

# PRÁCTICA 4

## CAPACITORES

Prof. Fís. Maris Sofía Flores-Cruz, Ayudante: Miguel Angel Amaya Reyes.  
Tomado del manual del Dr. Omar Guillermo Morales Saavedra.

### 1. OBJETIVOS

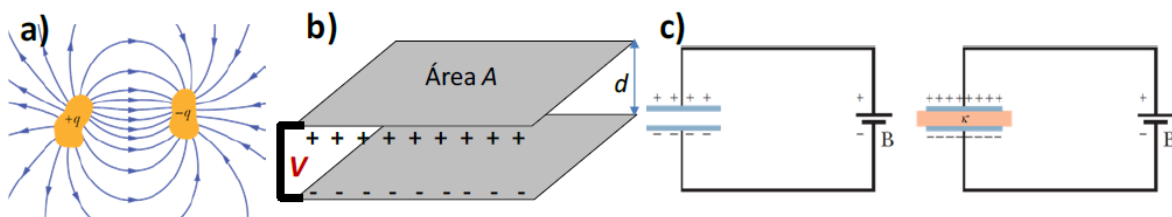
- 1.1. Identificar las partes físicas que constituyen un capacitor, explicar su funcionamiento y analizar las ecuaciones que describen el funcionamiento del capacitor.
- 1.2. Medir la capacitancia  $C$  de un capacitor y obtener el valor de la constante dieléctrica  $\kappa$  de diferentes medios dieléctricos.

### 2. MATERIAL

- Multímetro RCL.
- Pares de placas de aluminio.
- Diferentes dieléctricos.
- Vernier.
- Cables conectores
- Soporte para placas
- Pinzas de presión

### 3. INTRODUCCIÓN

Un capacitor es un dispositivo que está constituido por dos conductores (de cualquier forma y geometría) eléctricamente aislados uno del otro y de sus alrededores (véase **Figura 1.a**); un capacitor se emplea comúnmente para **almacenar energía eléctrica**: cuando se conecta un capacitor a una fuente de voltaje, los electrones (cargas negativas) tratan de moverse de un extremo de la fuente a otro, pero como hay un material dieléctrico en el camino, no pueden pasar y se acumulan en los conductores que forman el capacitor (a estos conductores se les llaman placas, independientemente de su forma). Este proceso proporciona cargas iguales y de signo contrario en los conductores. Si se desconecta la fuente de voltaje, las cargas que se habían acumulado no encontrarán un camino que les permita abandonar a los conductores, por lo que quedarán atrapadas en el dispositivo, el cual queda cargado y almacena energía eléctrica



**Figura 1.** **a)** Dos medios conductores aislados actúan como un capacitor; **b)** Diagrama de un capacitor de placas plano-paralelas; **c)** Un capacitor con un medio dieléctrico sujeto a una diferencia de potencial, proporcionada por una batería  $B$ , acumulará más carga que un capacitor sin un medio dieléctrico.

Cuando un capacitor está *cargado*, sus placas tienen cargas de la misma magnitud pero de signos opuestos:  $+q$  y  $-q$ . Sin embargo, se referirá como  $q$  a *la carga de un capacitor*, es decir, la carga almacenada en un capacitor es el valor absoluto de la carga  $q$  en cada una de sus placas.

**NOTA:** es importante notar que  $q$  **NO es la carga neta en el capacitor**, pues esta última es cero, ya que:  $+q + (-q) = 0$ .

Debido a que las placas son medios conductores, éstas son superficies equipotenciales, es decir, todos los puntos sobre la superficie de la placa tienen el mismo valor de potencial eléctrico, y existe una diferencia de potencial,  $V$ , entre las dos placas. Así la carga  $q$  y la diferencia de potencial  $V$  para un capacitor son proporcionales entre sí:

$$q = CV \quad (1)$$

A la constante de proporcionalidad  $C$  se le llama la *capacitancia* del capacitor, y su valor depende ÚNICAMENTE de la geometría de las placas conductoras y NO de la carga ni de la diferencia de potencial. La capacitancia es una medida de cuánta carga debe ser almacenada en las placas para producir una cierta diferencia de potencial entre ellas: *entre más grande la capacitancia, más carga será requerida*.

Las unidades en el SI para la capacitancia son *coulomb por volt*, y se le llama *farad* [ $1F=1C/V$ ]. El *farad* es una unidad muy grande (se requerirían placas con dimensiones de  $km^2$  para obtener capacitancias de decenas de *farad*), por lo que es más conveniente usar capacitancias con valores de *microfarad* ( $\mu F=10^{-6}F$ ) y *picofarad* ( $pF=10^{-12}F$ ).

### Capacitor de placas plano-paralelas.

La geometría más sencilla para tener un capacitor es emplear un par de placas planas y paralelas de las mismas dimensiones y geometrías (generalmente rectangulares, véase **Figura 1.b**). Sea entonces un capacitor en el espacio vacío (con permitividad  $\epsilon_0$ ) conformado por dos placas planas y paralelas, ambas de área  $A$  separadas una distancia  $d$  entre sí, conectadas a una batería que proporciona una diferencia de potencial  $V$ ; su capacitancia está dada por:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2)$$

Cabe mencionar que esta ecuación es válida para cualquier configuración de placas planoparalelas independientemente de su geometría (circulares, triangulares, rectangulares, etc.).

### Constante dieléctrica.

Si se llenase el espacio vacío entre las dos placas con un medio *dieléctrico* (una sustancia aislante como el vidrio, plásticos y algunas resinas naturales), se encontrará que la capacitancia se *incrementa* por un factor  $\kappa$  al que se le llama *constante dieléctrica* de un medio aislante. Entonces, en una región del espacio completamente llena por un medio dieléctrico, todas las ecuaciones de la electrostática que contengan el valor de  $\epsilon_0$  se verán modificadas al reemplazar por  $\kappa\epsilon_0$ . Por lo tanto, si en el capacitor de placas plano paralelas se tiene un medio dieléctrico llenando el espacio entre éstas, la **Ecuación 2** tomará la siguiente forma:

$$C = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (3)$$

De lo anterior y considerando la **Ecuación 1**, si en el capacitor se mantiene constante la diferencia de potencial, el efecto del dieléctrico es incrementar la cantidad de carga entre las placas (véase **Figura 1.c**). Por otra parte, si se mantiene constante la carga en las placas, el efecto del dieléctrico es reducir la diferencia de potencial entre las placas.

**NOTA:** Es importante notar que  $\kappa$  es un parámetro adimensional, y puede encontrarse en la literatura con el nombre de permitividad relativa  $\epsilon_r$ : si se tiene un medio con permitividad  $\epsilon$ , entonces  $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$ , por lo que  $\kappa$  y  $\epsilon_r$  son adimensionales.

#### 4. ACTIVIDADES A REALIZAR

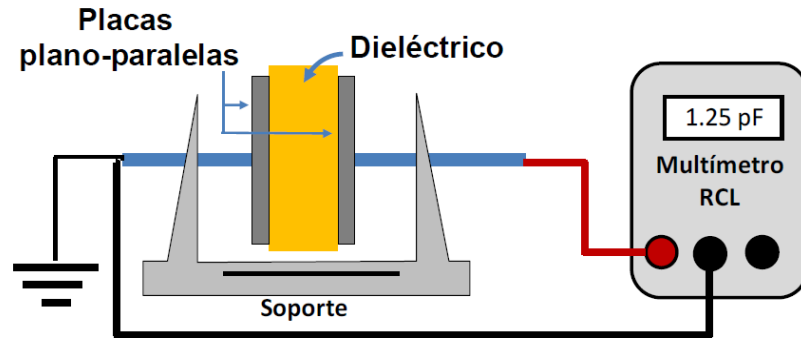
- 4.1.** Identificar las partes que constituyen un capacitor. En equipo discute y realiza un análisis breve de cómo se comportará un capacitor al modificar los diferentes parámetros que lo conforman como son el área de las placas  $A$ , la distancia de separación  $d$ , y el medio dieléctrico interno (representado por  $\kappa$ ).
- 4.2.** Medir la constante dieléctrica  $K$  de diferentes medios. Para esto, se construirá un capacitor de placas plano-paralelas utilizando las placas de aluminio y diferentes medios dieléctricos.
- a)** Primeramente se seleccionarán pares de placas del mismo diámetro y se colocarán en el soporte (ver **Figura 2**). Escójase un material que servirá como dieléctrico de forma que el área de las placas sea igual o menor a la superficie del dieléctrico seleccionado. Construye el capacitor de placas plano-paralelas formando un “sándwich” con las placas y el dieléctrico en medio. Dado que las placas pueden estar deformadas, se puede emplear cinta “masking-tape” para mantenerlas firmes y en su lugar. **NOTA:** El ancho del dieléctrico debe ser tal que la distancia  $d$  entre las placas sea  $0.1 < d < 1.0$  cm.
- b)** Una vez construido el capacitor, se conectará el multímetro a cada placa. Este equipo se debe colocar en el modo de medida de capacitancia.
- c)** Mide la capacitancia. Para esto, dependiendo del tipo de dieléctrico que se emplee se tendrán dos configuraciones, ya que se tienen dieléctricos rígidos (formados por un bloque de material como vidrio o madera) y en películas (como papel periódico o láminas de acetato):
- Si el dieléctrico es **rígido**: mídase la capacitancia en el capacitor cuando el dieléctrico está presente y después cuando el dieléctrico se remueve, es decir, cuando el medio entre las placas es aire, asegurando que la distancia  $d$  no se modificó entre las medidas.
  - Si el dieléctrico es en **película**: mídase la capacitancia para un diferente número de películas. Claramente, en este caso la distancia  $d$  se ve modificada cada vez que se inserta o se quita una lámina o película de dieléctrico. Tómense alrededor de diez medidas diferentes sin salir del intervalo para  $d$  mencionado en **a)** de **4.2**.
  - **IMPORTANTE:** para el caso en que se tenga aire como medio dieléctrico, se considerará a éste como en formato de película, es decir, se deberán realizar diferentes medidas de la capacitancia para diferentes valores de  $d$ .
- d)** Realiza las mismas medidas para diferentes juegos de placas de diferente área (al menos utiliza tres áreas diferentes).
- e)** Con los valores obtenidos y con ayuda de la **Ecuación 3**, obtener los valores de  $\kappa$  para los diferentes medios dieléctricos empleados:

#### Sugerencias para el análisis de resultados:

- Para los casos de dieléctrico **rígido**: obtén los valores de  $\kappa$  sustituyendo los datos obtenidos directamente.

- Para los casos de dieléctrico en **película**: muestra una tabla con los valores obtenidos de la capacitancia  $C$  para cada valor de  $d$  y de  $A$ . Grafica los valores de  $d$  vs  $C$  para cada área diferente. ¿Qué forma presentan las curvas obtenidas en estas gráficas? Realiza los cambios de variable que sean necesarios para obtener una relación lineal entre las diferentes variables. A partir de esta última relación, obtén el valor de  $\kappa$  para cada medio por el método de mínimos cuadrados.

**NOTA:** Todos los fenómenos que se observen deberán ser analizados y discutidos en detalle.



**Figura 2.** Diagrama del arreglo experimental. Las placas plano-paralelas pueden tener sección transversal rectangular, circular, etc.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Robert Resnick, et. al., *Física*, Volumen II, Grupo Editorial Patria, 5ta edición, México: 2002 .
- [2] Bertha Oda, *Introducción al análisis gráfico de datos experimentales*, Facultad de Ciencias, UNAM, 3ra edición, México: 2008.