



Práctica 1: Condensador de placas planas y paralelas

1. Objeto de la práctica

En esta práctica se estudiará la capacidad de un condensador plano y se determinará la permitividad del vacío y de un material dieléctrico.

2. Fundamento teórico

2.1. Capacidad de un condensador

Un condensador es un dispositivo formado por dos conductores separados por un material aislante (dieléctrico), ambos conductores tienen la misma carga pero de signo opuesto y ésta es proporcional a la diferencia de potencial entre ellos.

$$Q_+ = C(V_+ - V_-) \quad Q_- = -Q_+ = C(V_- - V_+),$$

siendo C la capacidad del condensador. Cuando la carga se mide en coulombios y la tensión en voltios, la capacidad está en *faradios*. En la mayoría de las situaciones prácticas la capacidad es muy pequeña, por lo que se emplean submúltiplos como el microfaradio o el nanofaradio.

2.2. Capacidad de un condensador plano

Un condensador plano está formado por dos placas conductoras paralelas de superficie S y separadas una distancia d . Si las placas están muy próximas (d es mucho menor que las dimensiones de la placa) se puede suponer que el campo eléctrico total es la superposición de los campos de dos planos infinitos de carga, resultando nulo el campo eléctrico fuera del conductor. En su interior el campo eléctrico es uniforme y su expresión es

$$\vec{E} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \vec{i},$$

siendo ϵ_0 la permitividad del vacío. La diferencia de potencial entre las placas es

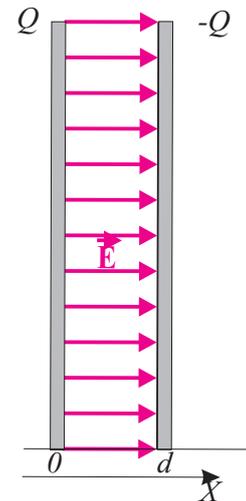
$$\Delta V = V_+ - V_- = - \int_-^+ \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_d^0 E dx = E d = \frac{Qd}{\epsilon_0 S},$$

y su capacidad sólo depende de la geometría:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 S}{d}.$$

Si el condensador plano es circular su capacidad será

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 \pi R^2}{d}. \quad (1)$$



2.3. Condensador relleno de dieléctrico

Si en el espacio entre placas de un condensador se coloca un material dieléctrico (plástico, vidrio,...) el campo eléctrico entre las placas disminuye y por tanto la capacidad del condensador aumenta debido a la presencia de dicho dieléctrico:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}, \quad (2)$$

siendo ε la permitividad del dieléctrico.

Se puede relacionar la capacidad con dieléctrico (C) y la capacidad sin dieléctrico (C_0):

$$\frac{C}{\varepsilon} = \frac{C_0}{\varepsilon_0} = \frac{S}{d}. \quad (3)$$

3. Descripción del instrumental

El material preciso para la realización de esta práctica es:

- Un condensador de placas planas con distancia regulable mediante un micrómetro.
- Un capacímetro.
- Un lámina de dieléctrico
- Un calibre.
- Cables de conexión.

4. Realización de la práctica

4.1. Medidas en el laboratorio

4.1.1. Dependencia de la capacidad con la distancia

1. Colóquense las dos armaduras en contacto y anótese la lectura del micrómetro, x_0 , que nos servirá de referencia para medir distancias entre armaduras durante toda la práctica. No olvidar anotar también la precisión del aparato.
2. Sepárense las placas hasta que la lectura en el micrómetro sea de 20 mm. Ojo: No hay que pasarse de ese valor para que la armadura no llegue al final del recorrido del micrómetro.
3. Mídase el diámetro de las placas con ayuda del calibre.
4. Conéctese el capacímetro al condensador. Fíjese el capacímetro en la máxima sensibilidad y ajústese el valor de la capacidad a 1.6 pF mediante la rueda "Adj.", situada en la parte superior derecha del capacímetro. (Esta pequeña capacidad es la que los cálculos exactos predicen con la separación que hemos establecido entre armaduras).
5. Apáguese el capacímetro.
6. Pónganse en contacto las dos armaduras (posición x_0) y a continuación sepárense las armaduras una distancia de 0.04 mm. Para ello, increméntese la distancia en cuatro marcas del tambor rotante (cada marca corresponde a 0.01 mm). Nótese que las distancias de trabajo van a ser casi inapreciables al ojo.
7. Enciéndase el capacímetro y anótese el valor de la capacidad. Antes de cada medida espérese a que el capacímetro marque un valor estacionario.
8. Para distancias entre 0.04mm y 0.30 mm, espaciadas 0.02 mm, mídase la capacidad.

9. Fíjese una distancia de 1.50 mm entre las placas del condensador (hay que situar el tornillo micrométrico en la posición equivalente a $x_0 + 1.50$ mm). Anótese el valor de la capacidad.

4.1.2. Medida de la permitividad de un dieléctrico

1. Mídase el espesor de la lámina de dieléctrico; para ello colóquela entre las armaduras y acérquense éstas hasta que ambas estén en contacto con la lámina. Anótese la posición del tornillo micrométrico (x_d). El espesor de la lámina será $d = x_d - x_0$. Los cuatro lados de la lámina deben sobresalir.
2. Con la lámina de dieléctrico así intercalada, mídase la capacidad C del sistema.
3. Retírese con cuidado la lámina de dieléctrico separando las armaduras y, una vez quitada, sitúense en la posición original, x_d . Mídase la capacidad C_0 .
4. Apáguese el capacímetro.
5. Desconéctese el capacímetro del condensador.

4.2. Análisis de los datos

4.2.1. Dependencia de la capacidad con la distancia

De acuerdo con la ecuación (1), la capacidad se relaciona linealmente con la distancia entre placas según la ecuación

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{\varepsilon_0 \pi R^2} d. \quad (4)$$

1. Calcúlese la inversa de la capacidad $1/C$ para cada distancia d . Exprésese con cuatro cifras significativas.
2. Representétese gráficamente $1/C$ frente a d .
3. Calcúlese la recta que mejor se ajusta a las medidas experimentales

$$\frac{1}{C} = a + b d.$$

Si se compara con la expresión (4) debería ser

$$a \simeq 0 \quad ; \quad b = \frac{1}{\varepsilon_0 \pi R^2}$$

4. Representétese la recta de mínimos cuadrados en la misma gráfica anterior.
5. A partir de la pendiente de la recta, calcúlese el valor de la permitividad del vacío, ε_0 , y su incertidumbre.
6. Compárese el valor obtenido en el apartado 5 de la permitividad del vacío con el valor real $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ F/m calculando la desviación relativa en tanto por ciento (cien por la diferencia entre el valor obtenido y el real, dividido por este último).
7. La relación lineal (4) sólo es válida si la distancia d entre las placas es pequeña comparada con el radio de ellas, R . A partir de la recta de mínimos cuadrados, para la distancia entre placas de 1.50 mm obténgase el valor de la capacidad C y su incertidumbre. Téngase en cuenta que extrapolando en la recta se obtiene el valor de $1/C$.
8. Compárese el valor extrapolado con el valor medido.

4.2.2. Medida de la permitividad de un dieléctrico

1. A partir de la medida de la capacidad con dieléctrico y de la expresión (2) calcúlese la permitividad del dieléctrico (acetato), ϵ , y su incertidumbre.
2. A partir de la medida de la capacidad con dieléctrico C , sin dieléctrico C_0 y de la expresión (3) calcúlese la permitividad del dieléctrico ϵ y su incertidumbre.
3. Compárese los valores de la permitividad del dieléctrico obtenidos mediante las expresiones (2) y (3).