

# **Facultad de Ciencias Exactas**

**Curso de Posgrado: Diseño y desarrollo de dispositivos para experimentos didácticos de Física Moderna y Electromagnetismo**

Docentes:

**Dr. Alberto Pasquevich**

**Ing. Nolberto Martínez**

**Ing. Jorge Runco**

**Dr. Jorge Tocho**

Alumno:

**Ing. Pablo Antiñanco**

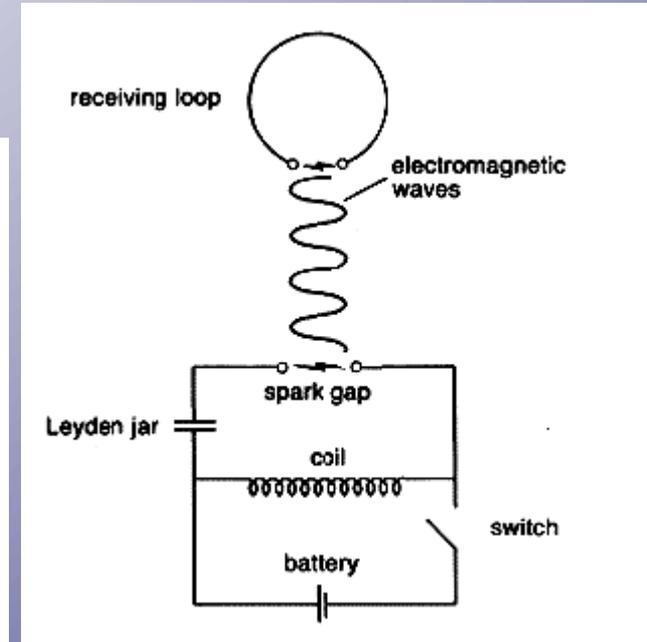
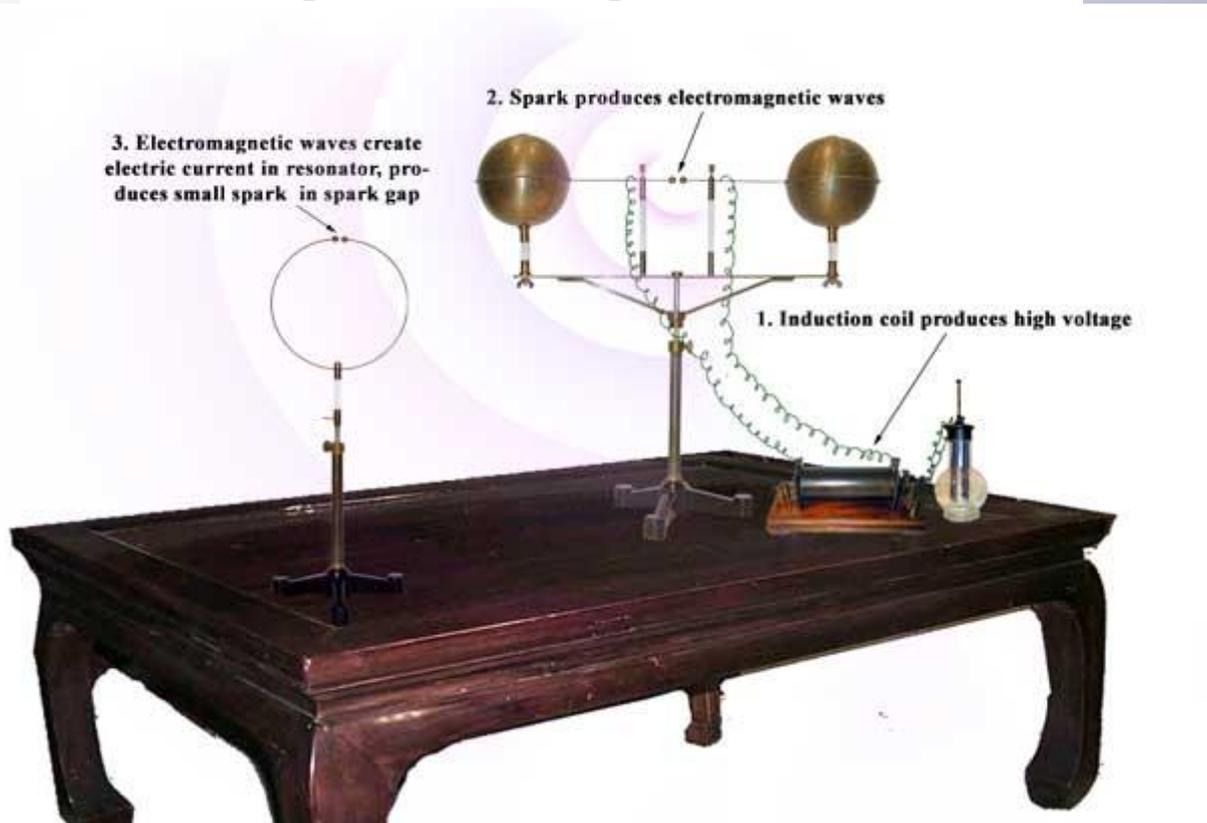
Proyecto asignado:

**Experimento de Hertz**

**Inicio del proyecto - Noviembre de 2011**

# Los experimentos de Hertz. 1. "Sobre las oscilaciones eléctricas muy rápidas" 1887

El primer paso que debía dar era demostrar que se podían obtener oscilaciones rápidas de alta frecuencia perfectamente regulares en un circuito abierto consistente de una varilla terminada en dos placas o esferas y separada en su centro por un chispero.



## 2. “Efecto de la luz ultravioleta en la descarga eléctrica” 1887

En el transcurso de los anteriores experimentos descubrió con sorpresa una cierta influencia mutua entre dos chispas que saltan simultáneamente. En este papel narra los detallados experimentos que hizo hasta resolver que se trataba tan sólo de un efecto causado por la luz ultravioleta.

### 3. “Acción de una oscilación eléctrica rectilínea en un circuito cercano” 1888

En este papel explora con su aro el espacio cercano al oscilador. Su idea es encontrar algún punto donde la inducción directa es mínima para tener más posibilidades de detectar los débiles efectos de los dieléctricos. Desplaza el aro alrededor del oscilador deteniéndose en varios puntos, en cada punto gira el aro respecto a su eje vertical mientras observa la intensidad de la chispa inducida, y después en ese mismo punto, y sin mover el aro, lo hace girar respecto a su centro haciendo que el chispero micrométrico recorra desde la posición más baja hasta la más alta, anotando en todo momento la intensidad de la chispa inducida en el aro. De esta forma puede observar y determinar los cambios de fase a diversas distancias del oscilador, además encuentra varias posiciones donde no se observa ninguna chispa en el aro. Deduce que en estas posiciones el chispero se encuentra en un nodo de tensión, y por tanto es como si estuviera en equilibrio. Además interpreta estos cambios de fase como una primera indicación de una velocidad de propagación finita.

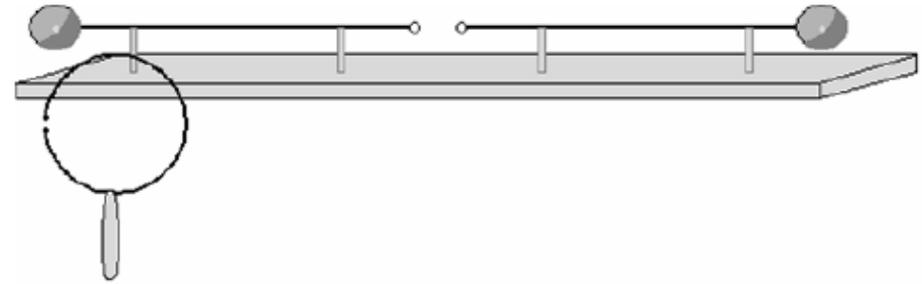


Fig. 1a. Posición de mínimo

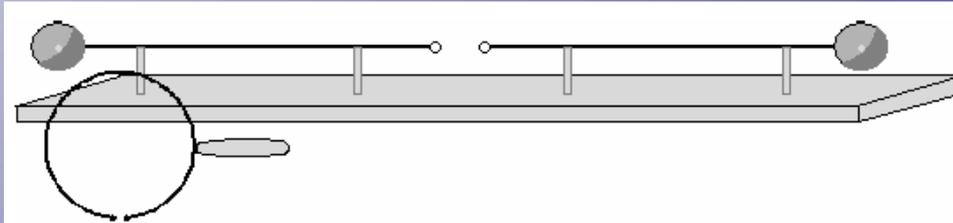


Fig. 1b. Posición de máximo

#### 4. “Efectos electromagnéticos producidos por las perturbaciones eléctricas en los aisladores” 1887

En este experimento se aprovecha de los puntos de equilibrio que ha encontrado. Prepara un aparato mediante el cual puede situar el aro en un punto fijo, hacerlo girar sobre su eje central hasta hacer desaparecer la chispa, e insertar un dieléctrico para medir su efecto. En la Fig. 2a se muestra una fotografía del aparato original de Hertz, en la Fig. 2b se muestra esquemáticamente el mismo. Primero se ha de girar el aro mientras funciona el aparato hasta que dejan de observarse chispas en el chispero micrométrico. Después se sitúa un bloque aislante entre las placas de los extremos del oscilador, vuelven a aparecer las chispas en el aro. Luego, manteniendo el bloque dieléctrico, se gira otra vez el aro hasta hacer desaparecer las chispas y se mide el ángulo de diferencia entre la posición de nulo antes y después de introducir el bloque aislante.

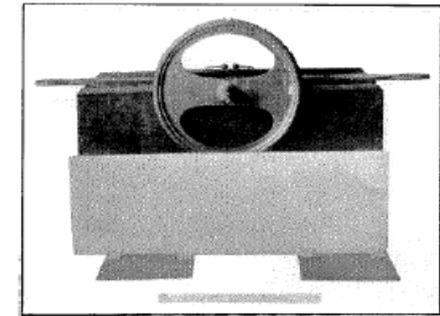


Fig. 2a.

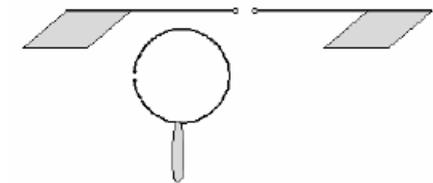


Fig. 2b. El aro se encuentra en un punto nulo, en esta posición no se observa ninguna chispa.

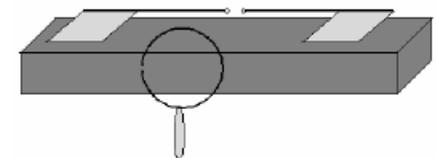


Fig. 2c. Al colocar un bloque aislante vuelven a aparecer chispas en el aro.

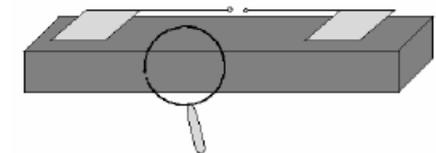


Fig. 2d. Al girar unos grados el aro se obtiene de nuevo el punto nulo. El bloque aislante ha desplazado unos grados la posición del punto nulo.

## 5. “La velocidad de propagación de las acciones eléctricas es finita” 1888

El método que se propone usar es 1º, medir la velocidad de las perturbaciones (ondas) que viajan por un hilo midiendo la distancia entre dos nodos en la onda estacionaria que aparece al combinarse la onda directa con la onda reflejada en el extremo del hilo, y relacionar esta distancia con la frecuencia

Para medir la velocidad de las ondas en el hilo Hertz se aprovechó de las ondas estacionarias que aparecen en un hilo cuando se deja su extremo libre. Recorriendo este hilo (12 m) con su aro no tuvo ningún problema para encontrar los nodos donde la señal era nula. La velocidad se obtiene simplemente al relacionar la distancia entre dos nodos y la frecuencia de la onda (obtenida por cálculo a partir de los datos del circuito oscilador). Aquí Hertz cometió un error al calcular la frecuencia, calculó una frecuencia

2º, eliminar la onda reflejada en el hilo para obtener una onda progresiva, y analizar simultáneamente con el aro la onda que ha viajado por el hilo y la onda que ha viajado por el aire. Si las velocidades son las mismas (como predice la teoría de Maxwell) la fase ha de ser la misma

Para medir la velocidad de las ondas en el aire Hertz alargó el hilo, lo hizo salir por una ventana, y lo hizo terminar a tierra tras recorrer 60 m. De esta forma eliminaba la onda reflejada y no aparecía ninguna indicación de onda estacionaria en el hilo. Después examinó con el aro el espacio cercano al hilo donde la intensidad de la onda que viaja por el hilo y la onda que viaja por el aire han de ser aproximadamente iguales.

## 6. “Las ondas electromagnéticas en el aire y su reflexión” 1888

Durante los experimentos anteriores había observado unos fenómenos que parecían apuntar a una reflexión de las ondas en las paredes. Esto

le dio la idea de colocar una plancha metálica en un extremo de la habitación y provocar una onda estacionaria entre esta plancha y el oscilador.

pasillo con las mesas y escritorios. Detectó rápidamente los nodos de la onda estacionaria que se formaba.

## 8. "La radiación eléctrica" 1888

En los experimentos que aparecen en este papel demuestra que las perturbaciones electromagnéticas siguen en todo momento las leyes de la óptica, de hecho, en los experimentos de Hertz estamos repitiendo los experimentos de Fresnel a una escala un millón de veces mayor.

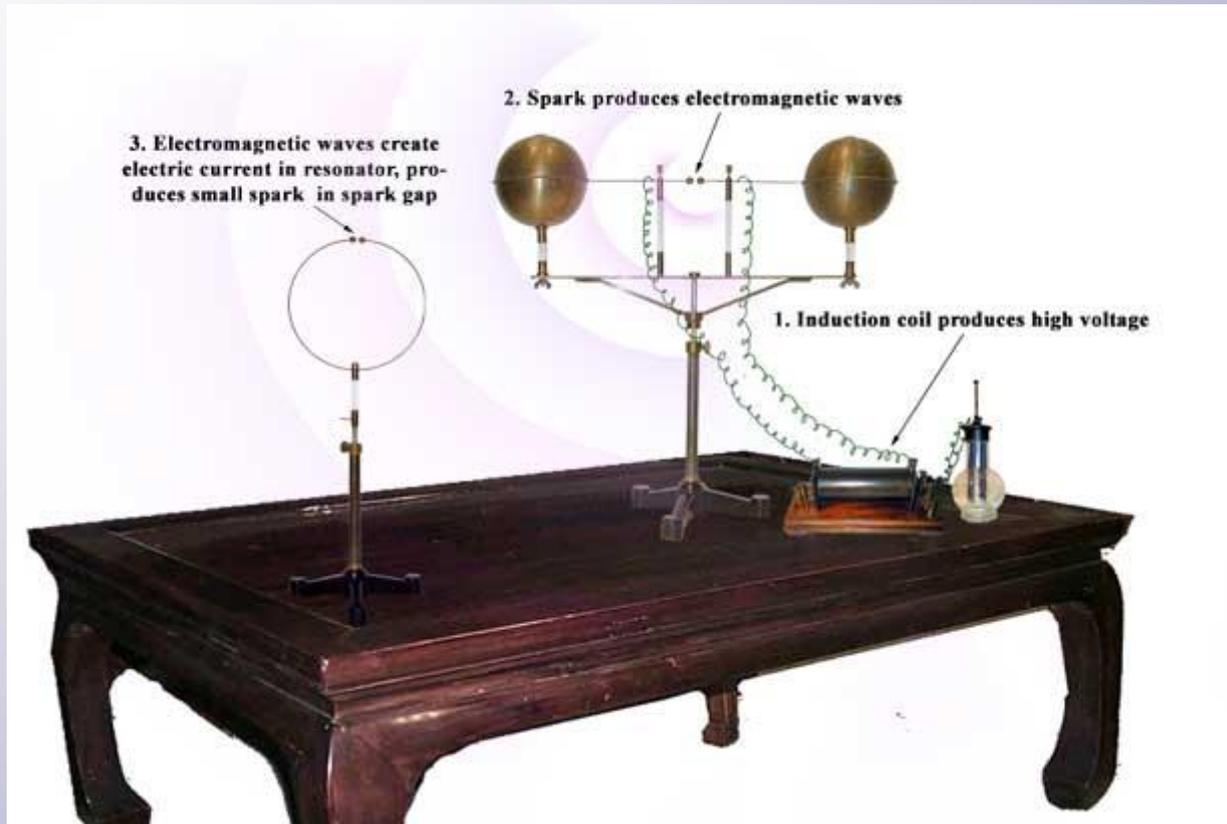
Para hacer estos experimentos tuvo que reducir la longitud de onda hasta una décima parte (= 33 cm) Con estas ondas y un espejo cilíndrico parabólico de 2 x 2 metros consiguió concentrar las ondas en un haz similar a un rayo. En el receptor usó un espejo similar. Los experimentos que hizo con este rayo fueron:

Observación de sombras al interponer una plancha metálica entre ambos espejos; reducción de la intensidad (oscurecimiento) al cruzar una persona por el haz; observación de la difracción al colocar dos planchas metálicas, una a cada lado del haz, y acercarlas poco a poco hasta detener la acción; medición del ángulo de incidencia en los experimentos de reflexión; repetición de los experimentos ópticos de polarización con un marco de madera de 2 x 2 metros sobre el que se tendió una red de hilos paralelos separados por 3 cm.; reflexión del haz en la pantalla de hilos paralelos y confirmación de la analogía total con los experimentos de reflexión en una lámina de turmalina en óptica; refracción del haz en un gran prisma de asfalto (1,2 m de lado y 1,5 m de alto, con un peso de 550 kg.), midió una desviación de 22°, lo que resulta un índice de refracción de 1,69, el índice de refracción para la luz de los materiales similares está entre 1,5 y 1,6.

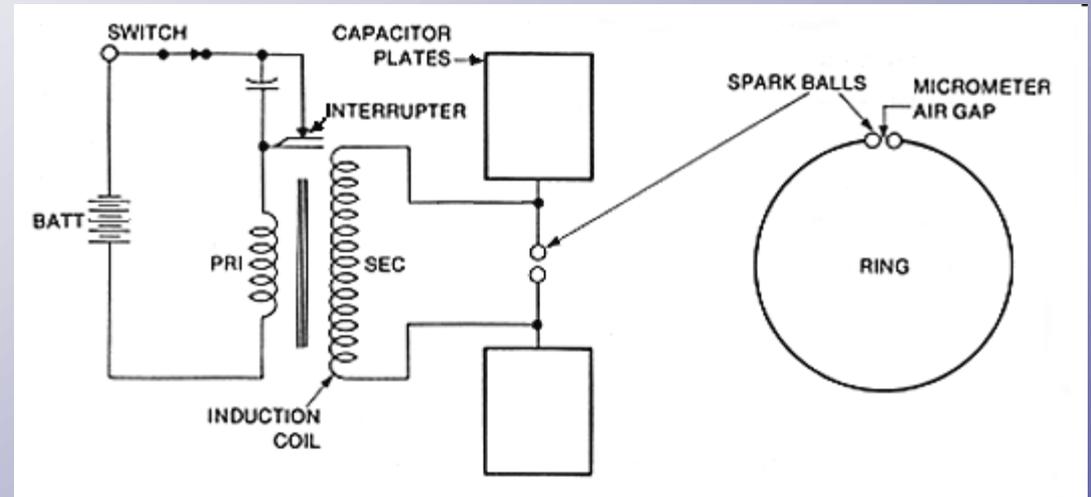
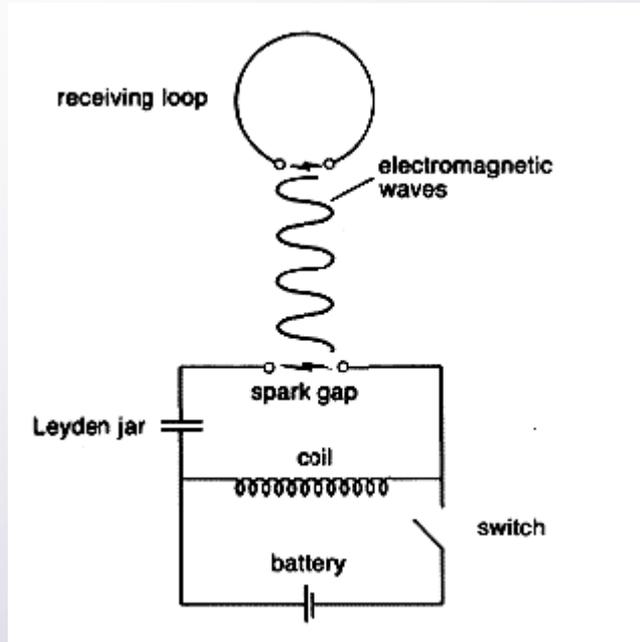
## 9. "Propagación de las ondas eléctricas por medio de hilos" 1889

Se sabía desde hace tiempo que cuando fluye una corriente eléctrica continua por un hilo esta corriente circula por toda la sección del hilo, pero si la corriente es variable la auto-inducción hace que se modifique la distribución de la corriente y tiende a concentrarla hacia el exterior. Pero cuando la corriente cambia varios millones de veces por segundo se confina a una película muy fina. En estos casos extremos es difícil aplicar las teorías antiguas, sin embargo la teoría de Maxwell lo explica sin dificultad. Hertz se propuso investigar lo que ocurre en el interior de un hilo por el que circula una onda electromagnética, y medir la profundidad que alcanza la corriente. Para examinar lo que ocurre en el interior tendió 24 hilos en paralelo que formaban una especie de tubo. Examinó el espacio interior con un aro pequeño y probó que no podía observar ninguna acción eléctrica en su interior.

Objetivo: desarrollar un dispositivo simple y de bajo costo que permita reproducir los experimentos de Hertz.



## Diagrama de componentes:



Los componentes básicos son:

Fuente de tensión

Capacitor

Interrupción

Espira de múltiples vueltas (transformador)

**FUENTE DE TENSIÓN:** Se estudiarán distintas alternativas para la fuente de tensión, en función de la capacidad de energía a entregar:



Pilas, baterías.



Convertidores CA/CC: cargador de celular, de PC, fuentes de uso general.

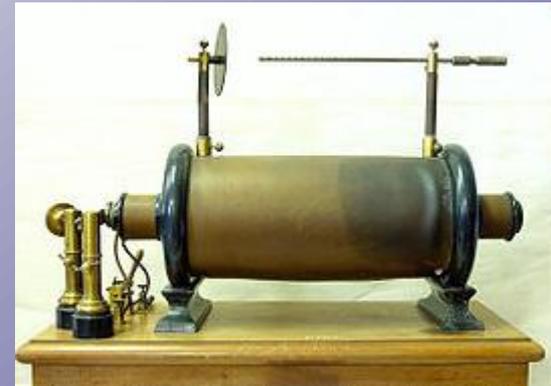
Finalmente, conectamos el embobinado primario a una fuente de 18 V.

## Espira de múltiples vueltas (transformador)

El modelo consta de un embobinado primario de alambre calibre 18 de 20 vueltas sobre un tubo de PVC y un embobinado secundario sobre el anterior de aproximadamente 20,000 vueltas. Dentro del tubo de PVC se introdujo un núcleo de hierro dulce; la bobina está planeada para generar alrededor de 10,000 V.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Frecuencia de las ondas generadas

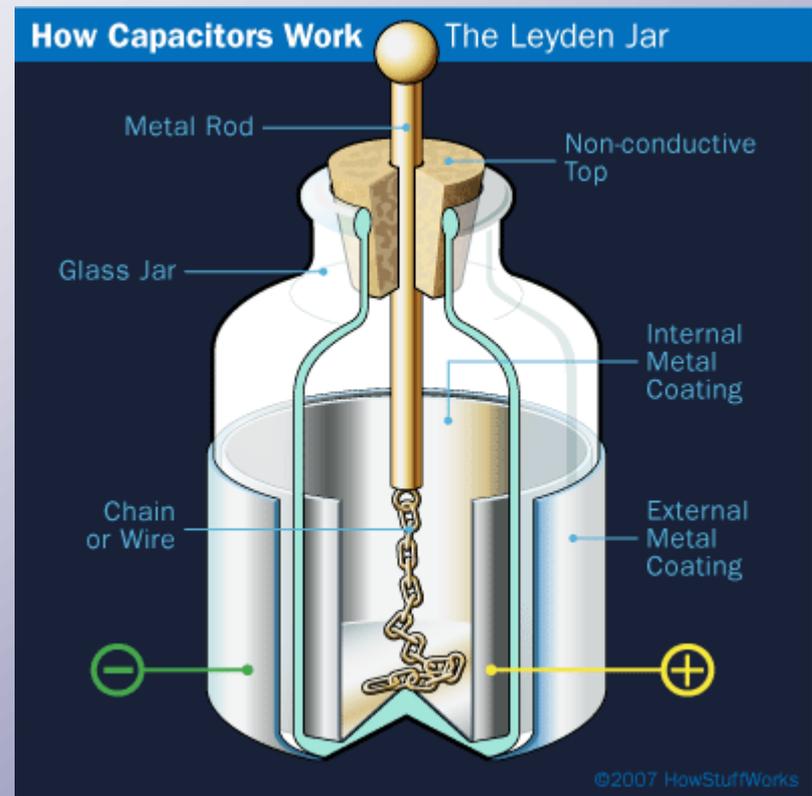


**Ruhmkorff coil**

¿Bobinas de ignición de automóviles?

Calibre 18: aproximadamente 1 mm de diámetro.

# Capacitor



Jarra de Leyden

Esferas metálicas = esferas de telgopor cubiertas por papel España (cobre) o papel aluminio.