

Guía de Verano Física 4° Medio

Electricidad

Introducción

Los fenómenos eléctricos y magnéticos son sucesos que experimentamos en nuestro entorno en forma cotidiana. Por ejemplo, los electrodomésticos que usamos a diario en nuestras casas tienen motores en los cuales ocurren fenómenos eléctricos y magnéticos. Los aparatos electrónicos, como el televisor y el computador, también funcionan a partir de mecanismos en los que ocurren fenómenos eléctricos y magnéticos. Pero esto no solo es aplicable a las máquinas, sino que también a tu propio cuerpo, ya que el sistema nervioso funciona gracias a señales eléctricas. En la atmósfera, la electricidad se evidencia cada vez que se producen tormentas eléctricas. Todos estos fenómenos son explicados por una rama de la física llamada electromagnetismo.

Carga eléctrica

El concepto de carga surge de la observación de fenómenos electrostáticos. Todos los cuerpos están formados por átomos que contienen algunas partículas con carga eléctrica; esta es una propiedad intrínseca de las partículas elementales (electrones, protones, neutrones,.....), así como de la masa. Fue Benjamín Franklin (1706 – 1790) quien introdujo el concepto de carga positiva y negativa para poder explicar la interacción electrostática. La carga eléctrica posee las siguientes propiedades:

-) Cada tipo de carga repele a las del mismo tipo y atrae a las del tipo opuesto: cargas iguales se repelen y cargas opuestas se atraen-
-) La carga eléctrica se conserva. Cuando dos objetos inicialmente neutros se cargan al frotarse entre sí, no se crea carga en el proceso, solo se transfieren cargas negativas de un objeto a otro, siendo la cantidad neta de carga eléctrica igual a cero.
-) La carga eléctrica permite cuantificar el estado de electrización de los cuerpos siendo su unidad mínima la carga del electrón $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Esto significa que la carga eléctrica q de un cuerpo está cuantizada y se puede expresar como ne , en que n es un número entero (incluyendo el cero) y e es la carga del electrón.

En el sistema internacional (SI) la carga eléctrica se mide en coulomb C en honor al físico francés **Charles Coulomb** (1736 – 1806) y donde 1 C es la carga obtenida al reunir $6,24 \times 10^{18}$ electrones. También se usan con mayor frecuencia los submúltiplos de coulomb: el microcoulomb μC , que equivale a 10^{-6} C , o el picocoulomb pC , que corresponde a 10^{-12} C .

Conductores y aislantes

Existen materiales por los que pueden circular libremente cargas eléctricas y otros cuyas características impiden la libre circulación de estas.

Un material es conductor cuando sus átomos poseen algunos electrones débilmente ligados y estos se pueden mover con libertad dentro del material. Estos electrones reciben el nombre de electrones libres o electrones de conducción. Dos cuerpos se transferirán carga a través de un conductor hasta que se alcance un equilibrio eléctrico entre ellos. Los materiales que, como los metales, poseen electrones libres y permiten desplazamiento de carga eléctrica a través de ellos son buenos conductores eléctricos.

Un material es aislante cuando es sus átomos los electrones están fuertemente ligados y, por lo tanto, la carga se mueve con gran dificultad. Algunos ejemplos de materiales aislantes son el vidrio, la goma, la porcelana, el plástico, entre otros.

Formas de electrizar un cuerpo

Un cuerpo eléctricamente neutro se electriza cuando gana o pierde electrones. Para que esto ocurra, debe existir en algunos casos un flujo de cargas similares. Analizaremos tres formas básicas de modificar la carga neta de un cuerpo: electrización por **frotamiento**, **contacto** e **inducción**. En todos estos mecanismos siempre está presente el principio de conservación de la carga.

- a. **Frotamiento.** En la electrización por fricción, el cuerpo menos conductor saca electrones de las capas exteriores de los átomos del otro cuerpo, quedando cargado negativamente; y el que pierde electrones, queda cargado positivamente.
- b. **Contacto.** En la electrización por contacto, el cuerpo que tiene exceso de electrones $f_c \text{ carga } Z^A$ traspassa carga negativa al otro, o el cuerpo que tiene carencia de ellos $f_c \text{ carga } \Gamma^A$ atrae electrones del otro cuerpo. Ambos quedan con igual tipo de carga.
- c. **Inducción.** Al acercar un cuerpo cargado (inductor) a un conductor neutro, los electrones de este último se mueven de tal manera que se alejan o aproximan al cuerpo cargado siguiendo la regla fundamental de la electrostática, de tal manera que el conductor queda polarizado. Si se hace contacto con tierra en uno de los extremos polarizados, el cuerpo adquiere carga y una vez retirado el contacto a tierra el cuerpo quedará electrizado con carga distinta a la del cuerpo inductor.

Experimento de Coulomb

Coulomb desarrollo la balanza de torsión, con la que determinó las propiedades de la fuerza electrostática. Este instrumento consistía en una barra que colgaba de una fibra capaz de torcerse. Al girar la barra, la fibra tendía a regresar a su posición original, por lo que, conociendo la fuerza de torsión que la fibra ejerce sobre la barra, es posible determinar la fuerza ejercida en un punto de la barra. Dichas mediciones permitieron determinar que:

La fuerza de interacción entre dos cargas q_1 y q_2 duplica su magnitud si alguna de las cargas dobla su valor; la triplica si alguna de las cargas aumenta su valor en un factor de tres, y así sucesivamente. Concluyó, entonces, que el valor de la fuerza era proporcional al producto de las cargas:

$$F \propto q_1 \text{ y } F \propto q_2 \quad F \propto q_1 q_2$$

Además, Coulomb planteó que si la distancia entre las cargas f_r^A aumentaba en ciertos factores, la fuerza F disminuía en otros.

Fuerza eléctrica

La ley de Coulomb

Al analizar el experimento de Coulomb, la fuerza eléctrica entre dos cargas depende de la magnitud de cada una de ellas y de la distancia que las separa. A partir de los resultados de su experimento, Coulomb enunció una ley que describe la fuerza de atracción o repulsión entre cargas, la que es conocida como **ley de Coulomb**, y es un principio fundamental de la electrostática. Es importante notar que esta ley solo es aplicable al caso de cargas en reposo.

La ley de Coulomb sostiene que: **la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales (q_1 y q_2), separadas una distancia r , es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa**, es decir, va disminuyendo rápidamente a medida que se alejan las cargas entre sí. Esta ley se puede expresar de la siguiente forma:

$$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}$$

Donde la fuerza \vec{F} sobre q_2 , debido a q_1 , tiene la dirección del vector unitario \vec{u} que coincide con la línea recta que une el centro de ambas cargas. Su sentido puede ser atractivo o repulsivo dependiendo del signo de las cargas. K es la constante de proporcionalidad, su valor es aproximado en el SI es $9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

También se calcula como: $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, en que ϵ_0 se denomina **permitividad**

eléctrica en el vacío y su valor en el SI es $8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$.

Es importante destacar que en la ley de Coulomb solo se considera la interacción entre dos cargas puntuales a la vez; la fuerza que se determina es aquella que ejerce una carga q_1 sobre otra q_2 , sin considerar otras cargas que existan alrededor.

Ley de Newton y ley de Coulomb

Una conocida fuerza a distancia es la fuerza de atracción gravitacional, la que fue formulada por Isaac Newton en la ley de gravitación universal y cuya representación matemática es:

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Donde F es la fuerza medida en Newton (N); G es la constante de gravitación universal, cuyo valor en el SI es de $6,67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$; M_1 y M_2 son las masas de

los cuerpos, y r es la distancia entre ellos.

A través de una equivalencia entre las variables, establece un paralelo entre la fuerza de atracción gravitacional y la fuerza eléctrica. ¿Cuál de las dos fuerzas crees que, comparativamente, tiene mayor magnitud?

Ejemplo resuelto 1 (aplicando la ley de Coulomb)

Tres cargas están distribuidas sobre una línea recta. La carga q_1 tiene un valor de $10 \mu\text{C}$, la carga q_2 de $5 \mu\text{C}$ se encuentra a $0,30 \text{ m}$ a la derecha de q_1 y la carga q_3 de $6 \mu\text{C}$ se encuentra a $0,20 \text{ m}$ a la derecha de q_2 . Calcular la fuerza electrostática resultante sobre la carga q_3 debido a las dos cargas.

La fuerza resultante sobre la carga q_3 es la suma vectorial de la fuerza \vec{F}_{31} (fuerza de q_1 sobre q_3) y la fuerza \vec{F}_{32} (fuerza de q_2 sobre q_3).

La magnitud de estas dos fuerzas se calcula mediante la ley de Coulomb como:

$$F_{31} = k \frac{q_3 q_1}{r_{31}^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(6 \times 10^{-6} \text{ C})(10 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,5 \text{ m})^2} = 2,2 \text{ N}$$

$$F_{32} = k \frac{q_3 q_2}{r_{32}^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(6 \times 10^{-6} \text{ C})(5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,2 \text{ m})^2} = 6,8 \text{ N}$$

Este es solo el valor del módulo de las fuerzas. La dirección se obtiene que la fuerza \vec{F}_{31} es repulsiva, por lo tanto, está dirigida hacia la derecha $(+x)$, y la fuerza \vec{F}_{32} , que es atractiva, dirigida hacia la izquierda $(-x)$.

La fuerza resultante sobre q_3 es, entonces: $\vec{F}_R = \vec{F}_{31} - \vec{F}_{32}$

$$\vec{F}_R = 2,2 \text{ N} - 6,8 \text{ N} = -4,6 \text{ N}$$

La fuerza resultante tiene una magnitud de $4,6 \text{ N}$ y está dirigida hacia la izquierda.

Desafío

¿Cuál debe ser la distancia entre dos cargas $q_1 = 5 \mu\text{C}$ y otra $q_2 = 8 \mu\text{C}$ para que el módulo de la fuerza entre ellas sea de $5,3 \text{ N}$?

Guía de Ejercicios

Fuerza Eléctrica (Ley de Coulomb)

- Hallar la fuerza con que se repelen dos cuerpos de $1,4 \mu\text{C}$ y $2,2 \mu\text{C}$ separados $0,8 \text{ m}$ en el vacío.
- Calcular la fuerza con que se atraen en el vacío dos cargas eléctricas de $20 \mu\text{C}$ y $30 \mu\text{C}$ separadas 5 cm .

3.- Hallar la distancia entre dos cargas de $15 \mu\text{C}'$ y $25 \mu\text{C}'$ que se repelen con una fuerza de $6 \text{N}'$ en el vacío.

4.- Dos cargas iguales separadas $8 \text{cm}'$ en el vacío se repelen con una fuerza de $0,225 \text{N}'$. Hallar el valor de las cargas.

5.- Resolver el problema anterior, suponiendo que una carga es cuatro veces mayor que la otra.

6.- Dos cargas eléctricas están separadas una distancia de 10cm . ¿Cuál deberá ser la separación entre las cargas para que la fuerza entre ellas sea:

(a) 4 veces mayor

(b) 4 veces menor?

7.- ¿Cuántos electrones libre existen aproximadamente, en una moneda de cobre de $1 \text{g}'$ si el Cu tiene masa atómica de $63,5 \text{uma}'$? (Suponga que hay un electrón libre por átomo)

8.- Dos cargas de $4 \mu\text{C}'$ y $6 \mu\text{C}'$ están separadas entre si $10 \text{cm}'$. Calcular la fuerza que ejerce sobre una carga de $2 \mu\text{C}'$ colocada:

(a) en el punto medio de la recta que une ambas cargas.

(b) en un punto a $4 \text{cm}'$ de la primera carga, y situado entre ellas sobre la recta que las une.

(c) en un punto a $4 \text{cm}'$ de la primera, situado sobre la recta que las une, pero no entre ellas. ¿En qué punto se debe colocar la carga de $2 \mu\text{C}'$ para que la fuerza neta sobre ella sea cero?

9.- Repetir el problema anterior, suponiendo que la carga de $6 \mu\text{C}'$ es negativa.

10.- Una carga de $100 \mu\text{C}'$ se coloca en un punto $x \text{X}2 \text{m}'$, $y \text{X}2 \text{m}'$; otra carga de $100 \mu\text{C}'$ se coloca en $x \text{X}2 \text{m}'$, $y \text{X}2 \text{m}'$. Calcúlese la fuerza que ambas ejercen sobre otra carga de $10 \mu\text{C}'$, colocada en:

(a) $x \text{X}0 \text{m}'$

(b) $x \text{X}2 \text{m}'$, $y \text{X}4 \text{m}'$

(c) $x \text{X}2 \text{m}'$, $y \text{X}4 \text{m}'$