cable tiene un gancho en la parte alta que le sirve de suspensión y que pasa por el centro del tubo interior, que está lleno de algún buen aislante fuertemente comprimido. En la parte exterior del tubo **T** hay otro forro conductor **C1** contra el cual está pegado un reflector metálico **Z**, que tiene que estar separado del final del cable **w** por un grueso aislante.

El uso económico de tal reflector o intensificador requerirá que toda la energía suministrada a una condensador de aire sea recuperable, o, en otras palabras, que no debe haber ninguna pérdida ni en el medio gaseoso ni de ningún otro modo. Está muy lejos de ser así, pero, afortunadamente, las pérdidas pueden ser reducidas en gran medida. Son precisas algunas puntualizaciones sobre este punto, a fin de hacer que las experiencias acumuladas en el curso de estas investigaciones queden perfectamente claras.

Supongamos que una pequeña hélice con muchas vueltas bien aisladas, como en el experimento de la **Fig.17**, tiene uno de sus terminales conectado a una bobina de inducción y el otro a una chapa de metal, o, por simplificar, a una esfera aislada en el espacio. Cuando se conecta la bobina, el potencial de la esfera se altera, y la pequeña hélice se comporta como si su final libre estuviera conectado al otro terminal de la bobina. Si una barra de acero se coloca dentro de la pequeña hélice se calienta rápidamente indicando el paso de una fuerte corriente a través de la hélice. ¿Cómo actúa la esfera aislada en este caso? Puede ser un condensador almacenando y restaurando la energía que se le suministra, o puede ser un mero pozo de energía; las condiciones del experimento determinan si es lo uno o lo otro. Al estar la esfera cargada a un potencial constante actúa inductivamente sobre el aire, o cualquier otro medio gaseoso, que la rodea. Las moléculas, o átomos, que se encuentran cerca de la esfera por supuesto son atraídos con más fuerza, y se mueven a través de mayor distancia que los que están más lejos. Cuando las moléculas más cercanas golpean la esfera son repelidas, y las colisiones ocurren a todas las distancias dentro de la acción inductiva de la esfera. Está claro que si el potencial es alto, poca pérdida de energía se producirá de esta manera, pues las moléculas que están más próximas a la esfera, habiendo adquirido una carga adicional por contacto, no serán atraídas hasta que no hayan perdido, si no toda, al menos parte de la carga adicional, lo que sólo puede ocurrir después de muchas colisiones.

Se debe concluir que con un potencial constante hay muy poca pérdida en aire seco. Cuando el potencial de la esfera en vez de ser constante, es alterno, las condiciones son completamente diferentes. En este caso hay un bombardeo rítmico, no importa si las moléculas pierden la carga o no después de haber contactado la esfera. Es más, si la carga no se pierde, los impactos son más violentos. Si la frecuencia de los impulsos es muy pequeña, la pérdida causada por los impactos y colisiones no será muy grande, a menos que el potencial sea excesivo. Pero cuando se usan extremadamente altas frecuencias y potenciales, la pérdida puede ser muy grande. La pérdida de energía por unidad de tiempo es proporcional al producto del número de impactos por segundo, o la

frecuencia y la energía perdida en cada impacto. Pero la energía de un impacto puede ser proporcional al cuadrado de la densidad eléctrica de la esfera, puesto que la carga suministrada a la molécula es proporcional a esta densidad. Concluyo de esto que la pérdida de energía debe de ser proporcional al producto de la frecuencia y el cuadrado de la densidad eléctrica, pero esta ley necesita confirmación experimental. Asumiendo que las consideraciones anteriores son ciertas, pues, alternando rápidamente el potencial de un cuerpo sumergido en un medio gaseoso aislante, cualquier cantidad de energía puede ser disipada en el espacio. La mayor parte de esta energía, creo que no se disipa en la forma de ondas largas en el éter, propagadas a considerable distancia, más bien creo que se consume (en el caso de una esfera aislada, por ejemplo) en pérdidas por impactos y colisiones, (o sea vibraciones calóricas) en la superficie y la proximidad de la esfera. Para reducir la disipación es necesario trabajar con pequeñas densidades eléctricas, más pequeñas cuanto más alta la frecuencia.

Pero, asumiendo lo anteriormente dicho, si la pérdida se disminuye con el cuadrado de la densidad, y si las corrientes de muy altas frecuencias producen considerable pérdida cuando se transmiten a través de conductores, se deduce que es mejor usar un conductor que dos. Así, si motores, lámparas u otros mecanismos de cualquier clase se perfeccionan para hacerlos capaces de ser ventajosamente operados por corrientes de extremadamente alta frecuencia, por razones económicas es aconsejable usar un solo alambre, especialmente si las distancias son grandes.

Cuando la energía es absorbida en un condensador ocurre como si la capacidad fuera más grande. La absorción ocurre siempre más o menos, pero generalmente no tiene consecuencias mientras las frecuencias no son muy grandes. Usando grandes frecuencias y necesariamente en este caso, grandes potenciales, la absorción sea cual sea el significado de esta palabra, la pérdida de energía debida a la presencia del medio gaseoso es un factor importante a ser tenido en cuenta, pues la energía absorbida en el condensador puede ser una fracción de la energía suministrada. Parece muy difícil, partiendo de la capacidad medida o computada de un condensador, hablar sobre su capacidad real o su período de vibración, especialmente si el condensador es de pequeña capacidad y está cargado a muy alto potencial. Como muchos resultados importantes dependen de lo correcto de la estimación del período de vibración, este tema pide el más escrupuloso escrutinio de otros investigadores. Para reducir lo más posible el error en los experimentos mencionados, es conveniente usar esferas o platos de gran superficie, de modo que la densidad sea muy pequeña. También, cuando es posible, se puede usar un condensador de aceite. En aceite u otros líquidos dieléctricos no hay tantas pérdidas como en medio gaseoso. Como es prácticamente imposible excluir el gas enteramente en los condensadores con dieléctricos sólidos, tales condensadores deben ser sumergidos en aceite, por razones económicas; pueden ser sometidos a grandes esfuerzos permaneciendo fríos. En las jarras de Leyden las pérdidas debidas al aire son relativamente pequeñas, pues los forros de estaño son grandes, muy juntos y las superficies cargadas no está expuestas directamente, pero cuando los potenciales son muy altos, la pérdida puede ser más o menos considerable cerca del final más alto del estaño, allí donde se actúa más sobre el aire. Si la jarra estuviera inmersa en aceite hervida, sería capaz de soportar cuatro veces el trabajo que cuando se usa en la forma ordinaria y por cualquier período de tiempo, y la pérdida sería inapreciable.

No se debe pensar que la pérdida en calor en un condensador de aire está necesariamente asociada con la formación de corrientes visibles de chispas. Si un pequeño electrodo, encerrado en un bulbo en el que no se ha hecho el vacío, se conecta a uno de los terminales de la bobina, se pueden ver corrientes saliendo del electrodo y el aire del bulbo se calienta; si colocamos una gran esfera en el bulbo, no se observan corrientes aunque el aire se calienta.

Tampoco se debe pensar que la temperatura en un condensador de aire dará ni siquiera una idea aproximada de la pérdida de calor, en tal caso el calor se disipa mucho más rápidamente puesto que a la radiación normal se suma el calor cedido a diferentes portadores, de ese modo no sólo el aparato, sino el aire a cierta distancia del mismo se calienta como consecuencia de las colisiones que deben ocurrir.

En relación con esto, en experimentos con tales bobinas, se puede observar una elevación de la temperatura solamente cuando el cuerpo conectado a la bobina es muy pequeño. Pero con aparatos de mayor tamaño, incluso cuerpos de considerable masa se van a calentar, como por ejemplo, el cuerpo de una persona, y yo creo que médicos expertos podrían extraer observaciones de útiles de tales experimentos, pues, si los aparatos estuvieran cuidadosamente diseñados, no deberían presentar el menor peligro.

Una cuestión de interés, especialmente para los meteorólogos, se presenta aquí. ¿Cómo se comporta la tierra?. ¿Es la tierra un condensador de aire, (perfecto o imperfecto) un mero sumidero de energía? Hay pocas dudas que para la pequeña alteración que puede ser causada por un experimento la tierra se comporta como un condensador casi perfecto. Pero esto puede ser diferente cuando su carga se pone en vibración por algún disturbio repentino ocurrido en el cielo. En tal caso, como se ha dicho anteriormente, probablemente sólo una pequeña parte de la energía de las vibraciones puesta en movimiento se perderá en el espacio en forma de radiaciones al éter, pero la mayor parte de la energía, creo, se va a perder en impactos y colisiones moleculares, y pasar al espacio en forma ondas cortas de calor y posiblemente de luz. Como la frecuencia de las vibraciones de la carga y el potencial son con toda probabilidad excesivas, la cantidad de energía convertida en calor puede

ser considerable. Como la densidad puede estar irregularmente distribuida, como consecuencia de la irregularidad de la superficie de la tierra o como consecuencia de las condiciones atmosféricas en distintos lugares, el efecto producido variará de un lugar a otro. Así en cualquier punto de la tierra se pueden producir variaciones considerables de la temperatura y la presión atmosféricas. Las variaciones pueden ser graduales o muy repentinas, de acuerdo con la naturaleza de la alteración y puede producir lluvia o tormentas, o modificar el clima de cualquier otro modo.

De las observaciones hechas, se puede deducir que se produce un factor importante de pérdida en el aire cercano a una superficie cargada cuando la densidad eléctrica es grande y la frecuencia de los impulsos es excesiva. Pero esto implica que el aire es aislante, o sea que se compone de portadores independientes inmersos en un medio aislante. Este es el caso sólo cuando el aire está a presión normal o mayor, o a muy baja presión. Cuando el aire está ligeramente rarificado y conductor se dan las mejores condiciones de pérdida. En tal caso una cantidad considerable de energía puede ser disipada en el espacio incluso con un potencial fijo, o con impulsos a pequeña frecuencia, si la densidad es muy grande.

Cuando el gas está a muy baja presión, el electrodo se calienta más debido a que se pueden alcanzar velocidades más altas. Si el gas alrededor del electrodo es comprimido los desplazamientos, y consecuentemente las velocidades, son muy pequeñas, y el calentamiento insignificante. Pero si en tal caso la frecuencia puede ser suficientemente incrementada, el electrodo será llevado a una alta temperatura como si el gas estuviese a muy baja presión, de hecho, el vacío del bulbo es sólo necesario debido a que no podemos producir (y posiblemente no enviar) corrientes de la frecuencia requerida.

Volviendo al tema de lámpara de electrodo, es obvio en tales lámparas confinar lo más posible el calor en el electrodo previniendo la circulación del gas en el bulbo. Si se toma un bulbo pequeño el calor se confinará mejor que en uno más grande, pero puede que éste no tenga la suficiente capacidad para ser alimentado por una bobina, o, si es capaz, que el vidrio esté demasiado caliente. Una manera de mejorar en esta dirección es utilizar un globo del tamaño requerido, pero colocar un bulbo pequeño, cuyo diámetro debe ser correctamente estimado, sobre el botón refractario contenido en el globo. Este montaje se muestra en la **Fig.28**.

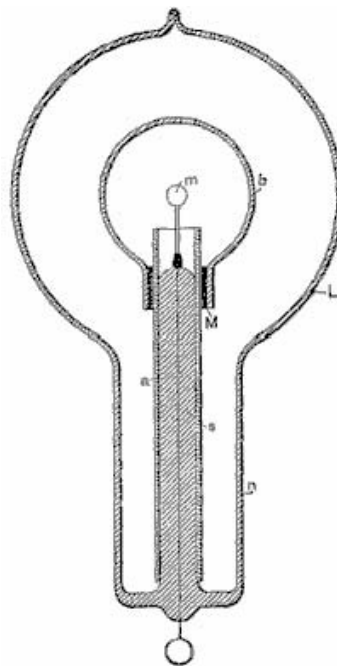


Fig.28 - LÁMPARA CON BULBO AUXILIAR PARA CONFINAR LA ACCIÓN EN EL CENTRO.

El globo **L** tiene en este caso un largo cuello **n**, que permite al pequeño bulbo **b** deslizarse dentro. Por lo demás la construcción es la misma que la mostrada en **Fig.18** por ejemplo. El pequeño bulbo es convenientemente sujeto sobre el soporte **s**, que porta el botón refractario **m**. Está separado del tubo de aluminio por varias capas de mica **M**, a fin de prevenir la rotura del cuello por el rápido calentamiento del tubo de aluminio por una repentina conexión a la corriente. El tubo interior debería ser lo más pequeño posible cuando se desea obtener luz solamente por la incandescencia del electrodo. Si se desea producir fosforescencia, el bulbo debe ser mayor, incluso podría calentarse demasiado y la fosforescencia cesaría. En esta disposición normalmente sólo el bulbo pequeño muestra fosforescencia, puesto que prácticamente no hay bombardeo sobre el globo exterior. En alguno de estos bulbos construido como se ilustra en la **Fig.28** el tubo pequeño se cubrió con pintura fosforescente, y se obtuvieron hermosos efectos. El hecho de construir el tubo interior grande, a fin de evitar un calentamiento

indebido, responde al propósito de construir el electrodo **m** mayor. En este caso el bombardeo se debilita debido a una densidad eléctrica menor.

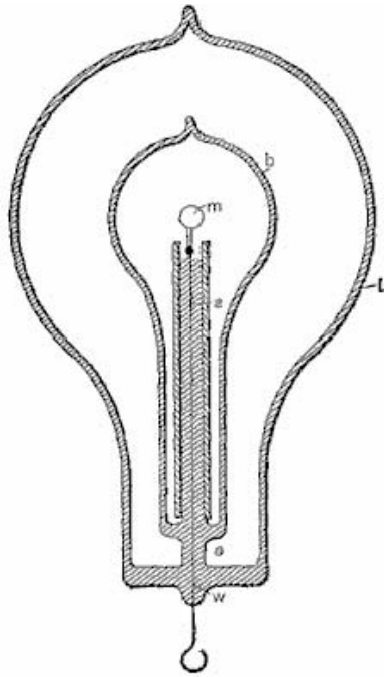


Fig.29 - LÁMPARA CON BULBO AUXILIAR INDEPENDIENTE.

Muchos bulbos fueron construidos sobre el plano mostrado en **Fig.29**. Aquí un pequeño bulbo **b**, que contiene el botón refractario **m**, es vaciado hasta muy alto grado se sella en un gran globo **L**, que fue después ligeramente vaciado y sellado. La principal ventaja de esta construcción es que permite alcanzar un alto grado de vacío, y al mismo tiempo usar un gran bulbo. En el transcurso de los experimentos con bulbos como el representado en **Fig.29** se encontró que era conveniente hacer el soporte **s** cerca del sello **e** muy espeso, y el alambre de alimentación **w** muy fino, porque a veces ocurría que el soporte en **e** se calentaba y el bulbo se rompía. A menudo el globo exterior **L** se vació lo suficiente para permitir a la descarga pasar a través, y el espacio entre los bulbos aparecía carmesí, produciendo un curioso efecto. En algunos casos, cuando el vacío en el globo **L** era muy baja, y el aire buen conductor, se encontró necesario, a fin de llevar el botón **m** a alta incandescencia colocar, preferiblemente en la parte alta del cuello del globo, una capa de estaño conectada a un cuerpo aislado, a tierra, o al otro terminal de la bobina, debido a que el aire altamente conductor debilitaba el efecto hasta cierto punto, probablemente bajo el efecto inductivo del alambre **w** a su entrada en el bulbo **e**. En la disposición mostrada en **Fig.29** aparece otra dificultad, que está siempre presente cuando el botón refractario se monta en un bulbo muy pequeño, y es que el vacío en el bulbo **b** se debilita en un plazo relativamente corto.

La idea principal en las dos construcciones descritas últimamente era confinar el calor a la porción central del globo previniendo el intercambio de aire. Una ventaja es segura, pero debido al calentamiento del bulbo interior y a la lenta evaporación del vidrio el vacío es difícil de mantener, incluso si se elige la construcción mostrada en **Fig.28**, en la cual los dos bulbos se comunican

De lejos la mejor manera - la manera ideal - será la de alcanzar frecuencias suficientemente altas. Cuanto mayor es la frecuencia, más lento será el intercambio de aire, y creo que se puede alcanzar una frecuencia a la que no habrá ningún intercambio de moléculas de aire alrededor del terminal. Entonces habremos producido una llama en la cual no habrá desgaste del material, será una llama misteriosa pues ¡será una llama rígida! Con tales altas frecuencias la inercia de las partículas entrará en juego. Como el arco, o llama, va a ganar rigidez en virtud de la inercia de las partículas, el intercambio va ser evitado. Esto va a ocurrir necesariamente, pues al haber aumentado el número de impulsos, la energía potencial de cada uno va disminuir, de modo que finalmente sólo se producirán vibraciones atómicas y el movimiento o la traslación a través del espacio medible cesarán. Así un quemador normal de gas conectado a una fuente de potencial alternando muy rápidamente va a mejorar su eficiencia hasta un cierto límite. Esto se debe a dos razones: debido a la vibración adicional producida y a una disminución en el proceso de arrastre del material. Pero habiendo sido dificultada la renovación y siendo ésta necesaria para el mantenimiento del quemador, un aumento de la frecuencia de los impulsos, asumiendo que puedan ser transmitidos e impresos sobre la llama, se traducirán en la extinción de la misma, esto quiere decir solamente el cese del proceso químico.

A pesar de todo creo que en el caso de un electrodo sumergido en un medio fluido aislante, y rodeado por portadores independientes de carga eléctrica, sobre la que se puede actuar inductivamente, una frecuencia suficientemente alta de los impulsos posiblemente consiga la gravitación del gas alrededor del electrodo. Para esto sólo es necesario asumir que los cuerpos independientes tienen formas irregulares, ellos girarán hacia el electrodo su zona con mayor densidad eléctrica, y esa será una posición en la cual la resistencia del fluido a la aproximación será menor que la ofrecida al retroceso.

La opinión general, no lo dudo, es que está fuera de cuestión alcanzar ninguna de las frecuencias que (asumiendo que algunos de los puntos de vista expresados sea cierto) puedan producir ninguno de los resultados que he apuntado como meras posibilidades. Debe de ser así, pero en el curso de estas investigaciones, de la observación de muchos fenómenos he llegado a la convicción de que esas frecuencias deben de ser mucho más pequeñas de las que uno puede estimar al principio. En una llama nosotros usamos vibraciones que hacen colisionar a las moléculas o los átomos. Pero ¿Cuál es la relación de la frecuencia de las colisiones y la de las vibraciones usadas? Ciertamente debe ser incomparablemente más pequeña que la de los golpes sobre la campana y las vibraciones del sonido, o la de las descargas y las oscilaciones del condensador. Podemos hacer que las moléculas de gas colisionen mediante el uso de impulsos eléctricos de alta frecuencia, y así podemos imitar el proceso de una llama, y por experimentos con frecuencias que ahora podemos obtener, yo creo que estos resultados se pueden producir con impulsos que son transmisibles a través de un conductor.

En relación con pensamientos de una naturaleza similar, me parece de gran interés demostrar la rigidez de una columna gaseosa vibrando. Aunque con frecuencias tan pequeñas como, digamos, 10.000 por segundo, que he podido conseguir sin dificultad de un alternador especialmente construido, la tarea parecía ardua al principio, realicé una serie de experimentos. Las pruebas con el aire a presión normal no dieron resultados, pero con aire ligeramente rarificado conseguí lo que parece ser una indudable evidencia experimental de la propiedad que estaba buscando. Como un resultado de esta clase puede conducir a investigadores a conclusiones importantes voy a describir uno de los experimentos realizados.

Es bien conocido que cuando un tubo está ligeramente vaciado la descarga puede pasar a través de él en la forma de un fino hilo luminoso. Cuando se obtiene de corrientes de baja frecuencia obtenidas de una bobina como de costumbre, este hilo es inerte. Si se aproxima un imán, la parte cercana es atraída o repelida de acuerdo con la dirección de las líneas de fuerza del imán. Se me ocurrió que si tal hilo estuviera producido por corrientes de muy alta frecuencia, sería más o menos rígido, y como era visible podría ser fácilmente estudiado.

Con esta idea preparé un tubo de aproximadamente una pulgada de diámetro y 1 metro de longitud, con forro exterior en ambos extremos. El tubo fue vaciado hasta un punto en el cual la descarga podía ser obtenida con poco trabajo. Se debe señalar aquí que el aspecto general del tubo y el grado de vacío, son muy diferentes de cuando se usan corrientes de baja frecuencia. Como se encontró que era preferible trabajar con un terminal, el tubo preparado se suspendió del final de un cable conectado al terminal, el forro de estaño se conectó al cable, y al forro inferior se conectó a veces una chapa aislada. Si tenía rigidez parecía no exactamente una cuerda elástica tensada entre dos soportes, pero si una cuerda suspendida de lo alto con un pequeño peso atado a su final.

Cuando se aproximaba un dedo o un imán al final de arriba del hilo, se podía desviar localmente fuera de su posición por acción magnética o electrostática, y cuando el objeto se alejaba rápidamente se producía un resultado análogo, tal como si una cuerda suspendida fuera desplazada y soltada rápidamente cerca del punto de suspensión. Haciendo esto el hilo luminoso se ponía en vibración y aparecían dos nudos firmemente marcados, y un tercero difuso. Una vez puesta en marcha, la vibración continuaba durante ocho minutos, extinguiéndose gradualmente. La velocidad de la vibración a menudo variable perceptiblemente, y podía observarse que la atracción electrostática del vidrio afectaba al hilo vibrante, pero estaba claro que la acción electrostática no era la causa de la vibración porque el hilo estaba generalmente estacionario, y podía siempre ser puesto a vibrar pasando el dedo rápidamente cerca de la parte alta del tubo. Con un imán el hilo podía ser partido en dos y ambas partes vibraban. Aproximando la mano al forro inferior, o a la chapa aislada, la vibración se aceleraba lo que también se conseguía subiendo la frecuencia o el potencial. Así o subir la frecuencia o hacer pasar una mayor descarga a la misma frecuencia se correspondía con tensar la cuerda. No obtuve ninguna evidencia experimental con la descarga de condensadores. Una banda luminosa producida en un bulbo por repetidas descargas de una botella de Leyden debe tener rigidez, y si se deforma y se suelta repentinamente debe vibrar. Probablemente la cantidad de materia que vibra es tan pequeña que, a pesar de su gran velocidad, la inercia no actúa. Además la observación en tal caso se vuelve extremadamente difícil debido a la vibración fundamental.

La demostración del hecho (que todavía necesita confirmación experimental) de que una columna gaseosa vibrante es rígida, puede modificar grandemente los puntos de vista de los pensadores. Cuando se pueden notar indicios de esta propiedad con pequeñas frecuencias e insignificantes potenciales ¿Cómo se puede comportar un medio gaseoso bajo la influencia de enormes fuerzas electrostáticas que pueden estar activas en el espacio interestelar y que pueden alternarse con inconcebible rapidez? La existencia de tal fuerza electrostática,

palpitando rítmicamente (de un campo electrostático vibrante) podría mostrar una posible manera de cómo los sólidos se han formado en este útero ultra gaseoso, y como vibraciones transversales y de todas clases pueden ser transmitidas a través del medio gaseoso que llena todo el espacio. Así el éter puede ser un verdadero fluido, sin rigidez y en reposo siendo necesario únicamente como un conector que permite la interacción. ¿Qué es lo que determina la rigidez de un cuerpo? Debe de ser la velocidad y la cantidad de materia en movimiento. En un gas la velocidad puede ser considerable, pero la densidad es demasiado pequeña, en un líquido la velocidad puede ser igualmente ser pequeña, mientras que la densidad puede ser considerable, y en ambos casos la resistencia al desplazamiento ofrecida por la inercia es prácticamente cero. Pero coloque una columna gaseosa (o líquida) en un campo electrostático alternando rápidamente, haz las partículas vibrar con enormes velocidades, entonces la inercia se impone. Un cuerpo se puede mover con mayor o menor libertad a través de la masa vibrante, pero como un todo debería ser rígido.

Hay un tema que debo mencionar en relación a estos experimentos: es el del alto vacío. Es un tema de estudio no solamente interesante, sino útil, pues puede conducir a resultados de gran importancia práctica. En aparatos comerciales, tal como lámparas de incandescencia, alimentados por sistemas normales de distribución, un vacío más alto que el obtenido hasta el presente no garantiza una gran ventaja. En este caso el trabajo se realiza en el filamento y el gas está poco implicado, la mejora no será más que una bagatela. Pero cuando empezamos a usar altas frecuencias y potenciales, la acción de los gases se convierte en muy importante y el grado de vacío realmente modifica los resultados. Mientras se usaron las bobinas normales, incluidas las muy grandes el estudio de este tema estuvo muy limitado pues justo en el punto en que se volvía más interesante tenía que ser interrumpido a causa de haber alcanzado el vacío no interesante. Pero ahora podemos obtener de una pequeña bobina disruptiva potenciales mucho más altos que ni siquiera la mayor bobina es capaz de dar, y más aun, podemos hacer alternar el potencial con gran rapidez.

Ambos resultados nos permite ahora pasar una descarga luminosa a través de cualquier vacío obtenido, y el campo de nuestras investigaciones es así grandemente ampliado. Pensando, como debemos, en todas las posibles direcciones para desarrollar una iluminación práctica, la línea del alto vacío parece ser la más prometedora en el presente. Pero para alcanzar el vacío extremo los aparatos deben ser perfeccionados mucho, y la última perfección no se alcanzará hasta que no hayamos descartado la bomba mecánica y no hayamos perfeccionado la bomba eléctrica de vacío. Las moléculas y los átomos pueden ser expulsadas de un bulbo bajo la acción de un enorme potencial, ese debe ser el principio de la bomba de vacío del futuro. Por el momento debemos asegurar los mejores resultados con aparatos mecánicos. A este respecto no está fuera de lugar decir unas palabras acerca del método y del aparato para producir extraordinariamente altos grados de vacío de la cual me he aprovechado yo mismo durante estas investigaciones. Es muy probable que otros experimentadores hayan usado montajes parecidos, pero es posible que haya un punto de interés en su descripción. Me deben ser permitidas unas pocas notas que harán esta investigación más completa.

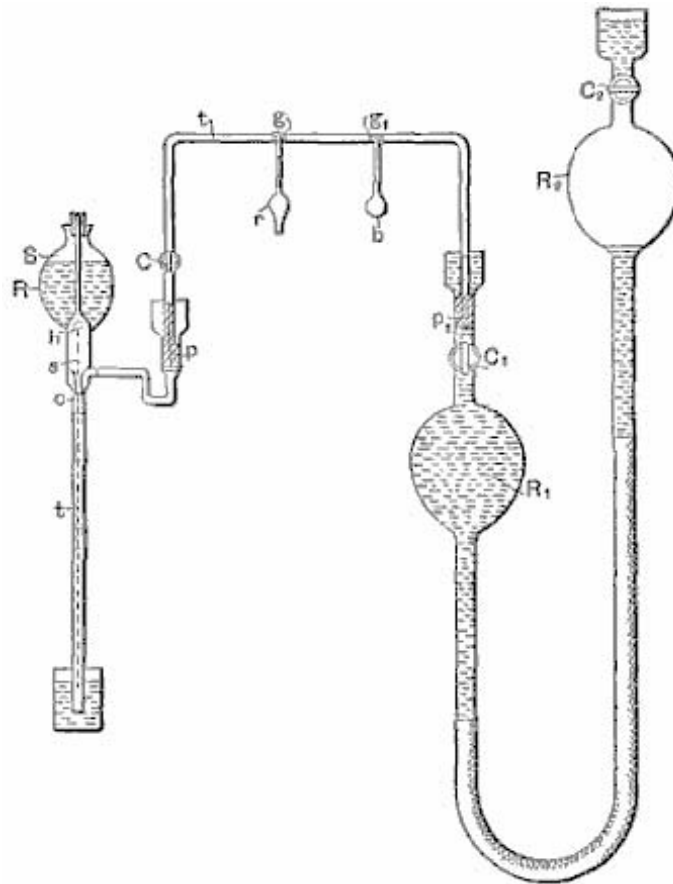


Fig.30 - APARATO USADO PARA OBTENER ALTOS GRADOS DE VACÍO.

El aparato se muestra en **Fig.30**. Se representa una bomba de Sprengel, que ha sido construida para desempeñar mejor el trabajo requerido. La llave de cierre que se usa habitualmente se ha omitido, en su lugar un freno hueco **s** se ha ajustado en el cuello del depósito **R**. Este freno lleva un pequeño agujero **h** a través del cual desciende el mercurio, el tamaño de la salida **o** ha sido calculado don respecto ala sección del tubo de caída **t**, que está soldado al depósito en vez de estar conectado a él de la forma usual. Este montaje supera las imperfecciones y problemas que ocurren normalmente con el uso de la llave en el depósito y la conexión del último con el tubo de caída.

La bomba se conecta a través de un tubo **t** en forma de U a un gran depósito **R1**. Se tomó mucho cuidado en ajustar las superficies esmeriladas de los frenos **p** y **p1**, y ambos y los depósitos de mercurio por encima se han fabricado excepcionalmente largos. Después del tubo en forma de U se ajustó y se colocó en su sitio, se calentó, a fin de ajustar y eliminar los efectos de un mal encaje. En el tubo en forma de U se colocó una llave **C**, y dos conexiones **g** y **g1**, una para el bulbo pequeño **b**, que usualmente contiene potasa cáustica, y el otro para el hacer el vacío en el recipiente **r**.

El depósito **R1** se conectó a través de un tubo de goma a un depósito **R2** ligeramente más grande, cada uno de los depósitos estaba provisto de una llave **C1** y **C2** respectivamente. El depósito **R2** puede ser alzado y bajado por medio de una polea, y la amplitud de su movimiento se determinó cuando estuvo lleno de mercurio y la llave **C2** cerrada, de tal forma que se hacía un vacío de Torricelli cuando se levantaba. Se puede alzar tan alto que el mercurio en el depósito **R1** estaría un poco por encima de la llave **C1** y cuando esta llave se cierra y el depósito **R2** está abajo se forma un vacío de Torricelli en el depósito **R1**, se puede bajar tanto como para vaciar el último, el mercurio llena el depósito **R2** un poco por encima de la llave **C2**.

La capacidad de la bomba y de las conexiones se escogió lo más pequeña posible en relación con el volumen del depósito **R1** puesto que el grado de vacío depende de la relación entre estas dos cantidades.

He combinado los medios habituales utilizados en los primeros experimentos para la producción de un alto grado de vacío con estos aparatos descritos. En la mayor parte de los experimentos fue conveniente usar sosa cáustica. Con respecto a su uso me puedo arriesgar a decir que se puede ahorrar mucho tiempo y asegurar una acción más perfecta de la bomba fundiendo e hirviendo la sosa en cuanto, o incluso antes, se tenga la bomba instalada. Si este parecer no es seguido los bastones utilizados normalmente, pueden oxidarse después de un corto tiempo y la bomba puede trabajar muchas horas sin alcanzar un alto grado de vacío. La potasa se calienta

con una lámpara de alcohol o haciendo pasar una descarga a través de ella, o pasando una corriente a través de un alambre sumergida en ella. La ventaja en este último caso es que se puede repetir el calentamiento en menos tiempo.

Generalmente el proceso de vacío fue el siguiente: Al principio, con las llaves **C** y **C1** abiertas, y todas las demás conexiones cerradas, el depósito **R2** alimentado de modo que el mercurio llene el depósito **R1** y una parte del estrecho tubo conector en forma de U. Cuando la bomba se pone en marcha el mercurio por supuesto subirá rápidamente por el tubo, y el nivel del depósito **R2** baja, el experimentador debe mantener el mercurio al mismo nivel.

El depósito **R2** está equilibrado por un largo muelle que facilita la operación, y la fricción de las partes fue suficiente para mantenerlo en casi cada posición. Cuando la bomba de Sprengel ha hecho su trabajo, el depósito **R2** se bajó de nuevo y el mercurio descendió en **R1** llenando **R2**, después la llave **C2** se cerró. El aire adherido a las paredes de **R1** y el absorbido por el mercurio fue expulsado, y para liberar al mercurio de todo el aire el depósito **R2** fue izado y bajado muchas veces. Durante este proceso algo de aire acumulado debajo de la llave **C2**, fue expulsado de **R2** haciéndolo bajar mucho y abriendo la llave, cerrándola antes de alzar el depósito. Cuando todo el aire ha sido extraído del mercurio y no queda nada en el depósito **R2** mientras está abajo es el momento de recurrir a la potasa cáustica. El depósito **R2** se levantó de nuevo hasta que el mercurio en **R1** quedó por encima de la llave **C1**. La potasa cáustica se fundió y se hirvió, la humedad fue en parte extraída por la bomba y en parte reabsorbida, el proceso de calentar y enfriar se repitió muchas veces, cada vez la humedad fue extraída o reabsorbida, el depósito **R2** fue izado y bajado durante mucho tiempo. De este modo toda la humedad fue extraída del mercurio y ambos depósitos estuvieron listos para ser utilizados. El depósito **R2** fue alzado de nuevo al máximo y la bomba se mantuvo trabajando por largo tiempo. Cuando se logró el máximo vacío posible con la bomba el bulbo de potasa fue cubierto con algodón que se humedeció con éter de modo que la potasa se mantuvo a baja temperatura, entonces el depósito **R2** se bajó y como el depósito **R1** estaba vacío, se selló rápidamente el recipiente **r**.

Cuando un nuevo bulbo se colocaba, el mercurio se alzaba por encima de la llave **C1** que estaba cerrada, a fin de mantener el mercurio y los dos depósitos en buenas condiciones, y el mercurio nunca se sacó de **R1** excepto cuando la bomba había alcanzado el máximo grado de vacío. Es necesario respetar esta regla si se desea usar los aparatos eficientemente.

Por medio de este montaje pude proceder rápidamente, y cuando el aparato estaba en perfectas condiciones fue posible alcanzar la fosforescencia en un bulbo pequeño en menos de quince minutos, lo que es ciertamente un trabajo rápido para un pequeño laboratorio que requiere en total alrededor de 100 libras de mercurio. Con bulbos pequeños normales la proporción entre la capacidad de la bomba, recipiente conexiones y la del depósito **R** fue alrededor de 1 a 20, y los grados de vacío alcanzados fueron necesariamente muy altos, aunque no puedo hacer ninguna afirmación precisa acerca del grado de vacío conseguido.

Lo que más impresionó al investigador en el curso de estos experimentos fue el comportamiento de los gases sujetos a esfuerzos electrostáticos alternando rápidamente. Nos queda la duda de si los efectos observados son debidos totalmente a las moléculas o átomos que el análisis químico del gas nos muestra, o de si entran en juego otros medios de naturaleza gaseosa, incluidos átomos o moléculas, inmersos en un fluido que impregna el espacio. Tal medio seguramente existe, y estoy convencido de que, por ejemplo, incluso si el aire está ausente, la superficie y el espacio de alrededor de un cuerpo en el espacio se calentará rápidamente alternando el potencial del cuerpo, pero que tal calentamiento de la superficie y alrededores no se produciría si todos los átomos libres fueran extraídos y sólo quedase un fluido elástico, incomprensible y elástico (tal como se supone que es el éter), porque entonces no habría impactos ni colisiones. En tal caso, en cuanto al cuerpo respecta, sólo se producirían pérdidas por fricción en el interior.

Es un hecho sorprendente que la descarga a través de un gas se inicia incluso con facilidad creciente conforme aumenta la frecuencia de los impulsos. A este respecto se comporta en sentido contrario a un conductor metálico. En este último la impedancia cobra importancia con el aumento de la frecuencia, pero el gas actúa como lo harían los condensadores en serie: la facilidad con la que la descarga pasa parece depender del ritmo del cambio de potencial. Si eso es así, entonces en un tubo de vacío incluso de gran longitud, sin que importe la intensidad de la corriente, la autoinducción no puede imponerse de modo apreciable. Entonces, hasta donde podemos ver, tenemos en el gas un conductor que es capaz de transmitir impulsos eléctricos de cualquier frecuencia que podamos producir. La frecuencia podría ser llevada bastante arriba, tendríamos un raro sistema de distribución eléctrica, que podría igualmente interesar a las compañías de gas y que podría ser realizado con tubos metálicos llenos de gas (siendo el metal el aislante y el gas el conductor) alimentando lámparas fosforescentes o aparatos aún no inventados. Ciertamente es posible tomar un núcleo hueco de cobre, rarificar el gas en el mismo, y haciendo pasar impulsos de una frecuencia suficientemente alta, llevar al gas a un alto grado de incandescencia; pero como la naturaleza de las fuerzas en juego sería considerablemente incierta, iba a ser dudoso si bajo tales impulsos el núcleo de cobre funcionaría como una pantalla estática. Estas paradojas y aparentes imposibilidades

son las que encontramos a cada paso en esta línea de trabajo, y ahí yace en gran medida el atractivo del estudio.

Tengo aquí un tubo corto y ancho tubo vacío en gran medida y cubierto con un buen forro de bronce, el forro permite escasamente el paso de la luz. Un cierre metálico, con un gancho para suspender el tubo está ajustado hacia el medio del último, el cierre está en contacto con el forro de bronce. Ahora quiero encender el gas dentro suspendiendo el tubo de un cable conectado a la bobina. Cualquiera que haga el experimento por primera vez, probablemente querrá estar bastante solo para hacer la prueba, por temor de convertirse en la risión de sus asistentes. Aún así el bulbo brilla a pesar del forro metálico, y la luz puede ser percibida a su través. Un tubo largo cubierto de aluminio bronce se enciende poderosamente cuando se toma en una mano mientras la otra toca el terminal de la bobina. Se puede objetar que los forros no son suficientemente conductores, incluso si fueran altamente resistentes deberían proteger el gas. Con seguridad lo protegen en unas perfectas condiciones de reposo, pero en absoluto perfectamente cuando la carga comienza a recorrer el forro. Pero la pérdida de energía que ocurre en el interior del tubo, a pesar de la pantalla, está ocasionada principalmente por la presencia del gas. Si fuéramos capaces de tomar una gran esfera metálica y llenarla con un fluido perfectamente incomprensible y dieléctrico, no habría pérdida en el interior de la esfera, y consecuentemente el interior podría ser considerado como perfectamente protegido, aunque el potencial estuviera alternándose muy rápidamente. Incluso si la esfera estuviera llena con aceite las pérdidas serían incomparablemente más pequeñas que si el fluido se reemplaza por un gas, porque en el último caso la fuerza produce desplazamientos, o sea impactos y colisiones en el interior.

Sin importar cual pueda ser la presión de un gas se convierte en un factor importante en el calentamiento de un conductor cuando la densidad eléctrica es grande y la frecuencia muy alta. Porque el aire se convierte en un factor muy importante en el calentamiento por descargas creadoras de luz, es casi tan seguro como un hecho experimental. Voy a ilustrar la acción del aire con el siguiente experimento: tomo un corto tubo vacío hasta cierto punto con un hilo de platino en el centro recorriendo el tubo de un extremo a otro. Paso una corriente continua o a una frecuencia muy baja y el hilo se calienta uniformemente en todas sus partes. El calentamiento aquí es debido a conducción o pérdidas por fricción y el gas que está alrededor no cumple ninguna función. Pero déjenme pasar descargas repentinas, o una corriente de alta frecuencia a través del hilo. De nuevo el hilo se calienta pero principalmente en los extremos y algo menos en el medio y si la frecuencia de los impulsos, o la velocidad de cambio, es suficientemente grande el hilo va ser cortado en el medio, pues todo el calor es debido al gas rarificado. Aquí el gas va a actuar sólo como un conductor sin impedancia expulsando la corriente del hilo, cuya impedancia se ha incrementado grandemente y sólo se calentarán los extremos a causa de su resistencia al paso de la descarga. Pero no sólo es necesario que el gas en el tubo sea conductor, sino que debe estar a muy baja presión, aún así los finales del hilo se van a calentar (como demuestra la experiencia) pues en tal caso sólo ellos no estarían eléctricamente conectados a través del gas. Lo que ocurre en un tubo vacío con esas frecuencias y potenciales, ocurre en las descargas luminosas a presión normal. Sólo necesitamos recordar uno de los hechos ocurrido en el curso de estas investigaciones, o sea que bajo impulsos de muy alta frecuencia en gas a presión normal se comporta caso de la misma manera que si fuera a una moderadamente baja presión. Pienso que en las descargas luminosas frecuentemente los cables u objetos conductores se volatilizan meramente porque el aire está presente y eso, si el conductor estuviera sumergido en un líquido aislante, estaría a salvo, porque entonces la energía tendría que gastarse en otra parte. De la conducta de los gases bajo repentinos impulsos de alto potencial me veo guiado a pensar que no hay un modo más seguro de conducir una descarga luminosa más que dándole paso a través de un gas, si tal cosa puede hacerse de forma práctica.

Hay dos hechos más acerca de los cuales creo que es necesario expresarse en relación con estos experimentos: el "estado radiante" y el "vacío no apto para descargas".

Cualquiera que haya estudiado el trabajo de Crookes debe haber recibido la impresión de que el "estado radiante" es una propiedad del gas inseparablemente conectada con un alto grado de vacío. Pero debe de ser recordado que los fenómenos observados en una vasija con vacío están limitados al carácter y la capacidad del aparato utilizado. Pienso que en un bulbo una molécula, o un átomo no se mueve en línea recta debido a que no encuentra obstáculo sino porque la velocidad que se le imparte es suficiente para propulsarla en una línea sensiblemente recta. El significado de un camino libre es una cosa, pero la velocidad, (la energía asociada con el cuerpo en movimiento) es otra, y bajo circunstancias normales, creo que es una mera cuestión de potencial o velocidad. Una bobina de carga disruptiva, cuando el potencial se lleva muy alto, provoca fosforescencia y proyecta sombras a grados de vacío comparativamente bajos. En una descarga luminosa la materia se mueve en líneas rectas a presión normal, cuando el camino libre es excesivamente pequeño, y se han producido imágenes de alambres u otros objetos metálicos producidos por partículas lanzadas en línea recta.

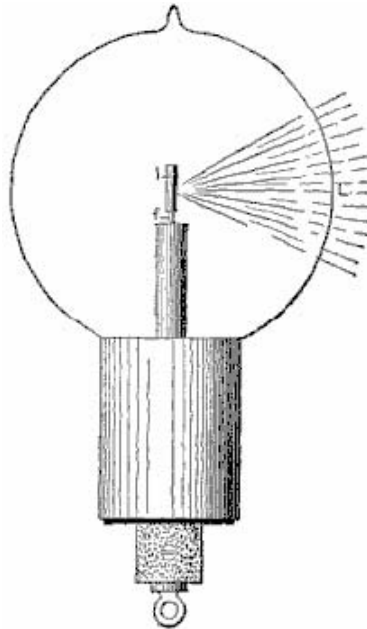


Fig.31 - BULBO QUE MUESTRA UNA CORRIENTE RADIANTE DE CAL A BAJO VACÍO.

He preparado un bulbo a fin de ilustrar en un experimento lo correcto de esas declaraciones. En un globo **L** (**Fig.31**) he instalado en una lámpara de filamento **f** un pedazo de cal **I**. La lámpara está conectada con un alambre que conduce al bulbo. La construcción general se muestra en la figura 19 descrita anteriormente. El bulbo está suspendido de un alambre conectado al terminal de la bobina, cuando este último se pone a trabajar el trozo de cal **I** y las partes proyectadas del filamento **f** son bombardeadas. El grado de vacío es el suficiente para que con el potencial la bobina es capaz de producir la fosforescencia del vidrio, pero desaparece en cuanto el vacío se debilita. Como la cal contiene humedad, y la humedad se escapa tan pronto como se produce calor, la fosforescencia permanece sólo unos pocos momentos. Cuando la cal se calienta, se libera una cantidad de humedad suficiente para bajar el grado de vacío del bulbo. Como el bombardeo continúa, un punto del trozo de cal está más caliente que otros y el resultado final es que prácticamente toda la descarga pasa a través de un punto que es calentado intensamente, y que una corriente de partículas blancas de cal (**Fig.31**) parte de este punto. Esta corriente se compone de materia radiante, ya que el grado de vacío es bajo. Pero esas partículas se mueven en línea recta debido a que la velocidad que se les imparte es grande. Esto es debido a tres causas: a la gran densidad eléctrica, la alta temperatura del pequeño punto y a que las partículas de cal son fácilmente arrancadas y expulsadas mucho más fácilmente que las de carbono. Con frecuencias como las que somos capaces de obtener, las partículas son arrancadas y arrojadas a considerable distancia, pero con suficientemente altas frecuencias tal cosa no ocurriría, en tal caso solamente un esfuerzo o una vibración se propagaría a través del bulbo. Estaría fuera de cuestión alcanzar tal frecuencia con la pretensión de que los átomos se movieran con la velocidad de la luz, porque yo creo que tal cosa es imposible puesto que se requeriría un potencial enorme. Con los potenciales que podemos obtener incluso con una bobina de descarga disruptiva, la velocidad debe ser bastante insignificante.

Con respecto al vacío no apto para descargas, el punto que debe ser anotado es que esto sólo puede ocurrir con impulsos de baja frecuencia, esto es debido a la imposibilidad de transportar suficiente energía con estos impulsos en alto vacío debido a que los pocos átomos que están alrededor del terminal después de contactar con el mismo son repelidos y mantenidos a distancia por un período de tiempo comparativamente largo, y no se puede realizar un trabajo suficiente como para hacer que el efecto sea perceptible por el ojo humano. Si la diferencia de potencial entre los terminales sube, el dieléctrico se perfora. Pero con impulsos de muy alta frecuencia no se produce la perforación, porque se puede producir cualquier cantidad de trabajo agitando continuamente los átomos en la vasija al vacío, con tal de que la frecuencia sea lo bastante alta. Es fácil alcanzar (incluso con el alternador que se usa aquí) un estado en el cual la descarga no pase entre los dos electrodos en un tubo estrecho. Cada uno de los electrodos está conectado a un terminal de la bobina, pero es difícil alcanzar un punto en el cual no se produzca una descarga luminosa alrededor de cada electrodo.

Un pensamiento que naturalmente se presenta en relación con corrientes de alta frecuencia, es hacer uso de su poderosa acción electroinductiva para producir efectos luminosos en un globo de cristal sellado. El cable de alimentación es uno de los defectos de la lámpara de incandescencia actual, y si no se hace ninguna mejora, esta imperfección debería ser eliminada. Siguiendo este pensamiento, he llevado a cabo experimentos en varias direcciones, de los cuales algunos fueron indicados en mi primera lectura. Debo mencionar aquí uno o dos líneas de experimentación que se han seguido.

Se han construido muchos bulbos como se muestra en **Fig.32** y **Fig. 33**.

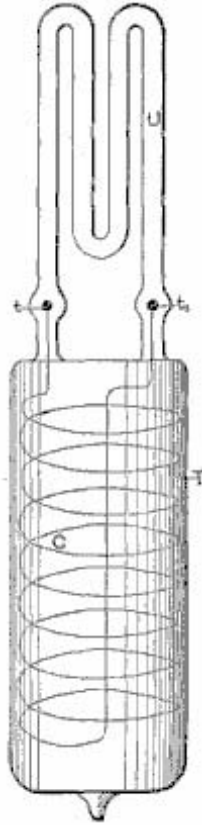


Fig.32 - TUBO DE INDUCCIÓN ELECTRODINÁMICA.

En la **Fig. 32** un tubo **T** se selló a un pequeño tubo de vidrio fosforescente **U** en forma de W. En el tubo **T** se colocó una bobina **C** de alambre de aluminio, los terminales de la cual estaban provistos de pequeñas esferas de aluminio **t** y **t1** situadas en el interior del tubo **U**. El tubo **T** se montó en un zócalo que contenía la bobina primaria a través de la cual se dirigían las descargas de las botellas de Leyden. El gas rarificado contenido en el pequeño tubo en forma de U fue llevado a una fuerte luminosidad por las corrientes de alta tensión inducidas en la bobina **C**. Cuando se usaron botellas de Leyden para inducir descargas en la bobina **C**, se hizo necesario empaquetar el tubo **T** apretadamente con polvo aislante, pues la descarga ocurría frecuentemente entre las vueltas de la bobina, especialmente cuando el primario era grueso y el hueco de aire, a través del que descargaban las botellas, era grande . Tuvimos no pocos problemas con esto.

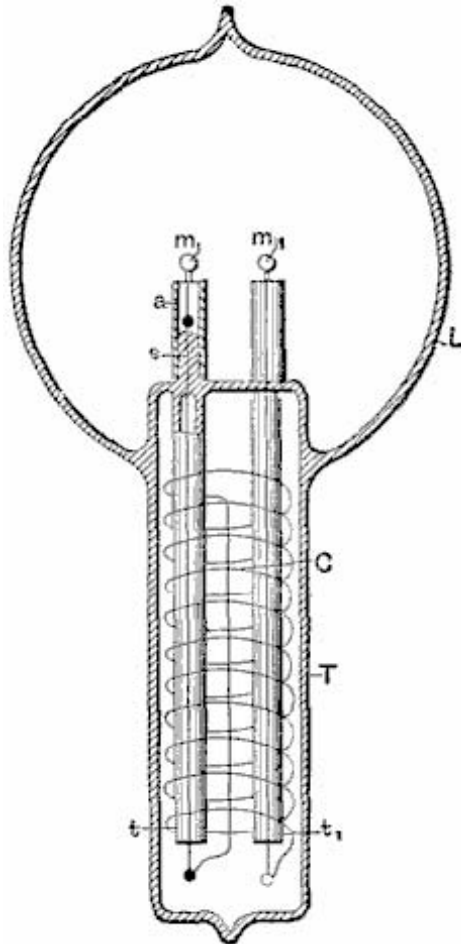


Fig.33 - LÁMPARA ELECTRODINÁMICA.

En **Fig.33** se ilustra otra forma del bulbo construido. En este caso un tubo **T** está sellado al globo **L**. El tubo contiene una bobina **C**, los finales de la cual pasan a través de dos pequeños tubos de vidrio **t** y **t1**, que están sellados al tubo **T**. Dos botones refractarios **m** y **m1** están montados en filamentos de lámparas que están conectados a los finales de los alambres que pasan a través de los tubos de cristal **t** y **t1**. Generalmente en los bulbos hechos de este modo, el globo **L** comunica con el tubo **T**. Por esto los finales de los pequeños tubos **t** y **t1** eran nada más que una pequeñez calentada en el quemador lo justo para sujetar las alambres, pero que no interfiere con la comunicación. El tubo **T**, con los pequeños tubos y sus cables y los botones refractarios **m** y **m1** fueron preparados antes y luego se sellaron al globo **L**, después de lo cual se deslizó la bobina **C** y se hicieron las conexiones a sus terminales. El tubo fue empaquetado con polvo aislante, comprimiéndolo lo más posible hasta casi su final, después se cerró y sólo se dejó un pequeño agujero a través del cual se introdujo el resto del polvo, y finalmente se cerró el final del tubo. Normalmente en los bulbos construidos como se muestra en la **Fig. 33** un tubo de aluminio **a** se sujetó sobre el final de arriba de cada uno de los tubos **t** y **t1**, a fin de protegerlos del calor.

Los botones **m** y **m1** pueden ser llevados a cualquier grado de incandescencia pasando las descargas de las botellas de Leyden por la bobina **C**. En tales bulbos con dos botones se produce un curioso efecto por la formación de sombras de cada uno de los botones.

Otra línea de experimentación que ha sido asiduamente seguida, es la de inducir electrodinámicamente una corriente o descarga luminosa en un tubo o bulbo al vacío. Esta materia ha recibido tan hábil tratamiento a manos del Profesor J.J. Thomson que yo no puedo añadir casi nada a lo que ya es conocido, incluso así lo hago especial objeto de mi presentación. Dado que experiencias en esta línea me han conducido gradualmente a las presentes conclusiones y resultados, debo dedicar algunas palabras aquí a su respecto.

Sin duda a muchos se les ha ocurrido que, conforme un tubo de vacío se construye más largo, la fuerza electromotriz necesaria por unidad de longitud para pasar una descarga luminosa a través del mismo se hace cada vez más pequeña; a pesar de todo, si el tubo vacío se hace lo bastante largo, incluso con bajas frecuencias se puede inducir una descarga luminosa en un tubo cerrado sobre si mismo. Tal tubo puede ser colocado alrededor de una bola o en un cielo raso y se consigue un simple artefacto capaz de dar luz. Pero sería un aparato difícil de construir y muy inmanejable. No estaría bien hacer el tubo en pequeños tramos, debido a que con las frecuencias normales, tendríamos considerables pérdidas en los forros, y además si se usasen forros,

sería mejor suministrar la corriente directamente al tubo conectando el forro a un transformador. Pero incluso si tales objeciones se pudieran dejar de lado, aún las bajas frecuencias en sí serían ineficientes, como he dicho anteriormente. Usando extremadamente altas frecuencias la longitud del secundario (o sea el tamaño del conjunto) se podría reducir lo deseado, y la eficiencia de la conversión de luz se incrementaría, siempre y cuando que se inventen medios para obtener eficientemente tales frecuencias. Así uno se ve conducido, dese consideraciones prácticas y teóricas, al uso de altas frecuencias, lo que quiere decir altas fuerzas electromotrices y pequeñas corrientes en el primario. Cuando trabajamos con cargas de condensadores (son el único medio conocido hasta el presente para alcanzar esas altísimas frecuencias) se obtienen fuerzas electromotrices de varios cientos de voltios por cada vuelta del primario. No se puede multiplicar el efecto electrodinámico inducido poniendo más vueltas en el primario, porque se llega a la conclusión de que lo mejor es trabajar con una sola vuelta(aunque a veces se pueda partir de esta regla) y uno debe arreglárselas cualquiera que sea el efecto inductivo de una sola vuelta. Antes ha experimentado largamente con las frecuencias extremas necesarias para iniciar en un pequeño bulbo una fuerza electromotriz de varios cientos de voltios comprobando la gran importancia de los efectos electrostáticos, y esos efectos crecen proporcionalmente ala insignificancia electrodinámica conforme crece la frecuencia.

Si algo es preciso en este caso, es incrementar la frecuencia, y esto será aún peor para los efectos electro dinámicos. Por otra parte, es fácil remarcar la acción electrostática hasta donde uno quiera poniendo más vueltas en el secundario, o combinando auto-inducción y capacidad para subir el potencial. También debe ser recordado que, reduciendo la corriente a su menor valor e incrementando el potencial, los impulsos eléctricos de alta frecuencia pueden ser más fácilmente transmitidos a través de un conductor.

Este y otros pensamientos similares de condujeron a dedicar más atención a los fenómenos electrostáticos y a encarar la producción de potenciales lo más altos posible alternándose lo más rápido posible. Yo entonces encontré que puedo iniciar tubos a distancia considerable desde un conductor conectado a una bobina construida adecuadamente, y que podría, convirtiendo la corriente oscilatoria de un condensador a un potencial más alto, establecer campos electrostáticos alternos que actuasen sobre toda la extensión de una habitación, encendiendo un tubo sin importar su situación en el espacio. Pienso que reconozco haber avanzado un peldaño, y he perseverado en esta línea; pero deseo decir que comparto con todos los amantes de la ciencia y el progreso uno y mi único deseo: alcanzar resultados de utilidad para el hombre en cualquier dirección que el pensamiento o la experimentación puedan conducirme. Pienso que este punto de partida es el correcto, porque no puedo ver, de la observación de los fenómenos que se manifiestan cuando se sube la frecuencia, que es lo que puede actuar entre dos circuitos llevando, por ejemplo, impulsos de varios cientos de millones de ciclos por segundo que no sean fuerzas electrostáticas. Incluso con estas tremendas frecuencias la energía va a ser prácticamente sólo potencial, y mi convencimiento crece de que sea cual sea la clase de movimiento al que se deba la luz, éste está producido por tremendos esfuerzos electrostáticos vibrando con extrema rapidez.

De todos estos fenómenos observados con corrientes, o impulsos eléctricos, de alta frecuencia el más fascinante para una audiencia son ciertamente aquellos que son percibidos en un campo electrostático a través de distancias considerables, y lo mejor que un inexperto conferenciante puede hacer es empezar y acabar con la exhibición de esos efectos singulares. Tomo un tubo en mi mano y lo muevo, y se enciende en cualquier parte que lo lleve, a través del espacio actúan las fuerzas invisibles. Pero puedo tomar otro tubo y puede que no se encienda, siendo su vacío muy alto. Lo inicio por medio de una bobina de carga disruptiva y ahora si se enciende en el campo electrostático. Puedo abandonarlo durante semanas o meses y mantendrá la posibilidad de ser iniciado. ¿Que cambio he producido en el tubo al iniciarlo? Si un movimiento es impartido a los átomos, es difícil comprender como puede persistir tanto tiempo sin ser detenido por perdidas por rozamiento. Si un esfuerzo se ejerce en el dieléctrico, como puede producir una simple electrificación; es fácil ver como puede persistir indefinidamente, pero muy difícil entender por qué tal condición puede ayudar al inicio cuando tenemos que tratar con potenciales que están alternando rápidamente.

Desde que exhibí estos fenómenos posprimera vez, he obtenido algunos otros efectos interesantes. Por ejemplo, he producido la incandescencia de un botón, filamento, o alambre encerrado en un tubo. Para alcanzar este resultado fue necesario economizar la energía, que es obtenida de un campo y dirigir la mayor parte de la misma sobre un pequeño cuerpo para volverlo incandescente. Al principio la tarea parecía difícil, pero las experiencias adquiridas me permiten alcanzar los resultados fácilmente. En **Fig.31** y **Fig.35** dos de tales tubos se muestran preparados para la ocasión.

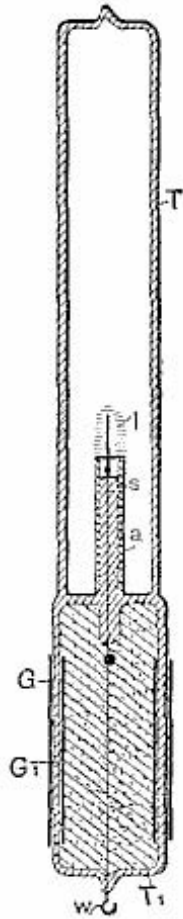


Fig.34 - TUBO CON FILAMENTO VUELTO INCANDESCENTE EN UN CAMPO ELETROSTÁTICO.

En **Fig.34** un tubo corto **T1**, sellado a otro largo tubo **T**, está provisto con un soporte **s** conectado con un alambre de platino. Un filamento de lámpara está sujeto a este alambre y la conexión con el exterior está hecha a través de un fino alambre de cobre **w**. El tubo está provisto de forros exterior e interior **G** y **G1** respectivamente, y está lleno hasta más arriba de la altura de los forros con polvo aislante. Esos forros están ahí simplemente para permitirme hacer dos experimentos con el tubo, particularmente para producir el efecto deseado ya sea por conexión directa con el cuerpo del experimentador u otro cuerpo con el alambre **w**, o actuando inductivamente a través del vidrio. El soporte **s** está provisto con un tubo de aluminio **a**, con el propósito explicado anteriormente, y sólo una pequeña parte del filamento alcanza a salir de este tubo. Agarrando el tubo **T1** en el cualquier parte del campo electrostático el filamento se vuelve incandescente.

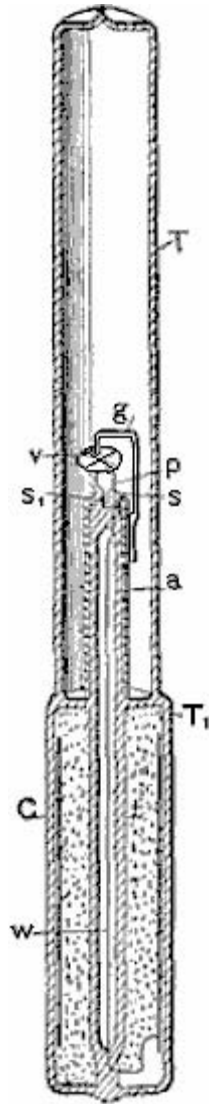


Fig.35 - EXPERIMENTO DE CROOKES EN UN CAMPO ELECTROSTÁTICO.

Una pieza más interesante se muestra en **Fig.35**. La construcción es la misma que antes, solamente en lugar del filamento de la lámpara un pequeño alambre **p**, sellado a un soporte **s** y doblado en un círculo, está conectado al alambre de cobre **w**, que a su vez está conectada al forro interior **C**. Un pequeño soporte **s1** está provisto de una aguja sobre la punta de la cual está montado un ligerísimo ventilador de mica **v**, que puede girar libremente. Para prevenir la caída del ventilador un delgado soporte de vidrio **g** está convenientemente adaptado al tubo de aluminio. Cuando el tubo es agarrado en cualquier lugar dentro del campo electrostático el alambre de platino se vuelve incandescente y las aspás de mica giran muy rápidamente.

Una intensa fosforescencia puede ser producida en el bulbo conectándolo simplemente a una chapa dentro del campo, y la chapa no precisa ser más grande que una pantalla de lámpara. La fosforescencia producida con esas corrientes es incomparablemente más poderosa que con los aparatos normales. Un pequeño bulbo fosforescente, conectado a un alambre conectado a una bobina emite suficiente luz como para leer letras de imprenta normales a una distancia de cinco o seis pasos. Fue interesante comprobar como se comportaban los bulbos fosforescentes del profesor Crookes con estas corrientes, y él ha tenido la amabilidad de prestarme algunos para la ocasión. Los efectos `producidos son magníficos, especialmente con el sulfito de calcio y el sulfito de cinc. Desde la bobina de descarga lucen intensamente simplemente sujetándolos y conectando el cuerpo al terminal de la bobina.

Sean cualesquiera los resultados a los que estas investigaciones pudieran conducir, su `principal interés yace por el momento en las posibilidades que ofrecen para la producción de un aparato de iluminación eficiente. En ninguna rama de la investigación eléctrica hay avance más deseado que en la producción de luz. Cada pensador, cuando considera los bárbaros métodos utilizados, las pérdidas lamentables en que incurren nuestros mejores sistemas de producción de luz, debe haberse preguntado ¿Debe ser así la iluminación del futuro? ¿Será un sólido incandescente, como en la lámpara presente, o un gas incandescente, o un cuerpo fosforescente, o algo como un quemador, pero incomparablemente más eficiente?

Hay pequeñas posibilidades de perfeccionar un quemador de gas; no, quizás porque el ingenio humano ha estado ligado a este problema durante siglos sin haber conseguido un despegue radical, aunque este argumento no está desprovisto de fuerza sino porque en un quemador las altas vibraciones no pueden nunca ser alcanzadas sin haber pasado antes por todas las pequeñas. ¿Por qué sólo se produce una llama por la caída de objetos levantados? Tal proceso no puede ser mantenido sin renovación, y la renovación se produce pasando de las bajas vibraciones a las altas. Parece que un solo camino está abierto en la mejora de un quemador, y es el de tratar de conseguir más altos grados de incandescencia. Alta incandescencia es equivalente rápida vibración, esto quiere decir más luz extraída del mismo material, y esto de nuevo quiere decir más economía. En esta dirección se han conseguido algunas mejoras, pero el proceso está lastrado por muchas limitaciones. Descartado pues el quemador sólo quedan las tres vías anteriormente mencionadas, que son esencialmente eléctricas.

Supongamos que la iluminación del futuro será un sólido convertido en incandescente por la electricidad. ¿No parecería que es mejor utilizar un pequeño botón que un frágil filamento? Desde muchos puntos de vista ciertamente se debe concluir que un botón es capaz de mayor economía, asumiendo, por supuesto, que serán efectivamente superadas las dificultades relacionadas con la operación de tal lámpara. Pero para encender tal lámpara necesitamos un alto potencial y para conseguir esto económicamente debemos usar altas frecuencias.

Tales consideraciones conciernen también a la producción de luz por incandescencia de un gas, o por fosforescencia. En todos los casos necesitamos altos potenciales y altas frecuencias. Estos pensamientos se me ocurrieron hace mucho tiempo.

Incidentalmente con el uso de altas frecuencias obtenemos muchas ventajas, tales como mayor economía en la producción de luz, la posibilidad de trabajar con un cable, la posibilidad de evitar el cable de alimentación al interior de la lámpara.

La cuestión es ¿Hasta donde podemos llegar con las altas frecuencias?. Los conductores normales pierden muy rápidamente la facilidad para transmitir impulsos eléctricos cuando la frecuencia se incrementa mucho. Asumamos que tenemos medios muy perfectos para la producción de impulsos de muy alta frecuencia, todo el mundo se preguntará como se podrá transmitir cuando tengamos necesidad. En la transmisión de tales impulsos a través de conductores debemos recordar que tenemos que tratar con presión y flujo, en la interpretación normal de tales términos. Supongamos la presión incrementada hasta una cifra enorme, y supongamos que el flujo disminuye correspondientemente, entonces tales impulsos (como si fuesen meras variaciones de presión) podrían ser transmitidos a través de un cable incluso si su frecuencia fuese de varios millones de ciclos por segundo. Estaría, por supuesto, fuera de lugar transmitir dichos impulsos a través de un cable inmerso en un medio gaseoso, incluso si el cable estuviera provisto de un aislante muy grueso y muy bueno, puesto que la mayor parte de la energía se perdería en bombardeo molecular y el consiguiente calentamiento. El final del cable conectado a la fuente se calentaría y el final lejano no recibiría sino una ridícula parte de la energía suministrada. La primera necesidad, si tales impulsos eléctricos van ser utilizados, es hallar los medios para reducir lo más posible la disipación.

La primer idea es utilizar el cable más fino posible rodeado por el aislamiento más grueso posible. La siguiente idea es utilizar pantallas electrostáticas. El aislamiento del cable debe estar forrado por una fina capa conductora conectada a tierra. Pero esto no funcionaría, pues toda la energía pasaría a través del forro conductor hacia a tierra y nada alcanzaría el final del cable. Si se hace una concesión a tierra debería hacerse solamente a través de un conductor que ofreciera una enorme impedancia, o a través de un condensador de muy pequeña capacidad. Sin embargo esto no terminaría con otras dificultades.

Si la longitud de onda de los impulsos es mucho más pequeña que la longitud del cable, ondas cortas correspondientes se inducirían en el forro conductor, y sería más o menos lo mismo que si el forro estuviera directamente conectado a tierra. Es necesario entonces cortar el forro en trozos mucho más cortos que la longitud de la onda. Tal montaje aún no sería la pantalla perfecta, pero es diez mil veces mejor que nada. Creo que es mejor contar el forro conductor en pequeños trozos, incluso si las ondas de corriente fueron mucho más largas que el forro.

Si un cable estuviera provisto de una Pantalla electrostática perfecta, sería como si todos los objetos se hubieran retirado a una distancia infinita. La capacidad se reduciría a la del propio cable, que sería muy pequeña. Entonces sería posible enviar a través del cable vibraciones de muy altas frecuencias a enorme distancia sin afectar grandemente el carácter de las vibraciones. Una pantalla perfecta es por supuesto fuera de cuestión pero creo que con una pantalla como la que acabo de describir la telefonía puede ser practicable a través del Atlántico. De acuerdo con mis ideas, el cable cubierto de guta percha debería estar forrado de una tercera conducción subdividida en secciones. Encima de esta debería haber otra capa de guta percha u otro aislante, y encima del conjunto una armadura. Pero tales cables no van a ser construidos porque mucho antes la inteligencia (transmitida sin cables) latirá a través de la tierra como un pulso a través de un organismo. La sospecha es que, en el presente estado del conocimiento y con la experiencia adquirida, no se está haciendo ningún intento de distorsionar el estado electrostático o magnético de la tierra para transmitir inteligencia o algo

más.

Mi principal objetivo presentando estos resultados es el de apuntar a fenómenos o creaciones novedosas, y avanzar ideas que espero que servirán como puntos de partida de nuevos caminos. Ha sido mi principal deseo esta tarde entretenerles con nuevos experimentos. Su aplauso, tan frecuente y generoso, me indica que he cumplido mi objetivo.

En conclusión, permítanme darles las gracias de todo corazón por su amabilidad y atención, les aseguro que el honor que he tenido dirigiéndome a tan distinguida audiencia, el placer que he tenido presentando estos resultados a esta reunión de hombres capaces, y entre ellos algunos en cuyo trabajo he encontrado constante inspiración y placer durante muchos años. Nunca lo olvidaré.