UNIVERSIDAD NACIONAL DE MORENO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Física II

Práctica de laboratorio Nº 2

Fuerza electrostática

Docentes:
Ing. Mario Benacerraf
Ing. Guillermo Gurfinkel

2016

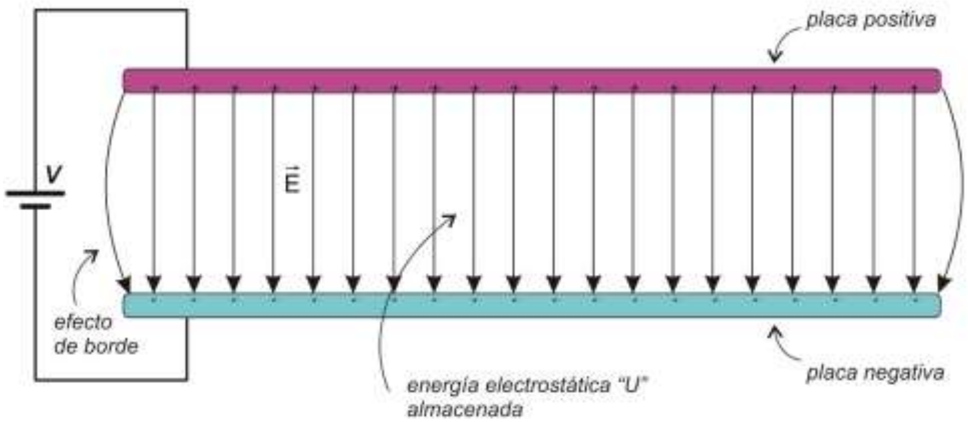
Propósito de la práctica

Es objetivo de este ensayo obtener el valor de la *fuerza electrostática* entre dos placas cargadas. Dichas placas, separadas por una distancia $\boldsymbol{d}$ despreciable frente a sus dimensiones superficiales, es decir su área $\boldsymbol{A}$, se asemejan al *capacitor de placas paralelas ideal*, lo que permite utilizar las expresiones asociadas a dicho capacitor. Las placas se cargan con cargas iguales y opuestas al ser conectadas a una fuente de *alta tensión*, que establece entre ellas una diferencia de potencial de valor adecuado para el experimento. De esta manera, ambas placas poseen cargas de signo opuesto y, por ende, se atraen mutuamente. Esta fuerza de atracción será medida.

Marco teórico

Esquema general

Dado el siguiente esquema teórico de dos placas cargadas a través de una diferencia de potencial regulable V, se crea un capacitor de placas paralelas que nos permitirá medir la fuerza de atracción entre dichas placas.



Las placas cargadas establecen un campo eléctrico uniforme (tanto más uniforme cuanto menor sea la separación entre ellas, con lo que podrá despreciarse el efecto de borde en tal caso).

Fuerza electrostática entre las placas

Conociendo la relación entre campo eléctrico y fuerza que el mismo ejerce sobre una dada carga:

$$\overrightarrow{F_e} = q\vec{E}$$

Tomaremos el campo eléctrico generado por la placa superior $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{Q/A}{2\varepsilon_0}$ y la carga de la placa inferior, cuyo módulo resulta Q

De esta manera $F_e = qE = Q\frac{Q}{2A\varepsilon_0} = \frac{Q^2}{2A\varepsilon_0}$

Recordando que $Q = CV$ tenemos:

$$F_e = \frac{C^2V^2}{2A\varepsilon_0} = \frac{\left(\frac{\varepsilon_0 A}{d}\right)^2 V^2}{2A\varepsilon_0}$$

$$F_e = \frac{\varepsilon_0\, A\, V^2}{2\, d^2}$$

Esta fuerza electrostática será opuesta al peso del plato y su módulo dependerá de los parámetros que figuran en la expresión, es decir la distancia entre placas d, el área A y la diferencia de potencial aplicada V, *de los cuales podemos ajustar fácilmente V, que será entonces nuestra variable de ajuste.*

La aparición de la fuerza electrostática en oposición a la fuerza peso generada sobre la masa del plato por la aceleración de la gravedad ocasiona que la balanza arroje un valor distinto al de la masa real del plato, ya que:

$$ma = \sum F$$

$$mg = P - F_e$$

$$mg = m_0 g - \frac{\varepsilon_0\, A\, V^2}{2\, d^2}$$

$$m = m_0 - \frac{\varepsilon_0\, A\, V^2}{2\, d^2\, g}$$

$$m = m_0 - m'$$

donde
m_0 es la masa real del plato, medida para $V = 0$ (en ausencia de fuerza eléctrica F_e).
m' es una masa ficticia debida a la aparición de una fuerza eléctrica opuesta.
m es la masa medida para un dado valor de V (en presencia de fuerza eléctrica F_e).

La masa ficticia m' resulta entonces

$$m' = \frac{\varepsilon_0\, A\, V^2}{2\, d^2\, g}$$

De esta manera, se procede en primer lugar a pesar la masa del plato m_0 y registrar su valor. Luego, al aplicar la diferencia de potencial entre las placas, dicha medición se alterará en un valor dado por la expresión anterior (m'); esa variación en la medición de la masa nos permite entonces hallar la fuerza electrostática entre las placas:

$$\boldsymbol{F_e = m'g = \frac{\varepsilon_0\, A\, V^2}{2\, d^2}}$$

Esta medición de la fuerza electrostática nos permite calcular el valor de la permitividad eléctrica del vacío, despejándola de la última fórmula:

$$\boldsymbol{\varepsilon_0 = \frac{m'g\, 2\, d^2}{A\, V^2}}$$

Otra perspectiva

Este método nos lleva al mismo resultado, desde otro enfoque.

La energía almacenada por un capacitor es $\boldsymbol{U = \frac{1}{2}CV^2}$ y la capacidad de nuestro "capacitor" conformado por el plato de la balanza y la placa conductora fija es $\boldsymbol{C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}}$ donde $\boldsymbol{A}$ es el "área efectiva", que no es otra que la del plato de la balanza.

De esta manera: $\boldsymbol{U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d}\, V^2}$

Por otro lado, la energía almacenada entre las placas es igual al trabajo necesario para evitar que las mismas se aproximen. Dicho trabajo está dado por la fuerza electrostática y el desplazamiento que la misma ocasiona (y que se traduce en una medición de variación de la masa del plato).

Entonces: $\boldsymbol{U = W = F.d}$, con lo que $\boldsymbol{F = \frac{U}{d}}$ y tomando la expresión de $\boldsymbol{U}$ analizada anteriormente:

$$\boldsymbol{F = \frac{U}{d} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d^2}\, V^2}$$

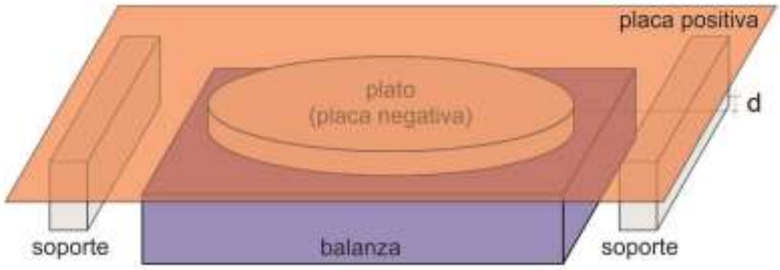
Esta expresión es la misma que se halló con anterioridad, por lo que el procedimiento resulta idéntico.

Equipamiento

- Fuente de tensión regulable.
- Multímetro digital (DMM), en modo Voltímetro.
- Cables de interconexión.
- Placa conductora.
- Balanza.
- Calibre.
- Placas conductoras con diversas formas.

Procedimiento

La medición de la fuerza se realizará manteniendo fija, a través de soportes aislantes, la placa positiva (superior) y utilizando como placa negativa (inferior) el plato metálico circular de una balanza de precisión existente en el laboratorio. El área que llamaremos “efectiva” será entonces la superficie circular del plato, que si bien es menor que la superficie fija superior, determina la concentración espacial de las cargas, que buscarán posicionarse lo más cerca posible entre una y otra placa. El esquema mecánico será el siguiente:



1) Realice un diagrama de la disposición de todos los elementos e instrumental utilizados y sus conexiones eléctricas.

2) Utilizando un calibre tome las medidas de la distancia entre placas $\boldsymbol{d}$ y el área efectiva de las mismas (área del plato $\boldsymbol{A}$).

3) Tome una medición de la masa del plato de la balanza $\boldsymbol{m}$, en ausencia de campo eléctrico $\boldsymbol{V} = \boldsymbol{0}$.

4) Aplique una diferencia de potencial $\boldsymbol{V}$ que le permita registrar un valor adecuado de $\boldsymbol{m'}$.

5) Conociendo $\boldsymbol{m'}$, calcule a partir de su valor la fuerza electrostática entre las placas.

6) Vuelva a realizar los puntos ***4*** y ***5*** para distintos valores de $\boldsymbol{V}$. ¿Qué conclusiones obtiene?

7) Obtenga el valor de $\boldsymbol{\varepsilon_0}$ a partir de $\boldsymbol{m'}$. ¿Qué conclusiones obtiene?