



Experimento 2: Fuerza sobre un Líquido Dieléctrico

Objetivo:

Observar y medir la relación entre las propiedades del líquido dieléctrico y sus interacciones con el campo eléctrico generado por un capacitor de placas paralelas.

Materiales:

- Placas Paralelas
- Fuente de Poder de Corriente Continúa (DC)
- Líquidos dieléctricos: aceite de ricino (castor oil) y aceite de silicona (AK-350)
- Cubetas
- Regla

Introducción:

En este experimento se estudiará interacción entre un líquido dieléctrico y el campo eléctrico generado por un condensador de placas paralelas.

Cuando un dieléctrico se encuentra sometido a un campo eléctrico, presenta cargas de polarización en su superficie, las que se orientan según la dirección del campo eléctrico, como lo muestra esquemáticamente la figura 1.

La capacidad de un condensador de placas paralelas, con dimensiones como las que muestra la figura 2, donde $d \ll a, b$, está dada por la expresión

$$C = \epsilon \frac{ab}{d} \quad (1)$$

donde $\epsilon = \kappa\epsilon_0$, es la permitividad del medio dieléctrico entre las placas, siendo κ la constante dieléctrica y ϵ_0 la permitividad del vacío.

Si el condensador se mantiene con un voltaje constante, es decir, la batería o fuente de voltaje permanece conectada al condensador, la energía de este cuando está totalmente cargado se encuentra dada por la siguiente expresión

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \quad (2)$$

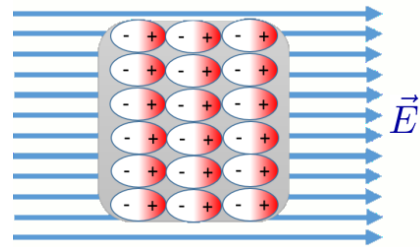


Figura 1: Polarización del dieléctrico en presencia de un campo eléctrico homogéneo.

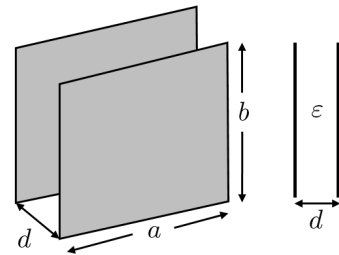


Figura 2: Condensador de placas planas y paralelas.

Aunque en un condensador de placas paralelas se cumpla la condición $d \ll a, b$, el campo eléctrico no se encuentra totalmente confinado en el interior del condensador, sino que es intenso entre las placas y disminuye rápidamente fuera de estas. Esta situación da origen a la presencia de un campo no homogéneo en los bodes del condensador de placas paralelas, que en presencia de un dieléctrico es el responsable de la atracción que experimenta éste hacia en interior del condensador. Cuando el dieléctrico se encuentra en presencia de un campo eléctrico, este se polarizará de acuerdo con la dirección del campo. Por esta razón, las cargas inducidas en el dieléctrico serán atraídas por una fuerza eléctrica neta que, asociada a dirección de las líneas de campo, apunta en dirección paralela a las placas, hacia el interior de estas, como se muestra en la figura 3.

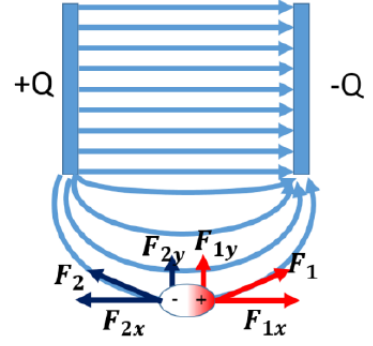


Figura 3: Fuerzas sobre un dipolo eléctrico en el borde de un condensador de placas paralelas.

Luego de la la penetración del dieléctrico al interior del condensador, se tiene una situación como la que muestra la figura 4. En este caso se asume que el espacio no ocupado por el dieléctrico es aire, cuya permitividad es aproximadamente igual a la del vacío.

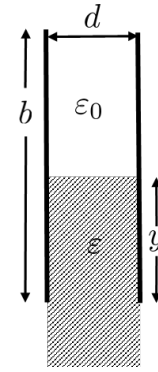


Figura 4: Esquema de un condensador llenado parcialmente con un dieléctrico.

Si dos condensadores, de capacidades C_1 y C_2 son conectados en paralelo, la capacidad equivalente es $C = C_1 + C_2$. Esta es precisamente la situación que representa la figura 4, por lo que la capacidad C' del condensador parcialmente lleno con dieléctrico es

$$C' = \epsilon_0 \frac{a(b-y)}{d} + \kappa \epsilon_0 \frac{ay}{d} \quad (3)$$

Si tanto el condensador con placas separadas por aire como el parcialmente lleno con dieléctrico están sometidos al mismo potencial V , la energía acumulada en cada configuración es

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \quad ; \quad U' = \frac{1}{2}C'V^2 \quad (4)$$

La diferencia de energía entre ambas configuraciones está dada por la energía potencial del dieléctrico que sube en el espacio entre placas hasta la altura h , que está dada por

$$U_h = U' - U = \frac{1}{2}mgy = \frac{1}{2}\rho gady^2 \quad (5)$$

donde ρ es la densidad del dieléctrico, ady es su volumen y $1/2y$ es la altura de su centro de masa.

Combinando las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 se obtiene finalmente que la altura que sube el dieléctrico en el interior del condensador está dada por

$$y = \frac{\epsilon_0(\kappa - 1)}{\rho gd^2}V^2 \quad (6)$$

Procedimiento Experimental

1. Mida cuidadosamente la separación entre placas del condensador.
2. Coloque el condensador en forma vertical dentro de la cubeta de vidrio.
3. Deposite con precaución el líquido dieléctrico en la cubeta, hasta que éste penetre un centímetro sobre la base de las placas.
4. Conecte las placas paralelas a la fuente de alto voltaje.

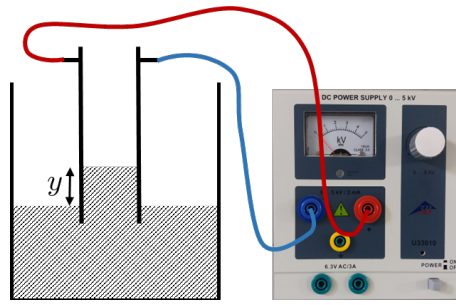


Figura 5: Montaje experimental.

Los voltajes con que se trabaja en esta experiencia son PELIGROSOS

5. Variando el voltaje entre las placas paralelas del condensador, mida para cada voltaje la altura alcanzada por el líquido dieléctrico en el espacio entre placas.
6. Para medir la altura que alcanza el dieléctrico defina cuidadosamente el criterio usado para su determinación.
7. Confeccione una tabla de datos con la información obtenida.

Análisis y procesamiento de datos

1. Considerando la ecuación 6, haga un gráfico de altura máxima en función del cuadrado del voltaje aplicado.
2. Haga un ajuste lineal al gráfico de altura máxima en función del cuadrado del voltaje aplicado.
3. A partir del resultado del ajuste lineal, determine experimentalmente el valor de la constante dieléctrica del líquido usado.
4. Discuta la validez del ajuste lineal y estime el error asociado.
5. Compare el valor encontrado para la constante dieléctrica con el valor de tabla de referencia y discuta la precisión de su resultado, considerando el margen de error de su resultado. Para efectos de cálculos, considere que las densidades del aceite de ricino y de silicona son 960 kg/m^3 y 970 kg/m^3 , respectivamente.