

CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD DE LA LEY DE COULOMB

HÉCTOR BARCO R.,* EDILBERTO ROJAS C.*

PC: Coulomb, Electrostática, Balanza, Torsión

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados que muestran como varía la fuerza electrostática con la distancia que separa dos partículas cargadas y un cálculo de la constante de proporcionalidad de la ley de Coulomb.

ABSTRACT

In this article are presented the results that show as varies the electrostatic force with the distance that separates two charged particles and a calculation from the constant from proportion of the law from Coulomb.

Introducción

La ley de Coulomb expuesta en 1784 por Charles Agustín Coulomb establece que la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las carga, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y la dirección es a lo largo de la recta que las une. O sea,

$$\vec{F} = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \hat{u}_r$$

Donde K, es la constante de proporcionalidad, Q_1 y Q_2 los valores de las cargas, r es la distancia que separa las cargas y \hat{u}_r es el vector unitario que indica la dirección de la fuerza \vec{F} .

* Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

En este artículo, se describe un procedimiento que permite el cálculo del exponente de la distancia que separa dos partículas cargadas y la constante de proporcionalidad (K) de la ley de Coulomb. Los resultados se presentan tanto gráfica como numéricamente y se evidencia claramente la validez de una de las leyes más importantes del electromagnetismo.

Descripción experimental

La parte experimental se realizó en las instalaciones del laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

El equipo que se utilizó se muestra en la figura 1 y consta de lo siguientes elementos:

- Balanza electrostática
- Jaula de Faraday
- Fuente de alta tensión
- Electrómetro
- Probador de cargas
- Lámparas
- Multímetro

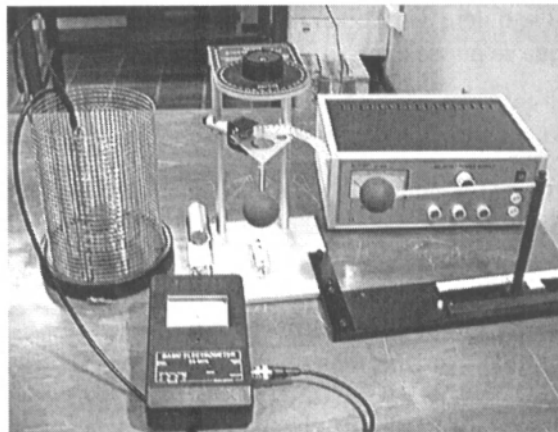


Fig. 1 Elementos utilizados para determinar la constante de proporcionalidad de la ley de Coulomb.

Manteniendo la carga constante en las esferas y variando la distancia entre ellas se tomaron los datos que se muestra en la tabla 1.

θ [Grados]					R [cm]	θ (promedio) [Grados]	B	1/B	θ (Corregido) [Grados]
16	16	15	16	15	8	15.6	0.946	1.057	16.5
12	12	11	11	12	10	11.6	0.972	1.028	11.92
8	8	8	7	7.5	13	7.7	0.987	1.013	7.8
5	5	5	5	5.5	15	5.1	0.991	1.009	5.146
4	3	3	3	3.5	20	3.3	0.996	1.004	3.313
2	2	2	1	1.5	25	1.7	0.998	1.002	1.703

Tabla 1

Donde θ se registra en la balanza electrostática y corresponde al ángulo de deflexión que viene a ser proporcional a la fuerza electrostática, B es un factor de corrección utilizado debido a que las esferas cargadas no se comportan como cargas puntuales y θ corregido es el resultado de multiplicar θ promedio por el factor 1/B.

La ley de Coulomb indica que la fuerza F es inversamente proporcional a r^n , donde n es el exponente que se quiere determinar. El ángulo de deflexión θ es proporcional a la fuerza F, por lo que se puede expresar la relación entre θ y r como:

$$\theta_{\text{promedio}} = br^n$$

donde b es una constante. Tomando los logaritmos naturales en ambos miembros de la igualdad, se obtiene

$$\ln \theta_{\text{promedio}} = n \ln r + \ln b \quad (1)$$

La gráfica de $\ln \theta_{\text{promedio}}$ contra $\ln r$ utilizando los datos de la tabla 1, se muestra en la figura 2.

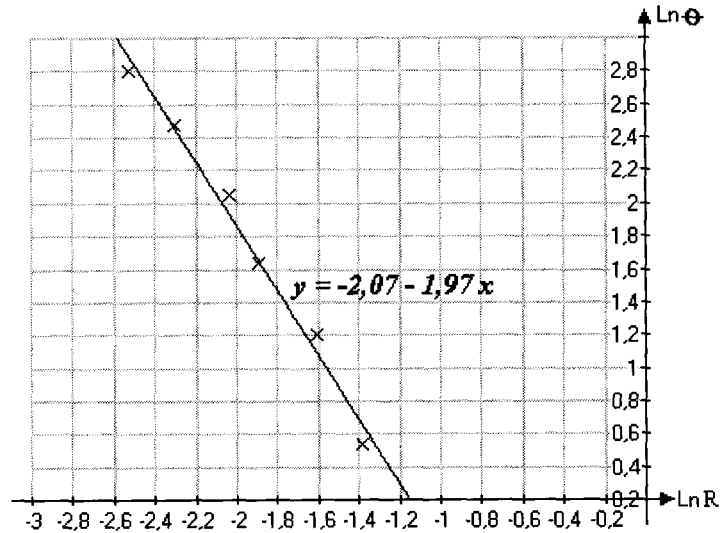


Fig. 2 Gráfica de Ln θ contra Ln r

La gráfica de la figura 2 se comporta como la ecuación (1); con lo cual se puede deducir que la pendiente de dicha gráfica corresponde al exponente n y su valor es 1.97. Este valor difiere del exponente 2 en la ley de Coulomb por un error del 1.5 %.

Cuando se mantiene la distancia constante de 8 cm entre las esferas y se varía el potencial de la fuente para cargar éstas, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 2.

Donde θ corresponde al ángulo de deflexión que se registra en la balanza de torsión para cada potencial aplicado a las esferas.

Suponiendo que las esferas tienen la misma carga Q y que $\theta = AQ^n$, donde A una constante de proporcionalidad y n el exponente de la carga; al tomar logaritmos naturales a ambos miembros de la igualdad se llega a la siguiente expresión.

$$\text{Ln } \theta = \text{Ln } A + n \text{ Ln } Q \quad (2)$$

θ [Grados]					V [KV] Fuente	V [V] Electrómetro	Q [Coul] (Esferas)	θ (promedio) [Grados]	θ (Corregido) [Grados]
15	15	15	15	16	6	85	1.3515×10^{-8}	15.2	16.0
13	13	14	13	13	5.5	80	1.272×10^{-8}	13.2	13.9
11	11	10	10	10	5	70	1.113×10^{-8}	10.4	11
10	9	9	9	9	4.5	65	1.0335×10^{-8}	9.2	9.7
7	8	7	7	8	4	60	9.54×10^{-9}	7.4	7.8
5	6	6	6	6	3.5	54	8.586×10^{-9}	5.8	6.1
4	4	4	4	5	3	45	7.155×10^{-9}	4.2	4.43

Tabla 2

La grafica de $\ln \theta$ como función de $\ln Q$ con los datos de la tabla 2 se muestra en la figura 3.

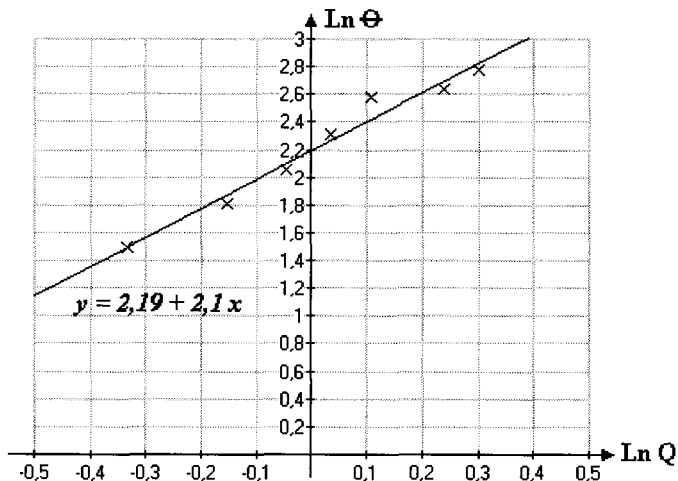


Fig. 3 Gráfica de $\ln \theta$ contra $\ln Q$, manteniendo r constante

Es de anotar que B en la tabla 2, es el factor de corrección y θ corregido es el resultado de multiplicar θ promedio por $1/B$. La pendiente de la gráfica corresponde al exponente n y su valor es 2.1. Este valor difiere del exponente 2 en la ley de Coulomb por un error del 5 %. Que corrobora nuevamente la validez de la ley de Coulomb.

Para calcular la constante de torsión del alambre de la balanza se midió el ángulo de deflexión en ésta para diferentes pesas. Los resultados se ilustran en la tabla 3.

m [mgm]	θ [Grados]	Peso [Nw]
20	18	1.96×10^{-4}
40	27	3.9×10^{-4}
50	32	4.9×10^{-4}
70	45	6.86×10^{-4}
90	59	8.82×10^{-4}

Tabla 3

La gráfica de fuerza F contra ángulo de deflexión θ se muestra en la figura 4.

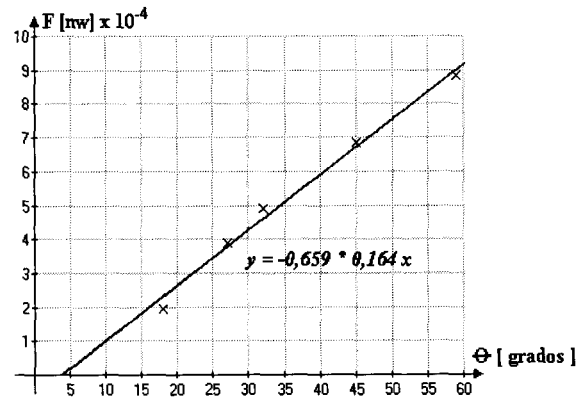


Fig. 4 Gráfica de F como función del ángulo de deflexión θ .

La pendiente de la gráfica obtenida a partir de los datos de esta tabla representa la constante de torsión y su valor es de 0.164×10^{-4} Nw/grados.

Para calcular la constante de Coulomb se utilizan los datos de la tabla 2 haciendo una gráfica de θ corregido en función de Q^2 , como se muestra en la figura 5.

La pendiente de esta gráfica representa $K/K_1 R^2$, donde K es la constante de proporcionalidad en la ley de Coulomb, K_1 es la constante de torsión del alambre de la balanza y R es la distancia que separa las esferas cargadas.

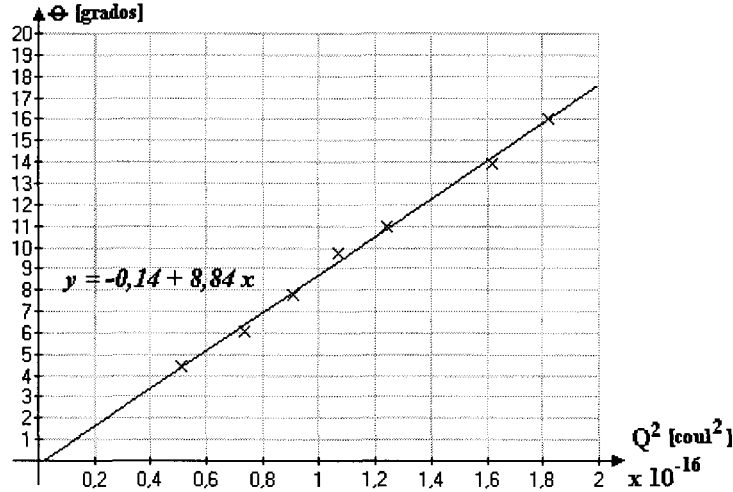


Fig. 5 Gráfica del ángulo de deflexión en función de Q^2 manteniendo R constante

Como $R = 8$ cm, $K_t = 0.164 \times 10^{-4}$ Nw/grados y la pendiente de la gráfica es 8.84×10^{16} grados/coul², se obtiene para la constante de proporcionalidad el valor $K = 9.278 \times 10^9$ Nw.m²/coul², que difiere en 3.09 % del valor establecido por Charles Agustín Coulomb.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la determinación del exponente de r y la constante de proporcionalidad de la ley de Coulomb fueron el producto de muchos ensayos en los que se fueron mejorando las condiciones ambientales del laboratorio y el procedimiento de la toma de datos. El factor que más influyó en la toma de datos fue la humedad del recinto que se minimizó con la instalación de lámparas.

También se observó que la práctica es más confiable realizarla en las horas de la tarde debido a que el ambiente es más seco especialmente cuando la tarde es soleada.

Las experiencias vividas en la realización de estos experimentos son valiosas para que los estudiantes lleguen con más elementos de juicio para una mayor agilización, eficiencia y confiabilidad a la hora de ejecutar dichos experimentos en un ambiente más adecuado.