



PREPARATORIA ABIERTA PUEBLA

ELECTROSTÁTICA

Preparatoria

ELABORÓ

abierta

LUZ MARÍA ORTIZ CORTÉS

Electricidad

- Del vocablo griego elektrón que significa ámbar proviene la palabra **electricidad**. El ámbar es una resina fósil y transparente de color amarillo, que se produjo desde tiempos remotos por árboles que son ahora carbón fósil.
- Tales de Mileto (650-546 a de C) fue un matemático griego que describió los primeros fenómenos eléctricos, como cuando al frotar ámbar con una piel de gato, ésta podía atraer algunos objetos ligeros como polvo, cabellos o paja.
- Benjamín Franklin propuso la construcción del pararrayos en la protección de edificios. El pararrayos consta de una larga barra metálica terminada en punta que se coloca en la parte más alta de un edificio o construcciones y por medio de un cable de cobre se conecta a una plancha metálica enterrada en el suelo.

Electricidad

- El estadounidense Benjamín Franklin contribuyó al aplicar el fenómeno conocido como el poder de puntas en la construcción del pararrayos.
- Franklin observó que cuando un conductor con carga negativa terminaba en punta, los electrones se acumulaban en esa región y ocasionalmente abandonaban dicho extremo por repulsión, fijándose sobre las moléculas de aire o sobre un conductor cercano con carga positiva (carente de electrones).
- Un conductor cargado positivamente atrae a los electrones por la punta, arrancándolos de las moléculas de aire cercanas.

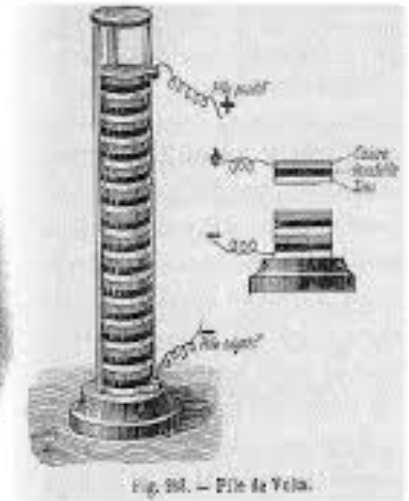
Electricidad

- Charles Coulomb (1736-1806) fue un científico francés que estudió las leyes de atracción y repulsión eléctrica. Inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión por medio del retorcimiento de una fibra fina y rígida a la vez.



Electricidad

- Alessandro Volta (1745-1827) fue un físico italiano que contribuyó notablemente al estudio de la electricidad. Elaboró la primera pila eléctrica combinando dos metales distintos con un líquido que servía de conductor.



Electricidad

- George Ohm (1789- 1854) fue un físico alemán que describió la resistencia eléctrica de un conductor.
- James Joule (1818-1889) fue un físico inglés que estudió los fenómenos producidos por corrientes eléctricas y el calor desprendido en los circuitos eléctricos.
- Varios investigadores que contribuyeron al desarrollo de la electricidad fueron: el estadounidense Joseph Henry (1797-1878), que construyó el primer electroimán; el ruso Heinrich Lenz (1804-1865), enunció la ley relativa al sentido de la corriente inducida; el escocés James Maxwell (1831-1879), propuso la teoría electromagnética de la luz y las ecuaciones generales del campo electromagnético, el yugoslavo Nikola Tesla (1856-1943) inventó el motor asincrónico; el físico inglés Joseph John Tomson (1856-1940) descubrió el electrón, partícula fundamental con carga negativa del átomo.

Electrostática

- La **electrostática** estudia los fenómenos o situaciones que se producen por cargas eléctricas en reposo.
- Electrización. Todas las sustancias pueden electrizarse al ser frotadas con otra sustancia. Una regla de plástico se electriza al frotarla con seda y puede atraer una bolita de unicel; un peine se electriza al frotarse contra el cabello y después atrae a éste o a un hilo de agua, la ropa de nylon se electriza al friccionarse con nuestro cuerpo.



Electrización

- Los cuerpos electrizados se pueden separar en dos grupos:
- El primer grupo constituido por cuerpos cuyo comportamiento es igual al de una barra de vidrio que se frota con seda. Se puede observar que los cuerpos electrizados de este grupo se repelen o rechazan unos a otros. Se dice que estos cuerpos están electrizados positivamente o que al ser frotados adquirieron carga eléctrica positiva.
- Los cuerpos del segundo grupo se comportan como una barra de goma o resina frotada con un trozo de tela de lana. Se puede observar que los cuerpos de este grupo se repelen unos a otros pero atraen a los cuerpos del grupo anterior. Se dice que los cuerpos de este segundo grupo se encuentran electrizados negativamente, o bien, que adquirieron carga negativa cuando se les frotó.

Cargas positivas y negativas

- Se concluye que:

Existen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Las cargas eléctricas del mismo signo se repelen o rechazan y las de signo contrario se atraen.

- El proceso de **electrización** de un cuerpo consiste en la transferencia de carga eléctrica entre los cuerpos que se frotan. Dicha transferencia se efectúa por el paso de electrones de un cuerpo hacia otro.

Electrización

- De acuerdo a la teoría atómica moderna, la materia está constituida por partículas subatómicas fundamentales: protones (de carga positiva), neutrones (sin carga eléctrica) y electrones (de carga negativa). Los protones y neutrones se encuentran en el núcleo atómico y los electrones alrededor de él. Un cuerpo que no está electrizado se dice que tiene neutralidad eléctrica ya que el número de protones es igual al de electrones. Al frotar dos cuerpos entre sí hay una transferencia de electrones de un cuerpo hacia otro. El que pierde electrones tendrá un exceso de protones y quedará electrizado positivamente. El otro cuerpo quedará electrizado negativamente debido a que tiene exceso de electrones.

Conservación de carga eléctrica

- Se debe resaltar que en el proceso de electrización, el número total de protones y electrones no se altera, sólo se produce una separación de las cargas eléctricas, por lo que no hay creación ni destrucción de carga eléctrica.
- **La carga eléctrica total del universo es una magnitud constante, pues no se crea ni se destruye.**

Cabello cargado positivamente
(perdió electrones).

++++
++++

Peine cargado
negativamente
ganó electrones



Carga eléctrica

- La unidad elemental para medir carga eléctrica debería ser la carga eléctrica del electrón pero por ser una unidad muy pequeña se utilizan unidades más grandes de acuerdo con el sistema de unidades empleado.
- La unidad de carga eléctrica en el sistema internacional es el Coulomb:

$$1 \text{ C} = 6.24 \times 10^{18} \text{ veces la carga del electrón}$$

$$\text{La carga de 1 electrón} = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{La carga de 1 protón} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

El coulomb es una unidad de carga eléctrica muy grande por lo que se pueden utilizar comúnmente submúltiplos, como el milicoulomb, el microCoulomb y el nanoCoulomb.

Carga eléctrica

El milicoulomb = 1 mC = 1×10^{-3} C

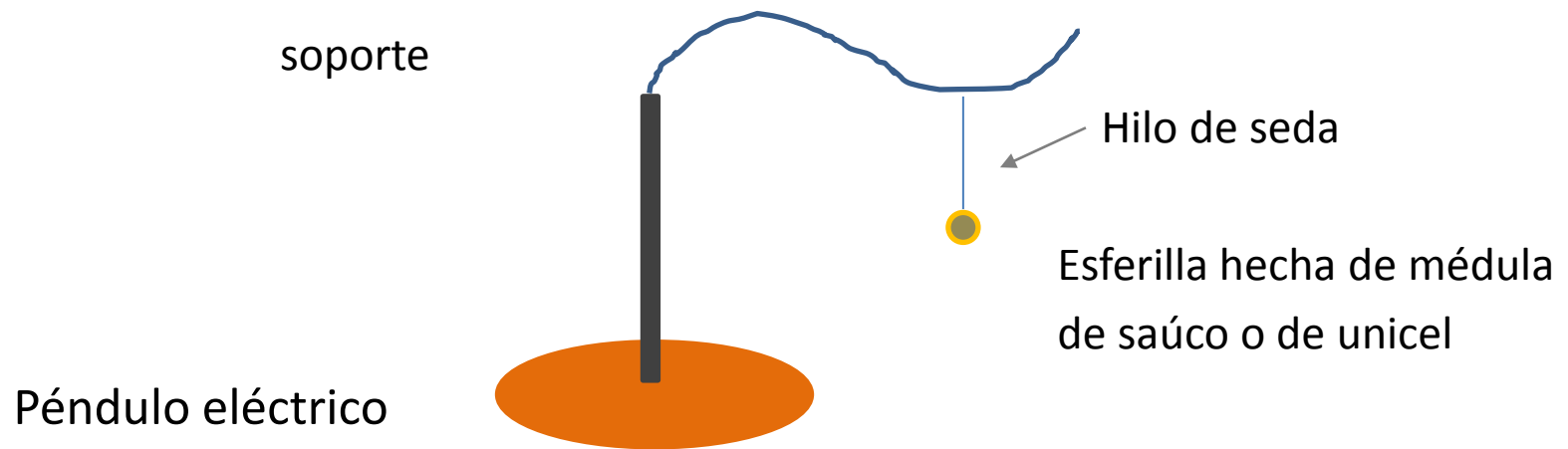
El microcoulomb = 1 μ C = 1×10^{-6} C

El nanocoulomb = 1 nC = 1×10^{-9} C

Las cargas del mismo signo se repelen y las de signo opuesto se atraen. Este principio fundamental de la electricidad se puede demostrar mediante el uso de un péndulo eléctrico que consiste en una esferilla de unicel sostenida por un soporte con un hilo de seda aislante. Se necesita también una barra de vidrio, una barra de ebonita, que es un material plástico de caucho endurecido con azufre, o bien, una regla de plástico y un trapo de lana.

Péndulo eléctrico

- Procedimiento:
- Se frota vigorosamente la barra de ebonita o la regla de plástico con el trapo de lana, después se acerca a la esferilla y se observa que ésta se aproxima a la barra de ebonita o regla de plástico hasta que entran en contacto. Después se aleja y al acercarse el plástico a la esfera ésta se aleja.



Péndulo eléctrico

- Explicación:

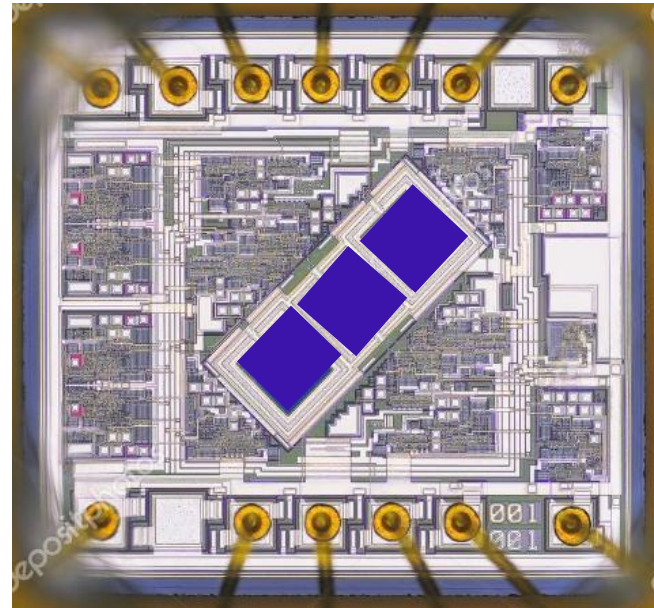
Al frotar el plástico adquiere una propiedad que no tenía, la cual se manifiesta al atraer a la esfera, cuando la esfera toca el plástico adquiere también esa propiedad y es rechazada entonces. Luego, la barra de vidrio se frota con el trapo y se acerca a la esfera. Entonces se observa que mientras la esfera es rechazada por la barra de plástico, es atraída por la barra de vidrio hasta tocarse, de manera que adquiere la propiedad del vidrio y después es rechazada. Se concluye que la propiedad que adquiere el plástico es diferente a la que adquiere el vidrio. Se denomina carga eléctrica a dicha propiedad. Se debe concluir que los dos objetos quedan cargados, aunque en distinta forma: el vidrio de una, que se llama positiva, y el plástico de otra que se llama negativa.

Conductores y aislantes

- Los materiales conductores de electricidad son aquellos que se electrizan en toda su superficie aunque sólo se frote un punto de la misma. Los materiales aislantes o malos conductores de electricidad, llamados también dieléctricos, sólo se electrizan en los puntos donde hacen contacto con un objeto cargado, o bien, en la parte frotada. Algunos ejemplos de materiales aislantes son: madera, vidrio, caucho, resinas, plásticos, porcelana, seda, mica y papel. Como conductores: todos los metales, soluciones de ácidos, bases y sales disueltas en agua, así como el cuerpo humano. Se debe mencionar que no hay un material 100 % conductor, ni un material 100 % aislante, en realidad todos los objetos son conductores eléctricos, pero algunos lo son más que otros y por eso es posible hacer una clasificación práctica de los mismos, como la anterior.

Semiconductores

- Entre conductores y aislantes existen otros materiales intermedios llamados semiconductores, como el silicio y el germanio, que son elementos clasificados como metaloides en la tabla periódica de los elementos.



Un chip de silicio es la forma en miniatura de un circuito electrónico.

Electricidad

- Las leyes que rigen la atracción y repulsión de dos cargas eléctricas puntuales en reposo fue estudiada por el físico francés Charles Coulomb (una carga puntual es la que tiene distribuida un objeto electrizado cuyo tamaño es pequeño comparado con la distancia que lo separa de otro objeto cargado). Se puede considerar, en este caso, que toda la carga del objeto se encuentra reunida en su centro. Inventó en 1777 la balanza de torsión que cuantificaba la magnitud de la fuerza de atracción o repulsión por medio del retorcimiento de un alambre de plata rígido. Una esfera pequeña con carga eléctrica la colocó a diversas distancias de otra también cargada por lo que así logró medir la magnitud de la fuerza de atracción o repulsión según la torsión observada en la balanza.

Electricidad

- Coulomb pudo observar que a mayor distancia entre dos objetos cargados eléctricamente menor es la magnitud de la fuerza de atracción o repulsión y que la fuerza no se reduce en igual proporción al incremento de la distancia sino respecto del cuadrado de la misma. También descubrió que la fuerza eléctrica de atracción o repulsión entre dos objetos cargados aumenta de modo proporcional al producto de sus cargas, por lo que si una carga duplica su valor, la magnitud de la fuerza también se duplica y si además la otra carga se triplica, la magnitud de la fuerza entre las cargas será seis veces mayor.

Ley de Coulomb

- La ley de Coulomb queda enunciada así:

La magnitud de la fuerza eléctrica de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales q_1 y q_2 es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

La expresión matemática de la ley de Coulomb para el vacío queda como:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

La constante de proporcionalidad k tendrá un valor de acuerdo con el sistema de unidades utilizado.

Ley de Coulomb

- En el sistema internacional, su valor es:

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

La ecuación de la ley de Coulomb sólo es válida cuando las cargas se encuentran en el vacío; o en forma aproximada, si están en el aire. Pero si entre las cargas existe una sustancia o medio aislante, la fuerza eléctrica de interacción de éstas sufrirá una disminución, la cual, será mayor o menor dependiendo del medio. La relación que existe entre la magnitud de la fuerza eléctrica de dos cargas en el vacío y la magnitud de la fuerza eléctrica de estas mismas cargas sumergidas en algún medio o sustancia aislante recibe el nombre de permitividad relativa o coeficiente dieléctrico de dicho medio o sustancia, por lo que:

Permitividad relativa

$$\epsilon_r = \frac{F}{F'}$$

- Donde:

ϵ_r = permitividad relativa del medio (adimensional).

F = magnitud de la fuerza eléctrica entre las cargas en el vacío en Newtons (N).

F' = magnitud de la fuerza eléctrica entre las mismas cargas colocadas en el medio en Newtons (N).

Dado que la permitividad relativa del aire casi es la misma a la del vacío, al resolver problemas de cargas eléctricas en el aire, se considera como si se encontraran en el vacío.

Permitividad relativa de algunos medios

Medio aislador	Permitividad relativa ϵ_r
Vacío	1.0000
Aire	1.0005
Gasolina	2.35
Aceite	2.8
Vidrio	4.7
Mica	5.6
Glicerina	45
Agua	80.5

Problemas resueltos

1. Calcular la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas cuyos valores son $q_1 = 3$ milicoulombs, $q_2 = 5$ milicoulombs, al estar separadas en el vacío por una distancia de 30 cm.

Datos:

$F = ?$

$$q_1 = 3 \text{ mC} = 3 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$q_2 = 5 \text{ mC} = 5 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$r = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$$

Conversión de unidades:

$$3 \cancel{\text{ mC}} \times \frac{1 \text{ C}}{1000 \cancel{\text{ mC}}} = 0.003 \text{ C} = 3 \times 10^{-3} \text{ C}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Problemas resueltos

Conversión de unidades:

$$5 \text{ mC} \times \frac{1 \text{ C}}{1000 \text{ mC}} = 0.005 \text{ C} = 5 \times 10^{-3} \text{ C}$$

Sustitución:

$$F = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(3 \times 10^{-3} \text{ C})(5 \times 10^{-3} \text{ C})}{(0.3 \text{ m})^2}$$

Resultado:

$$F = 1.5 \times 10^6 \text{ N}$$

Problemas resueltos

2. Una carga de -2 nanoCoulombs se encuentra en el aire a 0.20 m de otra carga de -4 nanoCoulombs. Calcular:

- ¿Cuál es la magnitud de la fuerza eléctrica entre éstas?
- ¿Cuál será la magnitud de la fuerza eléctrica entre éstas si estuvieran sumergidas en aceite?

Datos:

Fórmulas:

$$F = ?$$

$$F'_{\text{aceite}} = ?$$

$$q_1 = -2 \text{ nC} = -2 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = -4 \text{ nC} = -4 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 0.20 \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{F}{F'}$$

$$F' = \frac{F}{\epsilon_r}$$

Problemas resueltos

Sustitución:

$$F = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(-2 \times 10^{-9} \text{ C})(-4 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.20 \text{ m})^2}$$

Resultado:

$$F = 1800 \times 10^{-9} \text{ N} = \mathbf{F = 1.8 \times 10^{-6} \text{ N}}$$

b) Si estuvieran sumergidas en aceite cuya permitividad relativa ϵ_r es de 2.8, la magnitud de la fuerza eléctrica F' en el aceite se calcula:

$$\begin{array}{l} \text{Despeje:} \\ \epsilon_r = \frac{F}{F'} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Sustitución:} \\ F' = \frac{F}{\epsilon_r} = \frac{1.8 \times 10^{-6} \text{ N}}{2.8} \end{array}$$

Resultado:

$$\begin{array}{l} \mathbf{F' = 0.64 \times 10^{-6} \text{ N}} \\ \mathbf{F' = 6.4 \times 10^{-5} \text{ N}} \end{array}$$

Problemas resueltos

3. Determinar la distancia a la que se encuentran dos cargas eléctricas de $5 \times 10^{-8} \text{ C}$ al rechazarse con una fuerza cuya magnitud es de $5 \times 10^{-6} \text{ N}$.

Datos:

$$r = ?$$

$$q_1 = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_2 = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

$$F = 5 \times 10^{-6} \text{ N}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$r = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{F}}$$

Sustitución:

$$r = \sqrt{\frac{(9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) (5 \times 10^{-8} \text{ C})(5 \times 10^{-8} \text{ C})}{5 \times 10^{-6} \text{ N}}}$$

Resultado:

$$r = 2.12 \text{ m}$$

Problemas resueltos

4. Una carga eléctrica de $2 \mu\text{C}$ se encuentra en el aire a 60 cm de otra carga. La magnitud de la fuerza con la cual se rechazan es de $3 \times 10^{-1} \text{ N}$. ¿Cuánto vale la carga desconocida?

Datos:

$$q_1 = 2 \mu\text{C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = ?$$

$$F = 3 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$q_2 = \frac{Fr^2}{kq_1}$$

Sustitución:

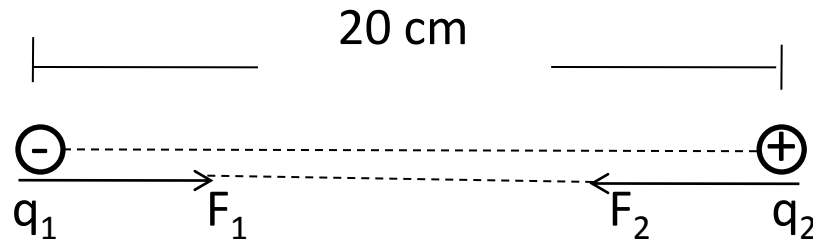
$$q_2 = \frac{(3 \times 10^{-1} \text{ N}) (0.6 \text{ m})^2}{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(2 \times 10^{-6} \text{ C})} \quad q_2 = 0.06 \times 10^{-4} \text{ C}$$

Resultado:

$$q_2 = 0.06 \times 10^{-4} \text{ C} = 6 \times 10^{-6} \text{ C} = 6 \mu\text{C}$$

Problemas resueltos

5. Una carga de $5 \mu\text{C}$ se encuentra en el aire a 20 cm de otra carga de $-2 \mu\text{C}$. Como se observa en la fig.



Calcular:

- ¿Cuál es la magnitud de la fuerza F_1 ejercida por q_2 sobre q_1 ?
- La magnitud de la fuerza F_2 ejercida por q_1 sobre q_2 es igual o diferente F_1 ?
- ¿Cuál será la magnitud de la fuerza eléctrica entre las cargas si estuvieran sumergidas en agua?

Problemas resueltos

Datos:

$$q_1 = 5 \mu\text{C}$$

$$q_2 = -2 \mu\text{C}$$

$$\text{a) } F_1 = ?$$

$$\text{b) } F_2 = ?$$

$$\text{c) } F'_{\text{en el agua}} = ?$$

$$\epsilon_{\text{r agua}} = 80.5$$

$$r = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

Fórmulas:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_{\text{r}} = \frac{F}{F'}$$

Despeje:

$$F' = \frac{F}{\epsilon_{\text{r}}}$$

Problemas resueltos

- Sustitución:

a) La magnitud de la fuerza F_1 ejercida sobre q_1 por q_2 es igual a:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})(-2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.2 \text{ m})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \frac{(-10 \times 10^{-12} \text{ C}^2)}{0.04 \text{ m}^2} = -2250 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Resultado:

$$F = -2.25 \text{ N}$$

Problemas resueltos

b) La magnitud de la fuerza F_2 ejercida por q_1 sobre q_2 es exactamente igual a la de la fuerza F_1 ejercida por q_2 sobre q_1 . Esto sucede porque de acuerdo a la tercera ley de Newton, las fuerza F_1 y F_2 forman una pareja de acción y reacción, por ello actúan en la dirección o línea de acción que las une, pero apuntando en sentidos contrarios. En conclusión, no importa que el valor de las cargas q_1 y q_2 sea diferente, la magnitud de la fuerza con que q_1 atrae a q_2 es igual a la magnitud de la fuerza con que q_2 atrae a q_1 , pero con sentido contrario.

Problemas resueltos

- Si las cargas estuvieran sumergidas en agua, cuya permitividad relativa ϵ_r es de 80.5, la magnitud de la fuerza eléctrica F' con la que se atraerían es igual a:
- Sustitución:

$$F' = \frac{-2.25 \text{ N}}{80.5} = 0.0279 \text{ N}$$

Resultado:

$$F' = -2.79 \times 10^{-2} \text{ N}$$

Problemas resueltos

6. Calcular el valor de la carga puntual q_2 que ejerce una fuerza de -1.38 N sobre otra carga puntual q_1 valor es de $0.23 \mu\text{C}$ y se encuentran en el aire a una distancia de 3 cm.

Datos:

$$q_1 = 0.23 \mu\text{C} = 0.23 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = -1.38 \text{ N}$$

$$r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$q_2 = ?$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

Sustitución:

$$q_2 = \frac{(-1.38 \text{ N})(0.03 \text{ m})^2}{(9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(0.23 \times 10^{-6} \text{ C})}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$q_2 = \frac{Fr^2}{kq_1}$$

Resultado:

$$= q_2 = -0.6 \text{ C}$$

Problemas resueltos

7. Una carga puntual positiva $q_1 = 0.25 \mu\text{C}$ se coloca a una distancia $r = 5 \text{ cm}$ de otra carga también puntual pero negativa $q_2 = -0.50 \mu\text{C}$. Suponiendo que q_1 y q_2 están en el aire. Calcular el valor de la fuerza F que q_2 ejerce sobre q_1 .

Datos:

$$q_1 = 0.25 \mu\text{C} = 0.25 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -0.50 \mu\text{C} = -0.5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$F = ?$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$$

$$r = 0.05 \text{ m}$$

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C} \frac{(0.25 \times 10^{-6} \text{ C})(-0.5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.05 \text{ m})^2} = -450 \times 10^{-3} \text{ N} \\ = -0.45 \text{ N}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Problemas resueltos

8. Una carga puntual positiva $q_1 = 0.23 \mu\text{C}$ se coloca a una distancia $r = 3 \text{ cm}$ de otra carga también puntual pero negativa $q_2 = -0.60 \mu\text{C}$. Suponiendo que q_1 y q_2 están en el aire, calcular el valor de la fuerza F que q_2 ejerce sobre q_1 .

Datos:

$$q_1 = 0.23 \mu\text{C} = 0.23 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -0.60 \mu\text{C} = -0.60 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$F = ?$

$$r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \frac{(0.23 \times 10^{-6} \text{ C})(-0.60 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.03 \text{ m})^2} =$$

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \frac{(-0.138 \times 10^{-12} \text{ C}^2)}{0.0009 \text{ m}^2} = -1380 \times 10^{-3} \text{ N} =$$

Fórmula:

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

Resultado

$$F = -1.38 \text{ N}$$

Problemas resueltos

9. Dos cargas puntuales negativas cuyos módulos son $q_1 = -4.3 \mu\text{C}$ y $q_2 = -2 \mu\text{C}$ están separadas en el aire a una distancia $r = 30 \text{ cm}$. ¿Cuál es el valor de q_1 que ejerce sobre q_2 ?

Datos:

$$q_1 = -4.3 \mu\text{C} = -4.3 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -2 \mu\text{C} = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$F = ?$$

Sustitución :

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \frac{(-4.3 \times 10^{-6} \text{ C})(-2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.3 \text{ m})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \frac{(8.6 \times 10^{-12} \text{ C}^2)}{0.09 \text{ m}^2} = 860 \times 10^{-3} \text{ N} =$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Resultado:

$$F = 0.86 \text{ N}$$

Problemas resueltos

10. En un átomo de hidrógeno un electrón gira alrededor de un protón en una órbita de radio igual a 5.3×10^{-11} m. ¿Con qué magnitud de fuerza eléctrica se atraen el protón y el electrón?

Datos:

$$q_1 = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

(carga del electrón)

$$q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

(carga del protón)

$$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$F = ?$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Problemas resueltos

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2 \frac{(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

$$F = -0.82 \times 10^{-7} \text{ N} = -8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Resultado:

$$F = -8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

PROBLEMAS RESUELTOS

11. Una carga eléctrica de -4 nanoCoulombs se encuentra en el aire a 0.2 m de otra carga de -5 nanoCoulombs. Calcular:

a) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza eléctrica entre éstas?

Datos:

Fórmula:

$$q_1 = 4 \text{ nCoulombs}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$q_2 = -5 \text{ nCoulombs}$$

$$r^2$$

$$r = 0.2 \text{ m}$$

$$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$F = ?$$

Problemas resueltos

Sustitución:

$$F = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(-4 \times 10^{-9} \text{ C})(-5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.2 \text{ m})^2}$$

Resultado:

$$F = 4500 \times 10^{-9} = 4.5 \times 10^{-6} \text{ N}$$

Problemas resueltos

12. Dos cargas iguales se encuentran en el aire a 20 cm de distancia y se rechazan con una fuerza cuya magnitud es de 8×10^{-1} N. ¿Cuánto mide cada carga en Coulombs?

Datos:

$$q_1 = ?$$

$$q_2 = ?$$

$$r = 20 \text{ cm} = 0.20 \text{ m}$$

$$F = 8 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Sustitución:

$$q = \sqrt{\frac{(8 \times 10^{-1} \text{ N})(0.20 \text{ m})^2}{9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$q^2 = \frac{Fr^2}{k}$$

Resultado:

$$q = 0.188 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$q = 1.88 \times 10^{-6} \text{ C} = 1.88 \mu\text{C}$$

Problemas resueltos

- Comentarios: Como cada carga tiene el mismo valor, por lo que su producto es q^2 en la fórmula, que al despejarse queda:

$$q^2 = \frac{Fr^2}{k} \quad q = \sqrt{\frac{Fr^2}{k}}$$

Cada carga tiene un valor de $1.88 \times 10^{-6} \text{ C}$

Problemas resueltos

13. Determinar la magnitud de la fuerza entre dos cargas cuyos valores son $q_1 = -3 \mu\text{C}$ y $q_2 = 4 \mu\text{C}$ al estar separadas en el vacío por una distancia de 50 cm.

Datos:

$F = ?$

$$q_1 = -3 \mu\text{C} = -3 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = 4 \mu\text{C} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 50 \text{ cm}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \frac{(-3 \times 10^{-6} \text{ C})(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.5 \text{ m})^2}$$

Resultado:

$$F = -432 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F = -4.32 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Problemas resueltos

14. Determinar la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas cuyo valores son $q_1 = -5\mu\text{C}$ y $q_2 = -4\mu\text{C}$, al estar separadas en el vacío a una distancia de 20 cm.

Datos:

$F=?$

$$q_1 = -5\mu\text{C} = -5 \times 10^{-6}\text{ C}$$

$$q_2 = -4\mu\text{C} = -4 \times 10^{-6}\text{ C}$$

$$r = 20\text{ cm}$$

$$k = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2 \frac{(-5 \times 10^{-6}\text{ C})(-4 \times 10^{-6}\text{ C})}{(0.2\text{ m})^2} =$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Resultado:

$$F = 4.5\text{ N}$$

Problemas resueltos

15. Una carga de $7 \times 10^{-9} \text{ C}$ se encuentra en el aire a 0.1 m de otra carga a $3 \times 10^{-9} \text{ C}$. Determinar la magnitud de la fuerza eléctrica entre ellas. Calcular la magnitud de la fuerza eléctrica si las cargas se sumergen en gasolina.

Datos:

$$q_1 = 7 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 0.1 \text{ m}$$

$$F = ?$$

$$F' = ?$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$\epsilon_r \text{ gasolina} = 2.35$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Problemas resueltos

Sustitución:

$$F = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(7 \times 10^{-9} \text{ C})(3 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.1 \text{ m})^2}$$

$$F = 18900 \times 10^{-9} \text{ N (en el aire)}$$

$$F = 1.89 \times 10^{-5} \text{ N} \\ \text{(en el aire)}$$

Si estuviera sumergida en gasolina:

$$\epsilon_r = \frac{F}{F'} \quad F' = \frac{F}{\epsilon_r} \quad F' = \frac{1.89 \times 10^{-5} \text{ N}}{2.35}$$

$$F' = 0.8042 \times 10^{-5} \text{ N (en gasolina)}$$

$$F' = 8.04 \times 10^{-6} \text{ N} \\ \text{(en gasolina)}$$

Problemas resueltos

16. Determinar la carga eléctrica del protón si se atrae con el electrón en el átomo de hidrógeno con una fuerza cuya magnitud es de $-8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ y el radio de la órbita en la que gira el electrón es de $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$.

Datos:

$$F = -8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_p = ?$$

$$K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

Sustitución:

$$q_2 = \frac{(-8.2 \times 10^{-8} \text{ N}) \times (5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}{(9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$q_2 = \frac{Fr^2}{kq_1}$$

Resultado:

$$q_p = 16 \times 10^{-20} \text{ C}$$
$$q_p = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Problemas resueltos

17. Calcular la magnitud de la fuerza de repulsión entre dos protones que se encuentran a una distancia de 4.2×10^{-15} m en un núcleo de cobalto.

Datos:

$$F = ?$$

$$r = 4.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$q_1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2 \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(4.2 \times 10^{-15} \text{ m})^2}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Problemas resueltos

Sustitución:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \frac{(2.56 \times 10^{-38} \text{ C}^2)}{17.64 \times 10^{-30} \text{ m}^2} = 1.306 \times 10^1 \text{ N}$$

Resultado:

$$F = 13.06 \text{ N}$$

Problemas resueltos

18. Determinar la distancia a la que se encuentran dos cargas eléctricas de $8 \times 10^{-8} \text{ C}$, al rechazarse con una fuerza cuya magnitud es de $4.5 \times 10^{-3} \text{ N}$.

Datos:

$$r = ?$$

$$q_1 = 8 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_2 = 8 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$F = 4.5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Sustitución:

$$r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 (8 \times 10^{-8} \text{ C})(8 \times 10^{-8} \text{ C})}{4.5 \times 10^{-3} \text{ N}}}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$r = \sqrt{\frac{k q_1 q_2}{F}}$$

Resultado:

$$r = 0.113 \text{ m}$$

Problemas resueltos

19. La magnitud de la fuerza con que se rechaza una carga de $8 \mu\text{C}$ con otra carga es de $4 \times 10^{-1} \text{ N}$. Determinar el valor de la carga desconocida si las dos cargas están separadas en el aire con una distancia de 50 cm .

Datos:

$$q_1 = 8 \mu\text{C} = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = ?$$

$$F = 4 \times 10^{-1} \text{ N}$$

$$r = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

Sustitución:

$$q_2 = \frac{(4 \times 10^{-1} \text{ N}) (0.5 \text{ m})^2}{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(8 \times 10^{-6} \text{ C})}$$

Fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$q_2 = \frac{Fr^2}{kq_1}$$

$$q_2 = \frac{1 \times 10^{-1} \text{ N} \cdot \text{m}^2}{72 \times 10^3 \text{ Nm}^2/\text{C}}$$

$$q_2 = 0.0138 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$q_2 = 1.38 \times 10^{-6} \text{ C} =$$

$$q_2 = 1.38 \mu\text{C}$$

Problemas resueltos

20. Determinar la distancia a la que se encuentran dos cargas eléctricas de $4 \times 10^{-7} \text{ C}$ cada una al rechazarse en el aire con una fuerza cuya magnitud es de $5 \times 10^{-2} \text{ N}$.

Datos

$r = ?$

$q_1 = 4 \times 10^{-7} \text{ C}$

$q_2 = 4 \times 10^{-7} \text{ C}$

$F = 5 \times 10^{-2} \text{ N}$

Fórmula

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Despeje:

$$r^2 = k \frac{q_1 q_2}{F}$$

Sustitución:

$$r = \sqrt{\frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) (4 \times 10^{-7} \text{ C})(4 \times 10^{-7} \text{ C})}{5 \times 10^{-2} \text{ N}}}$$

Problema resuelto

$$r = \sqrt{\left(\frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(16 \times 10^{-14} \text{ C}^2)}{(5 \times 10^{-2} \text{ N})}} \quad r = \sqrt{\left(\frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2}{\text{C}^2} \right) (3.2 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N})}$$

$$r = \sqrt{28.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \quad \sqrt{0.0288 \text{ m}^2} = r = 0.1697 \text{ m}$$

Actividad experimental 1

- **Objetivo:** que el estudiante comprenda y compruebe los conceptos relacionados con la electricidad.
- Tomar un peine de plástico y pasándolo algunas veces por sus cabellos (que deben estar limpios y secos) se electrizará.
 1. Acerque el peine a objetos ligeros, como pequeños trozos de papel o de unicel.
 2. Deje escurrir un chorro fino de agua de una llave y aproxime a ella el peine electrizado.

Observe qué sucede en ambos casos. ¿Los pedazos de papel y el filamento de agua se encontraban inicialmente electrizados? ¿Por qué fueron atraídos por el peine?

Actividad experimental 2

- Con papel aluminio, haga una esferita y cuélguela del extremo de un hilo de coser. El otro extremo del hilo se cuelga de un soporte aislante (en lo alto del marco de madera de una puerta o de una placa de unicel), así se obtendrá un electroscopio simple, llamado péndulo eléctrico. Electrizando un peine en la forma descrita en el experimento anterior, acérquelo luego a la bolita del electroscopio. Observe que ésta es inicialmente atraída por el peine, pero después de hacer contacto con él es rechazada: compruebe esta repulsión tratando de aproximar el peine a la bolita.
 - a) La esferilla estaba inicialmente electrizada, entonces ¿por qué fue atraída por el peine?
 - b) ¿Por qué después de tocar a este último, la bolita fue repelida por él?

Bibliografía

- Física para Bachillerato
Pérez Montiel, Héctor
Editorial: Patria.
2011
- Física general con experimentos
Alvarenga, Beatriz. Máximo, Antonio.
Editorial: Oxford.
2014