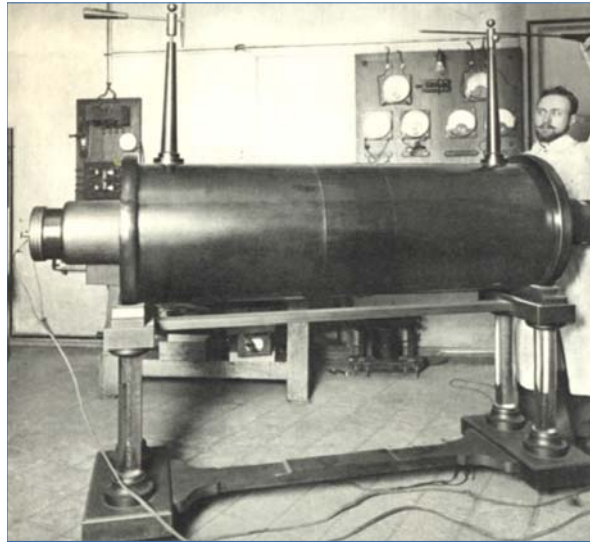


6.4

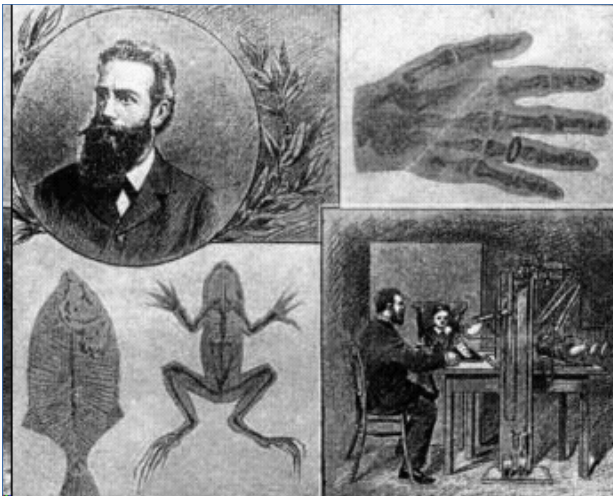


Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877)
inventor del carrete de Ruhmkorff



Gran carrete de Ruhmkorff

**D
E
S
C
A
R
G
A
S**



Grabado de la noticia del descubrimiento de los rayos X



Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)
descubridor de los Rayos X

AUTOINDUCCIÓN

Toda corriente eléctrica crea un campo magnético en el espacio que la rodea, que depende de la intensidad de la corriente. Si ésta varía, variará también el flujo magnético a través del circuito, y por tanto aparecerá una fuerza electromotriz inducida. Como es el propio circuito el que crea esta fuerza electromotriz, el fenómeno recibe el nombre de *autoinducción*.

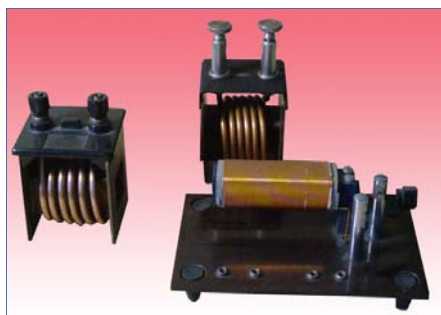
La ley de Lenz obliga a la fuerza electromotriz de autoinducción a oponerse a la causa que la produce; así, tiende a reforzar la corriente si ésta disminuye y, a debilitarla si se intensifica.

El flujo magnético que pasa través de un circuito, cuyo origen es la corriente que circula por el mismo, es proporción a la intensidad de aquélla. La constante de proporcionalidad se denomina *coeficiente de autoinducción* o *inducción propia* del circuito. Este coeficiente de autoinducción depende de la forma del circuito y del material que le sirve de núcleo.

CARRETES DE INDUCCIÓN

El funcionamiento de los carretes de inducción es el siguiente: Si el primario se envuelve con un carrete secundario, cada interrupción y cierre de aquél determinará en cada espira del secundario una fuerza electromotriz; por consiguiente, cuanto mayor sea el número de espiras del secundario, tanto mayor será la fuerza electromotriz total entre sus bornes. De esto se deduce que, aumentando el número de espiras del secundario, se puede aumentar la fuerza electromotriz del mismo hasta centenares de miles de voltios con una fuerza electromotriz en el primario que sólo alcance de 10 a 20 voltios.

Las elevadísimas tensiones que se obtienen entre los bornes del secundario exigen un aislamiento cuidadoso de los hilos, los cuales, con este objeto se suelen bañar de parafina, interponiéndose entre cada dos capas consecutivas papel parafinado o mica.



Nº inv.: 06.3 / 295
Fecha desconocida
Fabricante: Phywe
Metal y ebonit
18 x 11,5 x 13 cm



Todos los experimentos y fenómenos a que la alta tensión da lugar pueden ponerse de manifiesto mediante los carretes de inducción. Al igual que entre los polos de una máquina electrostática saltan chispas debido a las altas tensiones, lo mismo ocurre entre los bornes del secundario de un carrete de inducción, y su longitud es tanto mayor, cuanto mayor es la tensión en el mismo. Los bornes terminan algunas veces en dos piezas cuya distancia puede variar, de modo que puede determinarse así la distancia explosiva máxima, la cual indica a su vez la tensión.

CARRETE DE RUHKORFF

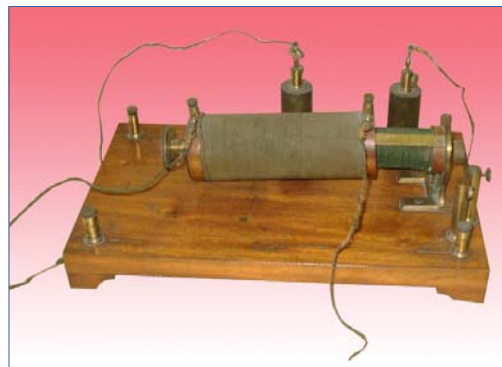
Fue construido por el físico *Heinrich Daniel Ruhmkorff*, en 1851. Aunque de origen alemán estableció un taller propio en París. Se especializó en la construcción de instrumentos eléctricos y electromagnéticos de gran precisión.

Es un transformador de corrientes continuas en alternas fundado en la interrupción repetida de la bobina inductora. Su uso es frecuente en las experiencias de laboratorio. Se destina, generalmente, a aumentar

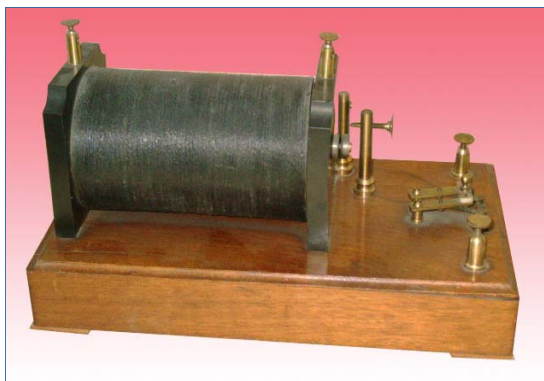
considerablemente el potencial de corrientes de pequeña tensión y mucha intensidad; es decir, que actúa como *elevador de tensión*.



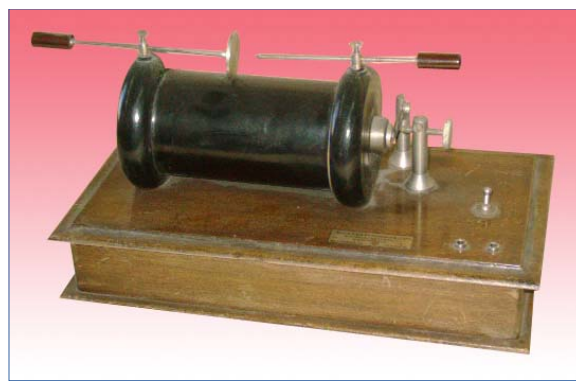
Nº inv.: 06.4 / 296
 Fecha: 1884
 Fabricante: Grasselli, Óptico
 Metal, madera y ebonita
 42,5 x 17,5 x 22 cm



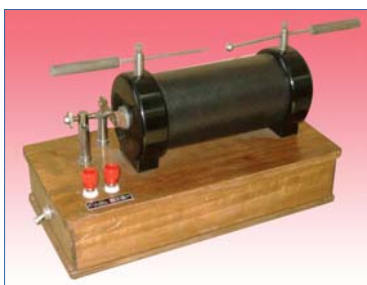
Nº inv.: 06.4 / 297
 Fecha desconocida
 Fabricante: Breton. París
 Metal, madera y ebonita
 33 x 18,5 x 15 cm



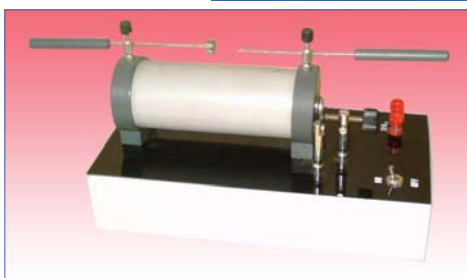
Nº inv.: 06.4 / 298
 Fecha desconocida
 Fabricante: France
 Metal, madera y ebonita
 31 x 17 x 18 cm



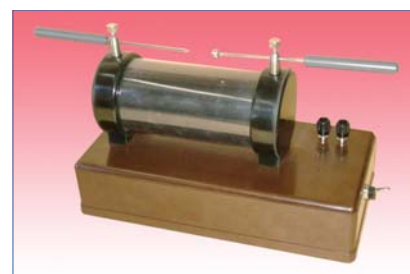
Nº inv.: 06.4 / 299
 Fecha desconocida
 Fabricante: Sogeresa
 Metal, madera y ebonita
 30 x 15 x 15 cm



Nº inv.: 06.4 / 300
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido
 Metal, madera y ebonita
 28,5 x 13,5 x 19 cm



Nº inv.: 06.4 / 301
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido
 Metal y ebonita
 30 x 15 x 18 cm



Nº inv.: 06.4 / 302
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido
 Metal y ebonita
 28 x 13 x 19 cm

El circuito primario del inductor lo constituye un alambre de cobre grueso, aislado y arrollado alrededor de un cilindro de madera o de ebonita, que forma el cuerpo del carrete, y cuyo hueco va ocupado por un haz de alambre de hierro dulce, que constituye el núcleo. El circuito secundario o inducido es también de alambre de cobre, pero muchísimo más delgado y de gran longitud, arrollado en numerosísimas espiras, muy bien aisladas, alrededor del inductor. Dos discos de vidrio, ebonita, etc. limitan por uno y otro lado el carrete, dejando pasar al exterior los extremos del núcleo.

Una plataforma o soporte adecuado sostiene el carrete y los accesorios siguientes:

Interruptor: Es el órgano encargado de abrir y cerrar automáticamente el circuito primario con rapidez; cuanto mayor sea ésta, mayor será el número de corrientes inducidas en el circuito secundario, puesto que cada vez que el circuito inductor se cierre, habrá en el inducido una corriente instantánea inversa a la inductora, y cada vez que se abra, otra directa, las cuales, reproduciéndose sin cesar, determinarán una corriente alternativa, de tanta mayor frecuencia cuanto más rápidamente funcione el interruptor.

El interruptor más sencillo es el llamado *de martillo*; consiste en un trozo de hierro dulce, unido a una columna metálica, por medio de una palanca o lámina elástica, que le permite moverse entre la parte saliente del núcleo del carrete y un tornillo o apoyo metálico, situado a poca distancia. Mientras el martillo se halla en posición de equilibrio, está separado del núcleo de hierro dulce y cerrando el circuito primario; pero en el momento que pasa por éste la corriente de una pila o del generador empleado, el núcleo se imanta y atrae al martillo, el cual se separa de su apoyo, y el circuito se abre, y como consecuencia, cesa la acción atractiva del núcleo, volviendo el martillo al contacto con su apoyo, y reproduciéndose nuevamente los mismos fenómenos. Este interruptor es el empleado en los carretes pequeños.

Los modelos potentes de carretes de Ruhmkorff son susceptibles de producir entre los polos del circuito inducido chispas eléctricas de inducción que pueden llegar a un metro de longitud. Para los carretes de gran potencia se emplean otros interruptores distintos a los de martillo, como, por ejemplo **el interruptor de Foucault**.



*Nº inv.: 06.3 / 303
Fecha: 1874
Fabricante: Ducretet. París
Metal, madera, vidrio y mercurio
27 x 22 x 31 cm*

Consiste en una palanca, unida por su parte media a una lámina elástica, que le permite oscilar en un plano vertical con gran rapidez. Contrapesos de distintas formas (bolas en el eje vertical) permiten regular las oscilaciones de la palanca. Uno de los extremos de ésta es una barra de hierro dulce, situada sobre el núcleo de un electroimán, y en el otro extremo va sujeta una varilla metálica, terminada en un punta de platino y sumergida en un vaso de vidrio, cuya altura puede regularse. En dicho vaso hay una pequeña cantidad de mercurio cubierto de una capa de vaselina líquida, u otro líquido aislante. Se gradúa la altura del vaso de modo que la punta de platino enrase con el mercurio, y como está intercalado en el circuito primario, en cuanto la corriente pasa, el núcleo atrae la barra de hierro dulce, con lo cual se inclina la palanca y deja de tocar el mercurio la punta de platino. La separación abre el circuito primario del carrete. Al dejar de ser activo el núcleo, vuelve la palanca, por efecto de la lámina elástica, a su posición primitiva, cerrando el circuito y reproduciendo los fenómenos.

Se gradúa previamente el movimiento oscilatorio de la palanca, y una vez regularizado con la velocidad que convenga, se cierra el circuito primario. El interruptor de Foucault, existente en nuestro laboratorio, viene acompañado de un *conmutador de Bertin*.

Condensador: Para evitar que la autoinducción, que es grande por la forma del circuito, prologue la duración de las corrientes, perjudicando a la fuerza electromotriz, ideó Fizeau intercalar en el circuito primario un condensador de hojas.

Este condensador va oculto en la plataforma que sostiene el carrete, y su descarga, a través del circuito primario, en sentido contrario a la corriente de ruptura, impide el efecto de ésta, haciendo más brusco el cambio del campo.

El empleo del condensador, de capacidad adecuada, aminora las chispas que la autoinducción produce en los interruptores, estropeándolos frecuentemente.

DESCARGAS DEL CARRETE DE RUHKORFF

El circuito secundario, en vez de cerrarse sobre sí mismo, tiene sus extremos unidos a tornillos de conexión, que se denominan *polos del carrete*; entre ellos se intercalan aparatos diversos, o simplemente conductores, que pueden aproximarse a la distancia que se desee., par que le circuito se cierre a través a de del aire o de diversos medios, originándose entonces formas de descarga muy variadas.

En el aire estallan entre los conductores una serie de chispas que, según las dimensiones del carrete, pueden llegar a alcanzar muchos centímetros de longitud, y producen un ruido seco y fuerte.

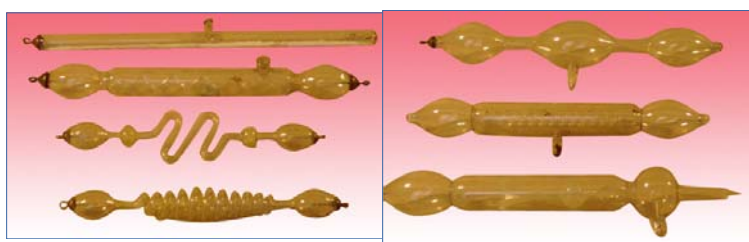
Si la descarga se produce a través de otros medios o empleando conductores especiales, se pueden obtener efectos luminosos tan variados como los de electrostática en diversos recipientes, tubos de Geissler, etc.

TUBOS DE GEISSLER

El aire a presión normal presenta una resistencia al paso de la corriente; pero en el aire enrarecido las cosas suceden de un modo diferente. De este tema se ocuparon, primeramente el físico francés *J. P. Gassiot* en 1854, y con más detenimiento el alemán *Plücker*, auxiliado por el famoso soplador de vidrio *Geissler*. Para poder observar esta influencia de la presión en el aire, es necesario hacer el vacío en los tubos. Si se quiere producir la descarga en el seno de un gas es necesario que en sus extremos hayan *dos electrodos*. El electrodo positivo se llama *ánodo* y el negativo *cátodo*.

Cuando los electrodos de un tubo se ponen en comunicación con el secundario de un carrete de inducción, se originan fenómenos notables y muy vistosos. El se ilumina de color rosado, presentando sucesiones de franjas alternativamente luminosas y oscuras (luz estratificada). El mismo vidrio puede volverse luminoso; sí, por ejemplo, en su composición entra uranio, adquiere un bonito color verde.

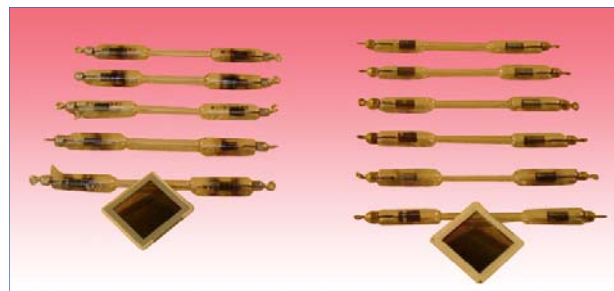
Nº inv.: 06.4 / 304 Nº
Fecha: 1900-1910
Fabricante desconocido
Metal y vidrio
Diferentes tamaños:
 $\Phi=1,2\text{ cm}$ $l=26\text{ cm}$
 $\Phi=2\text{ cm}$ $l=23\text{ cm}$
 $\Phi=3,2\text{ cm}$ $l=17\text{ cm}$



inv.: 06.4 / 305
Fecha: 1900-1910
Fabr.: desconocido
Metal y vidrio
Diferentes tamaños:
 $\Phi=2,1\text{ cm}$ $l=26\text{ cm}$
 $\Phi=2,1\text{ cm}$ $l=26\text{ cm}$



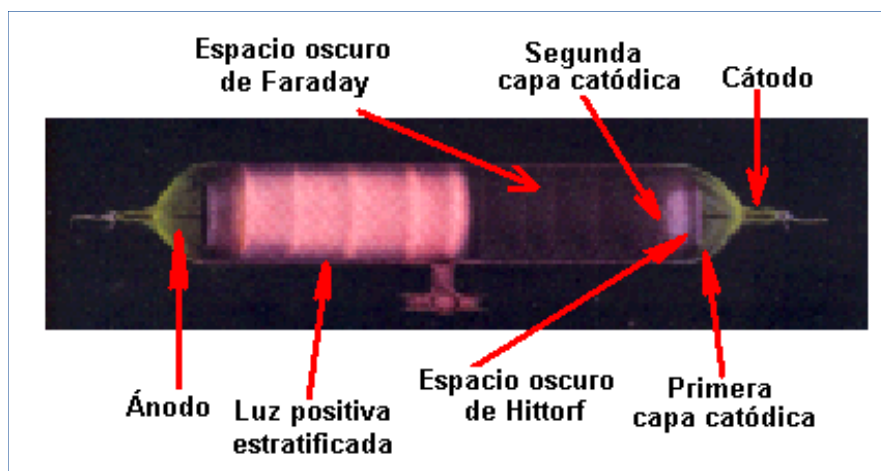
Nº inv.: 06.4 / 306
 Nº ejemplares: 4
 Fecha: 1900-1910
 Fabricante desconocido
 Metal y vidrio
 $\Phi = 2,5 \text{ cm}$ $l = 40 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.4 / 307
 Nº ejemplares: 11
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido de Italia
 Metal y vidrio
 $\Phi = 1,6 \text{ cm}$ $l = 16 \text{ cm}$
 Tubos conteniendo: H, He, Ne, Ar, N y Hg

ESPACIO OSCURO DE FARADAY

El fenómeno luminoso en un tubo Geissler es, en realidad, más complicado de lo que se ha dicho. En la proximidad del electrodo negativo, hay dos estratificaciones luminosas separadas. Dentro del cátodo se forma una capa brillante, generalmente amarilla, que se denomina *primera capa catódica*; a cierta distancia está la *segunda capa catódica*, y el espacio que queda entre las dos es el *espacio oscuro de Hittorf*. Al conjunto de las tres capas se le denomina *luz negativa*. El espacio oscuro que separa la capa luminosa de la luz positiva estratificada es el *espacio oscuro de Faraday*.



RAYOS CATÓDICOS

Los tubos de Geissler contienen aire u otros gases a una presión de 1 a 3 mm. Si se hace más el vacío el fenómeno sigue, en esencia, siendo el mismo; pero el espacio de Faraday aumenta. El tubo, en estas condiciones, conserva la luminosidad negativa, al paso que la positiva se reduce más y más, no solamente se reduce, sino que pierde su brillo, su color y su estructura estratificada. Si se continúa haciendo el vacío, el espacio oscuro llena casi por completo el tubo, llega hasta cerca del ánodo y la luz positiva casi desaparece.

Pero, simultáneamente, tiene lugar otro fenómeno, observado por *Wilhelm Hittorf* en 1869. Del cátodo empiezan a emerger radiaciones que provocan la fosforescencia del vidrio al chocar con él. Disminuyendo más la presión, el interior del tubo se oscurece, y en cambio, las paredes se iluminan con una fosforescencia cuya máxima intensidad tiene lugar frente al cátodo: si se invierte la corriente, la nueva fosforescencia se produce frente al nuevo cátodo. Parece como si, efectivamente, del cátodo salieran rayos que, siendo de por sí

invisibles, al dar contra el vidrio originan fosforescencia. Estos rayos, que se llaman *catódicos*, no fueron objeto de atención desde que fueron descubiertos por Hittorf, hasta 1879, en que el inglés *William Crookes*, perfeccionando la construcción de los tubos se ocupó de ello detenidamente. A los tubos usados para este objeto se les llama tubos de Crookes; en ellos la presión alcanza sólo de 0,02 a 0,001 mm, mientras que en los de Geissler llega a 1 mm.

Los rayos catódico se propagan en línea recta, son siempre perpendiculares a la superficie del cátodo, cualquiera que sean la posición del ánodo y su forma. Llegan a alcanzar velocidades de 30.000 a 50.000 km/s, según la diferencia de potencial. Esta propiedad permite concentrar los rayos catódicos en un foco; basta para ello que el cátodo esté formado por un disco cóncavo, siendo indiferente donde se encuentre el ánodo. La luminosidad se forma siempre frente al cátodo.

Los rayos catódicos son desviados por la acción de los imanes. Esta propiedad también descubierta por Hittorf, se observa cuando se aproxima un imán a un tubo, los rayos pueden desviarse hacia donde se quiera: al mover el imán, la fluorescencia se mueve también en el vidrio. Como los rayos catódicos no tienen masa apreciable, obedecen instantáneamente, sin inercia, a la acción del campo magnético.



Nº inv.: 06.4 / 308
Nº ejemplares: 2
Fecha: 1910-1920 Fabricante: Material Pedagógico CULTURA
Metal y vidrio
Soportes de ebonita
28 x 4 x 10 cm
30 x 8 x 15 cm

Los rayos catódicos producen efectos mecánicos. Crookes descubrió otra propiedad de estos rayos; la de originar acciones mecánicas. Mediante un tubo muy original, ideado por *Gimingham*, que tiene un molinete apoyado sobre dos varillas, se puede observar que si los rayos catódicos chocan contra las paletas superiores, el molinete se mueve; si los electrodos son simétricos, invirtiendo la corriente se invierte el movimiento del molinete.

Tales efectos muestran también el fenómeno recíproco, o sea el movimiento del mismo cátodo, cuando éste sea móvil, y el ánodo fijo. Par ello se utiliza otro tipo de tubos denominados **radiómetros**. Sus paletas son discos de aluminio, revestidos en una de sus caras de una lámina delgada de mica en



Nº inv.: 06.4 / 309
Fecha: 1910-1920
Fabric.: Material Pedagógico
Metal y vidrio
Soporte de madera
28 x 6 x 10 cm



Nº inv.: 06.4 / 310
Fecha: 1910-1920
Fabric.: Material Pedagógico
Metal y vidrio
Soporte de ebonita
23 x 16 x 8 cm



Nº inv.: 06.4 / 311
Fecha: 1910-1920
Fabric.: Material Pedagógico
Metal y vidrio
Soporte de madera
 $\Phi = 7 \text{ cm}$ $h = 18 \text{ cm}$

Los rayos catódicos producen efectos caloríficos. Dada la gran velocidad de los rayos catódicos, cuando chocan contra las superficies producen efectos caloríficos. El impacto de los rayos pone en seguida al rojo blanco el platino y el osmio, y puede hasta fundirlos. Si los rayos inciden durante largo tiempo sobre el vidrio de la ampolla, ésta puede llegar a romperse.



Nº inv.: 06.4 / 312
Fecha: 1910-1920
Fabricante: Material Pedagógico
Metal y vidrio
 $\Phi = 8 \text{ cm}$ $l = 28 \text{ cm}$
Soporte de madera



Nº inv.: 06.4 / 313
Nº ejemplares: 2
Fecha: 1910-1920
Fabricante: Material Pedagógico
Metal y vidrio
21 x 16 x 10 cm
Soporte de madera y de ebonita

En 1886, el alemán *Eugene Goldstein*, sirviéndose de un tubo con el cátodo perforado descubre un nuevo fenómeno. El gas contenido en la ampolla de vidrio, antes de producirse la radiación catódica, es neutro. Deben existir cargas negativas y cargas positivas, y efectivamente existen. Al alejarse las partículas negativas (iones) del cátodo, las positivas (iones) se dirigen a éste, y si el cátodo presenta agujeros o canales, al producirse la radiación catódica hacia un lado del cátodo, se origina una radiación hacia el otro lado a través de los agujeros, formada por los llamados **rayos canales**.

Nº inv.: 06.4 / 314
Fecha: 1910-1920
Fabricante: Material Pedagógico
Metal y vidrio
36 x 9 x 4 cm
Soportes de ebonita



En el interior del tubo está el cátodo, en forma de disco con una serie de rendijas; los rayos catódicos van del cátodo hacia abajo, y del otro lado asciende una radiación rosada formada por rayos canales, los cuales por la a

Los rayos positivos, en razón de su carga, son desviados a la vez por el campo eléctrico y por el campo magnético. Esta propiedad nos permite un análisis químico del gas encerrado en la ampolla. Estudiados estos fenómenos por *Joseph John Thomson* y *Francis William Aston*, en 1913, condujeron a resultados transcendentales en el campo de la física del átomo. Según la nueva manera de ver el problema, los elementos no serían tan simples: resultarían de la asociación de varios isótopos.

RAYOS ROENTGEN

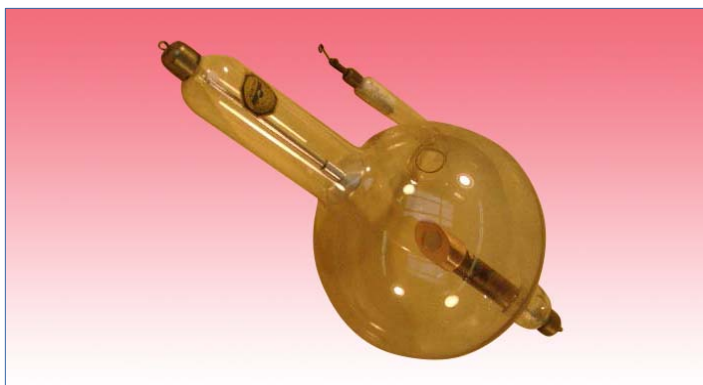
Los experimentos hechos con tubos que contenían gases enrarecidos constituyeron una parte esencialísima en el estudio de la física del átomo. Pero las deducciones y resultados obtenidos parecían no trascender a la práctica, ya que el estudio se había limitado a los rayos en el interior de los tubos sin conocer su acción exterior. El físico alemán *Philipp Lenard* fue quien, recurriendo a métodos geniales, pudo en primer lugar obtener acciones, aunque muy débiles, fuera de los tubos. Hasta entonces los rayos catódicos sólo despertaron el interés de los físicos; pero en el año 1896 un descubrimiento casual realizado por el alemán *Conrad Roentgen* puso de manifiesto sus aplicaciones prácticas.

De un tubo en que se produce la radiación catódica, emanan otros rayos que se propagan por el aire. Del punto en que los rayos catódicos chocan con el vidrio, emergen los llamados por Roentgen **rayos X**, por desconocer su naturaleza, los cuales tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas y producir la fluorescencia de varios cuerpos.

Es fácil comprobar que los rayos X se propagan en línea recta y atraviesan ciertos cuerpos opacos, como, por ejemplo, la madera, los cueros, los tejidos orgánicos, etc., y son detenidos por los metales, los huesos y algunos otros cuerpos.

Estos efectos dependen del espesor y de la densidad; así las láminas metálicas delgadas llegan a ser atravesadas por dichos rayos, y los cuerpos poco densos, aunque su espesor sea grande. Los rayos X no se reflejan ni cambian de dirección al atravesar los cuerpos, ni son desviados por los campos magnéticos, ni aparecen electrizados, y, sin embargo, al atravesar los gases en ciertas condiciones, los ionizan. Tienen también la propiedad de impresionar placas fotográficas.

Uno de los modelos más usuales para la producción de rayos X es el denominado **tubo con foco o bianódico**. Consta generalmente de tres planchas metálicas: una cóncava como cátodo, otra como ánodo, y otra como anticátodo. El anticátodo puede hacerse comunicar con ánodo mediante un hilo; entonces el anticátodo es a la vez ánodo, y se tienen rayos X que emergen del ánodo, adquiriendo la esfera de vidrio frente al anticátodo, una fluorescencia verdosa debida a dichos rayos.



Nº inv.: 06.4 / 315
Fecha: 1910-1920
Fabricante: Material Pedagógico
CULTURA
Metal y vidrio
36 x 14 x 18 cm



La *dureza de los rayos Roentgen* miden su poder de penetración; depende del vacío realizado. Si éste es escaso, los rayos X son absorbidos por láminas delgadas de cuerpos de diversas densidades; se llaman *blandos*. Si el vacío es grande se obtienen rayos capaces de atravesar chapas gruesas sin ser absorbidos; se llaman *duros*; pero la dureza aumenta con el peso atómico del anticátodo y la diferencia de potencial.

Para conseguir rayos X de dureza determinada, hay que regular el voltaje. Para evitar efectos perjudiciales, los operadores se aíslan mediante pantallas, mandiles, y guantes de plomo. Son múltiples las aplicaciones de los rayos X: en Medicina para observar lesiones internas; para realizar *radiografías* mediante placas fotográficas; en Aduanas para reconocer determinados paquetes sin necesidad de abrirlos, etc.

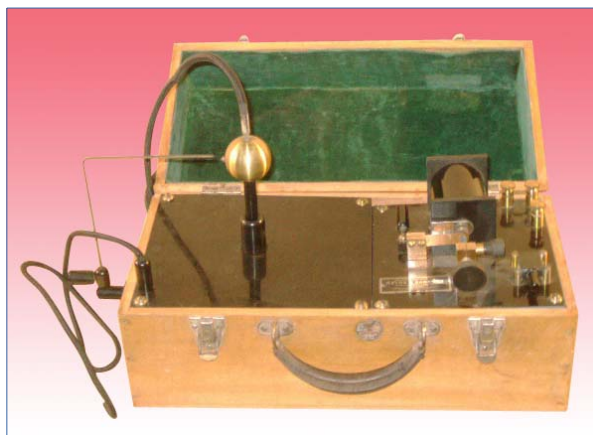
APARATO PORTÁTIL DE RAYOS X

Entre los aparatos de nuestro laboratorio encontramos un “*Aparato portátil de Rayos X Sánchez*”. A principios del siglo XX, el ingeniero español Mónico Sánchez Moreno, construye este aparato de rayos X que se caracteriza por su fácil manejo y transporte. Puede funcionar tanto con corriente continua como con alterna.

Tiene un condensador eléctrico de gran capacidad con una inductancia asociada en serie, un conmutador, un interruptor electromagnético, con terminales de descarga. Mediante un regular nos permite manejar intensidades más o menos grandes y generar corrientes de alta frecuencia y potencial; hasta 7 Mhz y 100.000 voltios, sin ningún riesgo debido a que las corrientes producidas son de baja intensidad. Un pie de madera desmontable y abatible posibilita la fijación del tubo de rayos X.



Nº inv.: 06.4 / 316
Fecha: 1919
Fabricante: Laboratorio Eléctrico SÁNCHEZ.
Piedrabuena ESPAÑA
Madera, tela, metal y baquelita
44 x 21 x 21 cm



No debe olvidarse que los rayos Roentgen, más conocidos hoy en día por rayos X, son peligrosos y que su aplicación, sin ciertas precauciones, acaba por producir graves enfermedades, por cuyo motivo deben emplearse con cautela.

Para estas observaciones debe estar el cuarto completamente a oscuras, pues aunque la luz debida a la fluorescencia sea bastante intensa, lo es mucho menos que la luz de un lámpara.

Puede evitarse trabajar en un cuarto oscuro, cuidando de que no llegue al ojo del observador más luz que la procedente de la pantalla fluorescente, a este fin se emplea un aparato denominado **Criptoscopio o Fluoroscopio**. Consiste en una pantalla con un recubrimiento de platinocianuro de bario o sustancia similar que se encuentra en el fondo de una caja con fuelle, para su fácil manejo, cuya boca termina en una manga de paño tupido que impide la entrada de luz exterior.



Nº inv.: 06.4 / 317
Fecha desconocida
Fabricante: Sogeresa
Madera, vidrio y cartón
36 x 34 x 7 cm

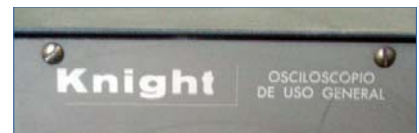


OSCILOSCOPIO DE RAYOS CATÓDICOS

Uno de los progresos electrónico más útiles, es el osciloscopio u oscilógrafo de rayos catódicos. Es uno de los instrumentos de medida y observación más versátiles y usados en los diversos campos de investigación y de las aplicaciones científicas y técnicas. El osciloscopio es un aparato destinado a observar tensiones periódicas. Con él se pueden realmente “ver” las tensiones periódicas, dibujadas por un “pincel de electrones” sobre una pantalla fluorescente. En principio, el osciloscopio puede ser comparado con un voltímetro convencional, en el que se ha sustituido el sistema mecánico de registro (aguja y escala) por un haz de electrones que, debido a la pequeña inercia de éstos, puede seguir “instantáneamente” cualquier variación de tensión.

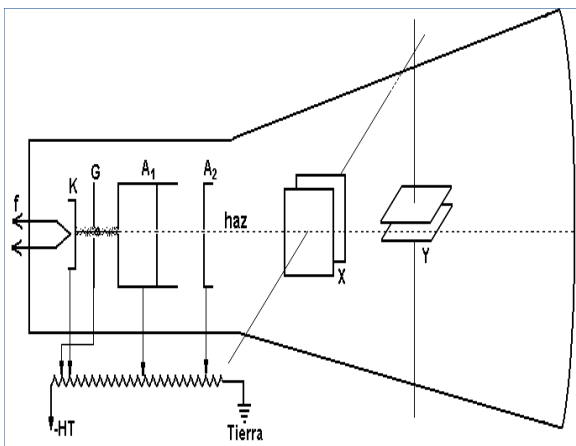


Nº inv.: 06.4 / 318
 Fecha desconocida
 Fabricante: RCA Manufacturing
 N.J. USA
 Metal, vidrio y ebonita
 43 x 18,5 x 30 cm



Nº inv.: 06.4 / 319
 Fecha desconocida
 Fabricación.:
 Knight Allied-radio
 Chicago. USA
 Metal, vidrio y ebonita
 47 x 23,5 x 40 cm

El corazón del osciloscopio es el *tubo de rayos catódicos* (CRT), en el que se gobierna la dirección de un estrecho haz de electrones para “dibujar” la forma de una onda sobre una pantalla fluorescente. Los diferentes elementos que constituyen el CRT están colocados en el interior de una ampolla de vidrio, en forma de embudo, en la cual se ha hecho un vacío elevado. El extremo más ancho de la ampolla está recubierto de una delgada capa de sustancia fluorescente y constituye la *pantalla*. En la parte estrecha del tubo está alojado el *cañón de electrones*, que dirige un chorro de electrones rápidos a lo largo del eje del tubo. El cañón está compuesto por los siguientes electrodos:



- el *cátodo* (K), calentado indirectamente por un filamento (f), emite los electrones (emisión termoiónica);
- la *rejilla* (G), que se mantiene a un potencial negativo respecto al cátodo, regula la intensidad del haz electrónico (y por consiguiente la luminosidad o brillo de la imagen luminosa sobre la pantalla);
- el *primer ánodo* (A₁), que se mantiene a un potencial positivo respecto al cátodo, regula la concentración del haz sobre la pantalla;
- el *segundo ánodo* (A₂), que acelera los electrones.

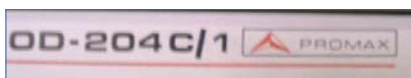
El sistema rejilla-ánodos, forman una “*lente electrónica electrostática convergente*”, comparable a una lente óptica, que enfoca el haz sobre la pantalla. Si el haz no es desviado en su marcha hacia la placa una pequeña mancha luminosa (*spot*) aparecerá en el centro de la pantalla. La dirección del haz puede ser variada haciéndolo pasar a través de dos pares de placas situadas entre el cañón de electrones y la pantalla. Estas placas son denominadas *placas de desviación horizontal* (placas X) y de *desviación vertical* (placas Y), ya que al aplicarles una diferencia de potencial, los campos eléctricos creados en cada par actúan sobre los electrones del haz, desviándolos en el sentido horizontal y vertical, respectivamente. Es obvio que el spot experimentará la misma desviación sobre la pantalla.



Nº inv.: 06.4 / 320
 Fecha desconocida
 Fabricante: PROMAX
 Metal, vidrio y ebonita
 38 x 29 x 17 cm



UCHIDA e/m EXPERIMENTAL APPARATUS
 MODEL TG-13



Nº inv.: 06.4 / 321
 Fecha desconocida
 Fabric.: JEULIN. Francia
 Metal, vidrio y ebonita
 30 x 27 x 40 cm



A finales del siglo XIX, se realizaron varias experiencias decisivas. A partir de ellas se abre paso a un conocimiento más profundo de la materia.

Dos de estas experiencias permitirán un conocimiento más detallado del electrón. Una en 1887, debida a J. J. Thomson, determina el comportamiento del electrón en campos eléctricos y magnéticos. La segunda experiencia, realizada por R. A. Millikan algún tiempo más tarde, determina la carga del electrón observando su movimiento en un campo eléctrico. Estas dos experiencias se basaron en las leyes de Lorenz.

Para este tipo de experiencia se utiliza en el laboratorio un **aparato para el estudio de las trayectorias electrónicas**.

Se trata de un tubo especial, dentro del cual las trayectorias de haces de electrones pueden ser observadas. Una vez que se ha hecho el vacío en el interior del tubo, una pequeña cantidad de mercurio se encuentra en el interior a la presión de vapor saturante.

Los electrones emitidos por el cátodo caliente son acelerados debido a la diferencia de potencial aplicada entre el cátodo y el ánodo cilíndrico. Algunos electrones emitido pasan a través de un agujero circular que hay en el centro del cilindro, formando así un haz estrecho. Son atrapados por la rejilla del tubo, entonces los electrones que tienen una energía cinética lo suficientemente alta (10,4 eV o más) abandonan el cátodo, y entran en colisión con los átomos de mercurio, que algunos de ellos se encuentran ionizados. En el momento en que los iones de mercurio se combinan con los electrones libres, hay una emisión espectral del mercurio y el color azul característico es observable.

Mediante este aparato se pueden observar los comportamientos de haces electrónicos en el interior de un campo magnético o de un campo eléctrico, indistintamente, o los dos actuando simultáneamente. Y, lo más interesante, podemos determinar la relación existente (e/m) entre la carga del electrón y su masa.