

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LABORATORIO DE FÍSICA BÁSICA III
INFORME No. 1

LEY DE *COULOMB*

Integrantes:

Bastos Lizondo Rosemary.
Blanco Alconz John Brandon.
Caballero Burgoa Carlos Eduardo.
Villena Gutiérrez Ismael Cristian.

Docente:

Ing. Flores Flores, Freddy.

Grupo: G3.

Fecha de entrega: 20 de Marzo del 2021.

1. Evaluación previa

1. ¿A qué llamamos ley de *Coulomb*?

La ley de *Coulomb* también conocida como ley de cargas, tiene que ver con las cargas eléctricas de un material, es decir, depende de si sus cargas son negativas o positivas.

Puede expresarse como: “La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas con las que interactúan dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de la magnitud de ambas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y tiene la dirección de la línea que las une. La fuerza es de repulsión si las cargas son de igual signo, y de atracción si son de signo contrario”.

2. ¿Qué es la permitividad del vacío y qué unidades tiene?

La permitividad de vacío, comúnmente denominada ϵ_0 es el valor de la permitividad dieléctrica absoluta del vacío clásico. Alternativamente, puede denominarse permitividad del espacio libre, constante eléctrica o capacitancia distribuida del vacío. Es una constante física ideal (línea de base). La unidad de medida en el Sistema Internacional es el faradio por metro (F/m).

3. ¿Qué es la capacitancia?

La capacitancia es la capacidad de un componente o circuito para recoger y almacenar energía en forma de carga eléctrica.

Los capacitores son dispositivos que almacenan energía, disponibles en muchos tamaños y formas. Consisten en dos placas de material conductor, generalmente un metal fino ubicado entre un aislador de cerámica, película, vidrio u otros materiales, incluso aire.

4. ¿A qué llamamos corrientes de fuga y cuando ocurre?

En toda instalación eléctrica por el conductor de protección circula corriente a tierra, esta misma tiene por nombre corriente de fuga. Ocurre cuando el aislamiento del conductor está deteriorado, envejecido o tiene algún mal sello, al ocurrir esto corre el riesgo de que el conductor haga contacto con otro cuerpo conductor.

5. ¿Qué cuidados se debe tener para que no ocurra “*leakage currents*” o corrientes de fuga?

Cuantificar la corriente de fuga, identificar su origen, esto se puede hacer mediante una pinza amperimétrica para medidas de corrientes de carga.

6. Mencione cuales creen que son los cuidados que se deben tener con el manejo de fuentes de alta tensión?

Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico sin tensión debemos desconectar todas las posibles alimentaciones a la línea. Puesta a tierra, en el caso de que la línea o el equipo volviesen a ponerse en tensión, bien por una realimentación, o descarga, rayo, se produciría un cortocircuito y se derivaría la corriente de tierra, quedando sin peligro la parte afectada por los trabajos. Realizar inspecciones periódicas de las instalaciones.

2. Objetivos

- Verificar la ley de *Coulomb* determinando la relación de la fuerza como función de la distancia entre dos esferas cargadas igualmente.

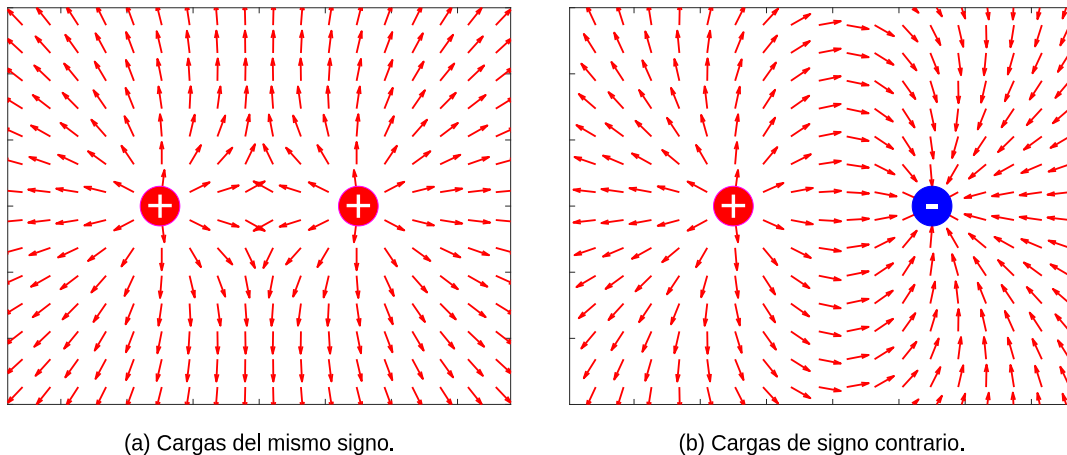
- Estimar el valor de la permitividad del vacío ε_0 .

3. Fundamento teórico

La ley de *Coulomb* llamado así en honor al físico francés *Charles A. Coulomb* quién demostró la siguiente relación:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|Q_1 Q_2|}{d^2} \quad (1)$$

Esta ley enuncia que: "la fuerza eléctrica que ejercen entre sí, dos cargas puntuales en reposo, es directamente proporcional al producto de sus cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Tal fuerza se aplica en los respectivos centros de las cargas y están dirigidas a lo largo de la línea que las une. La fuerza es de repulsión si las cargas son de igual signo, y de atracción si son de signo contrario" véase **Figura 1**.



(a) Cargas del mismo signo.

(b) Cargas de signo contrario.

Figura 1: Comportamiento de la intensidad del campo eléctrico entre cargas puntuales.

4. Materiales

- Simulador «PhET Interactive Simulations» Ley de *Coulomb* (Escala macro).

5. Procedimiento experimental

A continuación se describe el procedimiento experimental que se llevará a cabo.

1. Ir al simulador ubicado en la dirección web: (https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_es.html), tal como se muestra en la **Figura 2**.
2. Establecer las cargas fijas Q_1 y Q_2 .
3. Se procede a elegir una distancia entre las cargas Q_1 y Q_2 y tomar su respectivo valor de fuerza, tomando 8 datos.
4. Registrar las mediciones tomadas, elaborar las gráficas e interpretar los resultados.

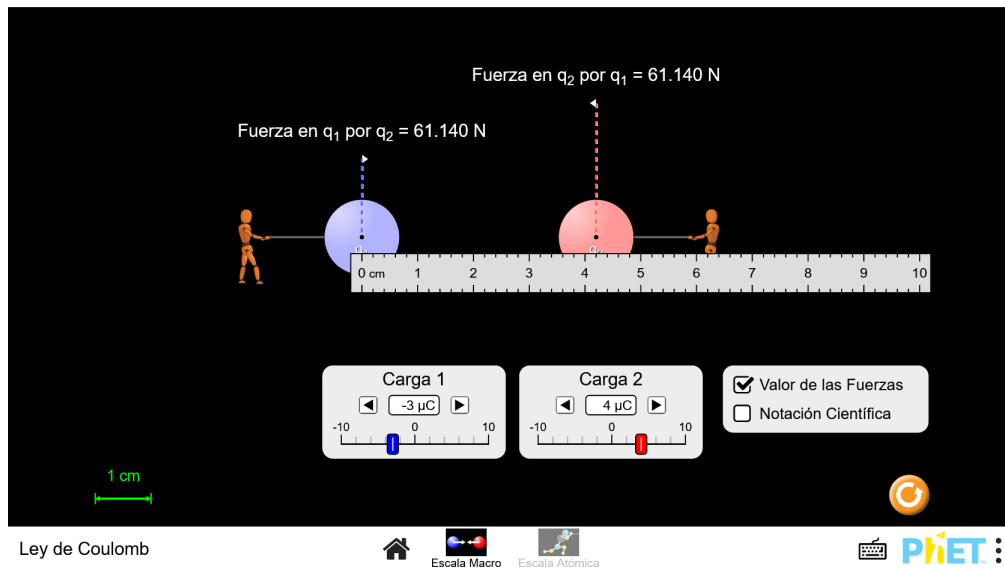


Figura 2: Simulador para la ley de *Coulomb*.

6. Resultados

Carga escogida para la esfera 1:

$$Q_1 = -3\mu C$$

Carga escogida para la esfera 2:

$$Q_2 = 4\mu C$$

En el **Cuadro 1** se presentan los valores de la fuerza eléctrica (F) para diferentes valores de distancia (d).

Precisión del instrumento: 0.2[cm]		
i	$d_i[cm]$	$F_i[N]$
1	1.4	550.258
2	2.0	269.627
3	3.0	119.834
4	4.2	61.140
5	5.0	43.140
6	5.6	34.391
7	6.4	26.331
8	7.8	17.727

Cuadro 1: Mediciones de fuerza y distancia.

A partir de los datos del **Cuadro 1**, se obtiene la gráfica presentada en la **Figura 3**.

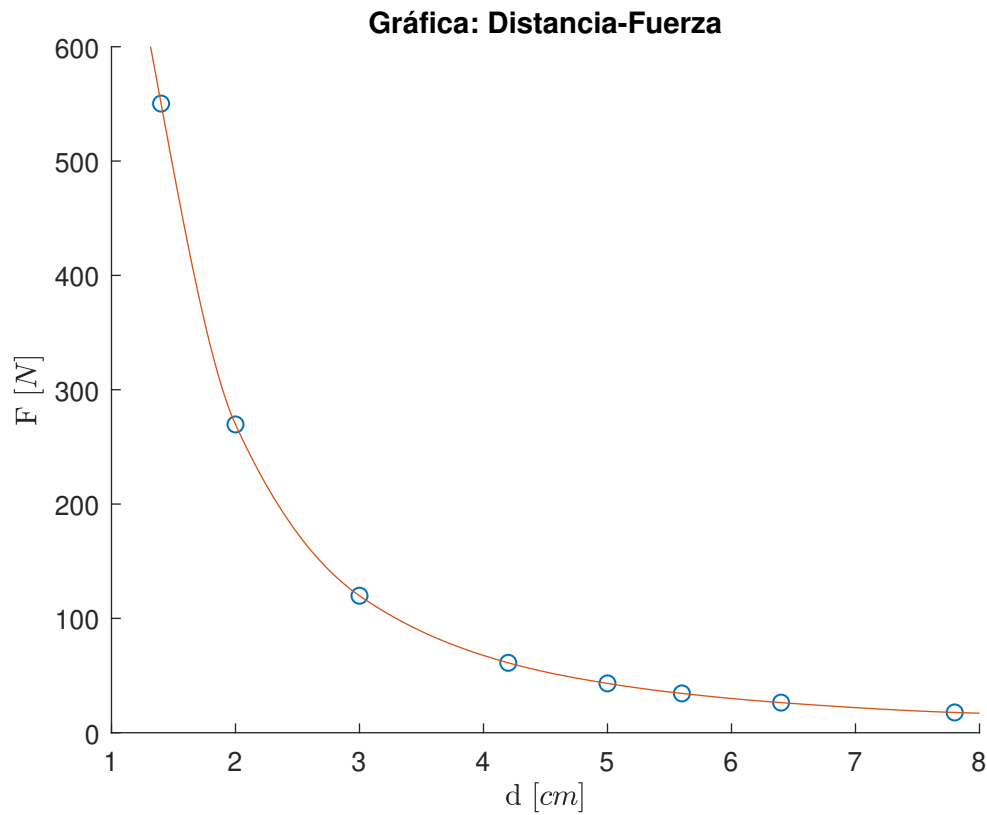


Figura 3: Gráfica de fuerza eléctrica en función de la distancia.

Por la forma de la **Figura 3** el modelo que se asume para la relación funcional es:

$$F = ad^b$$

Aplicando logaritmos a ambos lados de la ecuación obtenemos:

$$\log F = \log a + b \log d$$

Haciendo los siguientes cambios de variables:

$$F' = \log F$$

$$A = \log a$$

$$B = b$$

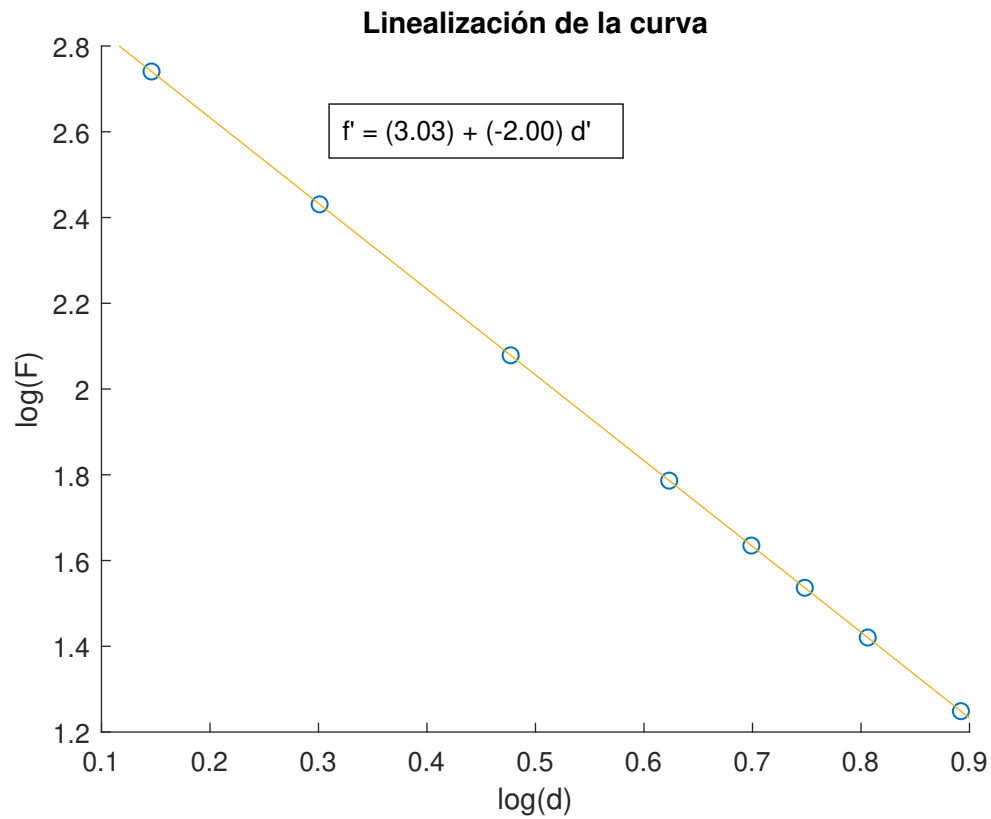
$$d' = \log d$$

Se obtiene:

$$F' = A + Bd'$$

En el **Cuadro 2** pueden apreciarse los valores de la función aplicando logaritmos, tales datos generan la gráfica presentada en la **Figura 4**.

i	d'_i	F'_i
1	0.1461	2.7406
2	0.3010	2.4308
3	0.4771	2.0786
4	0.6232	1.7863
5	0.6990	1.6349
6	0.7482	1.5364
7	0.8062	1.4205
8	0.8921	1.2486

Cuadro 2: Valores logaritmizados.**Figura 4:** Gráfica de la función linealizada.

Calculamos los parámetros de la recta por el método de los mínimos cuadrados, con la ayuda de los datos presentados en el **Cuadro 3**.

$$n = 8$$

$$\sum d'_i = 4.6930$$

i	$d'_i F'_i$	$d_i'^2$	$F_i'^2$	Y	δ_i	δ_i^2
1	0.4005	0.0214	7.5107	2.7406	0.0183×10^{-5}	0.0003×10^{-10}
2	0.7317	0.0906	5.9086	2.4308	0.0805×10^{-5}	0.0065×10^{-10}
3	0.9917	0.2276	4.3205	2.0786	-0.0357×10^{-5}	0.0013×10^{-10}
4	1.1133	0.3884	3.1910	1.7863	0.0798×10^{-5}	0.0064×10^{-10}
5	1.1427	0.4886	2.6728	1.6349	-0.3221×10^{-5}	0.1037×10^{-10}
6	1.1495	0.5598	2.3607	1.5364	-0.2612×10^{-5}	0.0682×10^{-10}
7	1.1452	0.6499	2.0177	1.4205	0.3714×10^{-5}	0.1379×10^{-10}
8	1.1139	0.7958	1.5591	1.2486	0.0689×10^{-5}	0.0048×10^{-10}

Cuadro 3: Valores para el método de mínimos cuadrados.

$$\sum F'_i = 14.8767$$

$$\sum d_i'^2 = 3.2222$$

$$\sum F_i'^2 = 29.5411$$

$$\sum d'_i F'_i = 7.7886$$

$$\Delta_1 = n \sum d_i'^2 - \left(\sum d'_i \right)^2 = 3.7534$$

$$\Delta_2 = n \sum F_i'^2 - \left(\sum F'_i \right)^2 = 15.0136$$

$$A = \frac{\sum F'_i \sum d_i'^2 - \sum d'_i F'_i \sum d'_i}{\Delta_1} = 3.0328$$

$$B = \frac{n \sum d'_i F'_i - \sum d'_i \sum F'_i}{\Delta_1} = -2.0000$$

$$\sum \delta^2 = 3.2909 \times 10^{-11}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum \delta_i^2}{n-2} = 5.4849 \times 10^{-12}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sigma^2 \sum d_i'^2}{\Delta_1}} = 2.1699 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sigma^2 n}{\Delta_1}} = 3.4191 \times 10^{-6}$$

$$A = (3.03 \pm 2.2 \times 10^{-6})[u]; 7.1 \times 10^{-5} \%$$

$$B = (-2.0 \pm 3.4 \times 10^{-6})[u]; 1.7 \times 10^{-4} \%$$

Siendo el coeficiente de correlación:

$$R = \frac{n \sum d'_i F'_i - (\sum d'_i)(\sum F'_i)}{\sqrt{\Delta_1 \Delta_2}} = -1.0000$$

Debido a que estamos trabajando en un simulador ideal, podemos verificar que los resultados para los errores son próximos a cero y el coeficiente de correlación igual a -1.

La ecuación de la recta resultante es:

$$F' = 3.03 - 2.0d'$$

A partir de los parámetros de recta A y B , calculamos los parámetros a y b de la curva original y sus errores por el método de propagación de errores:

$$a = \text{antilog}(A) = \text{antilog}(3.03) = 1078.5$$

$$b = B = 2.0$$

$$e_a = 10^A \ln(10) e_A = 10^{(3.03)} \ln(10) 2.17 \times 10^{-6} = 5.4 \times 10^{-3}$$

$$e_b = e_B = 3.4 \times 10^{-6}$$

Obteniendo finalmente los valores de la curva:

$$a = (1078.5 \pm 5.4 \times 10^{-3}) [cm^2 N]; 5 \times 10^{-4} \%$$

$$b = (-2.0 \pm 3.4 \times 10^{-6}) [u]; 1.7 \times 10^{-4} \%$$

La ecuación de la curva resultante es:

$$F = ad^b = 1078.5d^{-2} = \frac{1078.5}{d^2} \quad (2)$$

Comprobándose la relación entre la Fuerza y la distancia señalada por la ley de *Coulomb*.

Resultado
$F \propto \frac{1}{d^2}$

Se determinará el valor de la permitividad del vacío, igualando la ecuación (1) y la ecuación (2):

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1 Q_2|}{d^2} = \frac{a}{d^2}$$

Y despejando ϵ_0 obtenemos:

$$\epsilon_0 = \frac{|Q_1 Q_2|}{4\pi a} \quad (3)$$

Calculando el valor representativo:

$$\epsilon_0 = \frac{|(-3)(4)|}{4\pi(1078.5)} = 8.8 \times 10^{-4}$$

La derivada parcial es:

$$\frac{\partial \varepsilon_0}{\partial a} = -\frac{|Q_1 Q_2|}{4\pi a^2}$$

Siendo el error de la medición:

$$e_\varepsilon = \frac{|Q_1 Q_2|}{4\pi a^2} e_a = 4.4 \times 10^{-9} \quad (4)$$

Resultando la medición:

$$\varepsilon_0 = (8.8 \times 10^{-4} \pm 4.4 \times 10^{-9}) [\mu C^2 / cm^2 N]; 5 \times 10^{-4} \%$$

Convirtiendo el resultado hallado de la permitividad del vacío a unidades del sistema internacional (SI), obtenemos:

Resultado
$\varepsilon_0 = (8.8542 \times 10^{-12} \pm 4.424 \times 10^{-17}) [C^2 / m^2 N]; 5 \times 10^{-4} \%$

7. Cuestionario

1. **Calcular la diferencia porcentual entre el valor de ε_0 experimental con el valor teórico.**

Siendo la constante teórica de permitividad del vacío:

$$\varepsilon_t = 8.8541878176 \times 10^{-12} [C^2 / m^2 N]$$

Obtenemos una diferencia porcentual de:

$$\left(\frac{|\varepsilon_0 - \varepsilon_t|}{\varepsilon_t} \right) \times 100 = 0.00016 \% \quad (5)$$

2. **Charles A. Coulomb demostró la existencia de la fuerza eléctrica con una balanza de torsión, explique el principio de la balanza de torsión.**

La balanza de torsión (véase **Figura 5**) consiste en dos bolas de metal sujetas por los dos extremos de una barra suspendida por un cable, filamento o chapa delgada. Para medir la fuerza electrostática se puede poner una tercera bola cargada a una cierta distancia. Las dos bolas cargadas se repelen/atraen unas a otras, causando una torsión de un cierto ángulo. De esta forma se puede saber cuánta fuerza, en newton, es requerida para torsionar la fibra un cierto ángulo.

La balanza de torsión se empleó para definir inicialmente la unidad de carga electrostática, pero hoy en día se define a partir de la ley de *Ohm*.

3. **¿Cuál cree que es mejor método para demostrar la Ley de Coulomb, la de la actual práctica o el de la balanza de torsión? Explique su respuesta.**

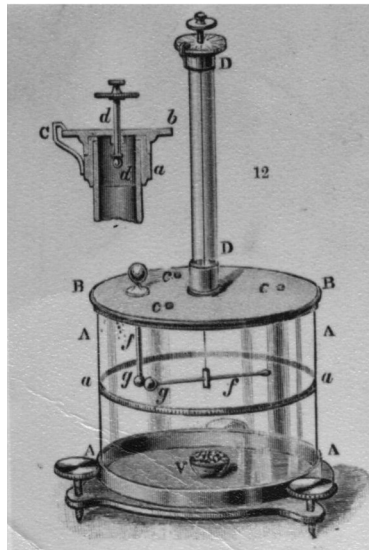


Figura 5: Balanza de torsión.

Dadas las circunstancias, no podemos dar una opinión concisa debido a que no pudimos experimentar de manera presencial los experimentos mencionados, y solo contamos con el simulador para poder obtener los resultados.