

	Facultad de Ingeniería Mexicali	Ciclo Escolar: 2021-2	
	Material Didáctico Electricidad y Magnetismo	Formación Básica	
	Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb	Pág. 1 de 17	

Estado del documento:	Nuevo	Modificación	X
------------------------------	--------------	---------------------	----------

ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ	AUTORIZÓ
			
Ing. Julio Bernard	Dr. Juan Carlos Quiroz Sánchez	Dr. Moises Jesus Castro Toscano	Dra. Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas
Profesor	Profesor	Encargado de la Materia	Coordinador del área Tronco Común

Control de cambios del documento			
Revisión	Ciclo Escolar	Autor de quien elaboro	Descripción o motivo del cambio
0	2020-2	Ing. Julio Bernard	Primera Versión de Paquete Didáctico
1	2021-2	Ing. Julio Bernard	Adecuar Material Didáctico al nuevo formato



Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb

Pág. 2 de 17

1.1 Carga Eléctrica

Experimentalmente se puede ver que hay cuerpos que se atraen y repelen, por ejemplo, si frotas un globo en tu cabello y lo acercas a pedacitos pequeños de papel se observa atracción, pero después de un rato de estar en contacto el globo y el papel ya no se atraen, entonces se le atribuye esto a fenómenos eléctricos por lo que para encontrar una manera de explicarlo se creó el concepto de Carga Eléctrica. En vista que en este tipo de fenómenos a veces hay atracción y otras veces repulsión se pensó que había dos tipos de carga.

Las partículas que forman los átomos tienen un comportamiento similar y a ellas se deben las fuerzas de atracción y repulsión entre cuerpos cargados. Los átomos están formados por un núcleo central el cual tiene protones y neutrones. Además de un número de electrones que están en orbitas alrededor del núcleo.

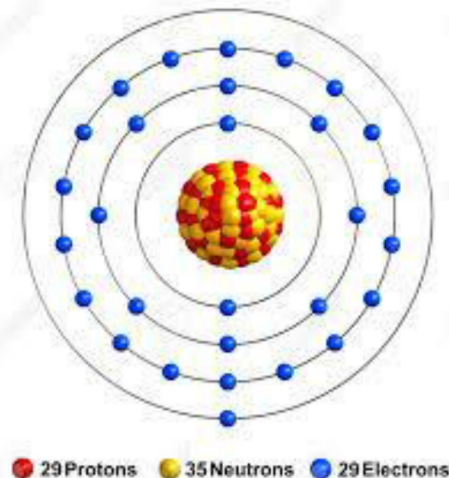


Fig. 1 Atomo de Cobre.

Como se puede ver en la Fig. 1 en un átomo normal existen la misma cantidad de protones y electrones. De acuerdo a las observaciones experimentales estas partículas llamadas protones y electrones tienen propiedades:

- Los protones ejercen fuerzas de repulsión sobre otros protones.
- Los electrones ejercen fuerza de repulsión sobre otros electrones.

Pero los protones y electrones se atraen por lo que esto hizo pensar que había dos tipos de carga y se les nombro positivas (+) y negativas (-). Así que a los protones se les asigno carga positiva y a los electrones carga negativa.

	Facultad de Ingeniería Mexicali	Ciclo Escolar: 2021-2	
	Material Didáctico Electricidad y Magnetismo	Formación Básica	
	Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb	Pág. 3 de 17	

Entonces carga eléctrica es la propiedad que tienen ciertas partículas en las cuales se manifiestan fenómenos de atracción o repulsión. El valor mínimo hasta ahora conocido de la carga es de magnitud 1.6×10^{-19} C y fue conseguido en el experimento de la gota de aceite Robert Millikan y Harvey Fletcher en 1911. Entonces la carga del protón es $+1.6 \times 10^{-19}$ C y es la misma que la del electrón pero de signo contrario -1.6×10^{-19} C.

La unidad de carga eléctrica es el Coulomb y se representa con la letra C. El coulomb es la unidad derivada del sistema internacional para la medida de la magnitud física de cantidad de electricidad. Nombrada en honor del físico francés Charles-Augustin de Coulomb.

Debido a la atracción nuclear los electrones permanecen en sus orbitas porque el núcleo tiene cargas positivas y los electrones negativos por lo tanto se traen. Como los átomos normales tienen igual número de protones y electrones entonces la carga positiva de todos los protones del núcleo es igual a la carga negativa de los electrones que orbitan alrededor.

En los átomos los protones son muy pesados por lo que no tienen mucha movilidad, pero los electrones son muy livianos esto hace que tengan más movilidad.

Masa de un protón es 1.672×10^{-27} kg

Masa de un electrón es $9,109 \times 10^{-31}$ kg

Si se divide la masa del protón entre la masa del electrón te darás cuenta que el protón es 1836 veces más pesado que el electrón.

Siendo más liviano el electrón tiene más movilidad por lo que los electrones pueden pasar de un cuerpo a otro con facilidad como ocurre cuando frotas el globo en tu cabello y le transfieres los electrones libres que adquiriste del medio ambiente.

Por ejemplo, es sabido que existen 29 electrones en un átomo de cobre que ya sabemos que es buen conductor de electricidad puesto que este material se usa ampliamente en instalaciones eléctricas de las casas y aparatos eléctricos de uso doméstico. Ver Fig. 2



Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb

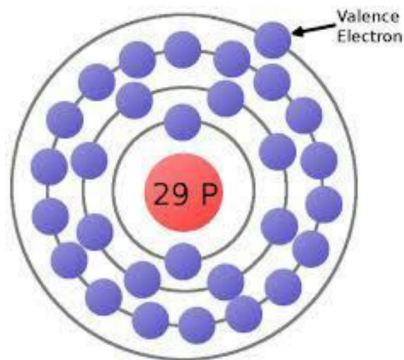


Fig. 2 Atomo de cobre con su electrón de valencia

Los electrones que se localizan en la órbita más lejana al núcleo se llaman electrones de valencia. Debido a que el electrón de la última orbita no se encuentra muy atraído por el núcleo se libera del átomo. Cuando un electrón de valencia se separa temporalmente del átomo entonces el electrón se convierte en un electrón libre. Ver Fig. 3

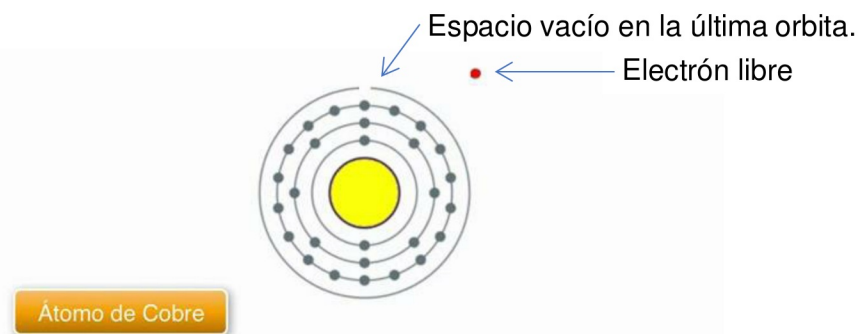
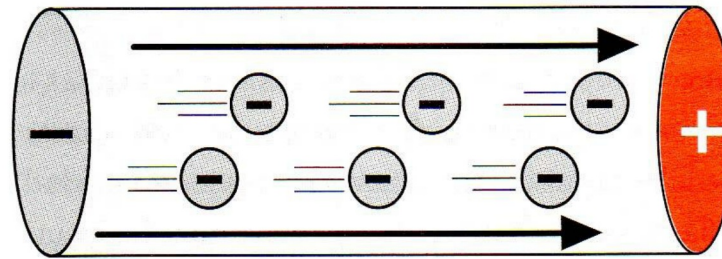


Fig. 3 Atomo de cobre (muestra electrón libre y su espacio en la última orbita)

Estos metales cuyos átomos tienen solo un electrón en su última orbita son buenos conductores de electricidad porque al dejar esos espacios vacíos los electrones o sea las cargas eléctricas pueden pasar de un átomo a otro usando ese espacio libre. Así mismo también cuando con una fuente de poder como una pila conectas un alambre entre las dos terminales, los electrones pasaran de unos átomos a otros con facilidad a través del conductor.



Cable de cobre

Fig 4 Nos muestra el movimiento ideal de los electrones de (-) a (+) en un conductor.

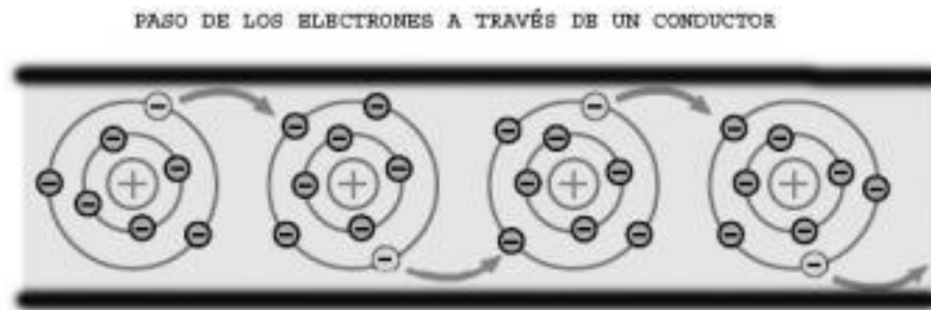


Fig. 5 Las cargas eléctricas pasan de un átomo a otro usando ese espacio libre en la última órbita de los átomos.

El proceso de electrizar cuerpos como cuando frota un globo o peine en tu cabello es solo una transferencia de cargas de un cuerpo a otro de hecho esas cargas son los electrones libres que se liberan de la materia y durante tu movimiento fuiste recogiendo al caminar o tocar cosas y le llaman **Electricidad Estática** así que siendo más liviano el electrón tiene más movilidad por lo que los electrones pueden pasar de un cuerpo a otro con facilidad.



Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb



Fig. 6 Muestra la electrización de un cuerpo por frotamiento.

De la Fig. 5 puedes ver que cuando frota el peine en el cabello adquiere carga negativa por los electrones que recoge y al acercarlo a los trozos de papel son atraídos por el peine esto hace pensar que los papelitos tienen carga positiva. Después de un rato de estar en contacto peine y papel no se observa atracción esto debe ser porque los electrones se han movido a los papelitos y ahora son del mismo signo negativo. La electricidad se produce cuando los electrones se liberan de los átomos y en el proceso de electrificación no hay creación de carga sino movimientos de cargas de un lugar a otro.

1.1.2 Fuerza eléctrica entre cargas.

Las cargas eléctricas tienen otra propiedad llamada campo eléctrico que viene siendo una zona del espacio que rodea a una carga o a un cuerpo cargado. Este campo eléctrico tiene sus límites, pero cuando acercas dos cuerpos cargados y sus campos eléctricos entran en contacto ocurren fuerzas de atracción o repulsión dependiendo de sus signos.

El físico francés Charles-Augustin de Coulomb con sus aparatos e instrumentos de medición hizo algunas observaciones que lo llevaron a establecer la ley fundamental de la fuerza eléctrica. Así encontró que la magnitud de la fuerza con que se repelen o atraen depende del valor de las cargas y la distancia que separa las cargas.

1.1.3 Ley de Coulomb:



La fuerza eléctrica con la que se atraen o repelen dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de las mismas, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y actúa en la dirección de la recta que las une.

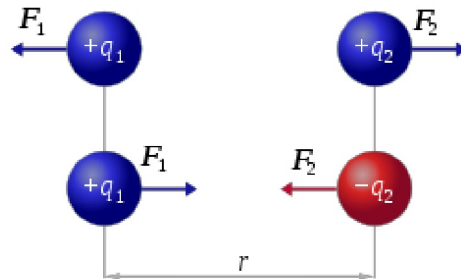


Fig. 7 Muestra las fuerzas de repulsión entre cargas del mismo signo y fuerza de atracción entre cargas de signos contrarios.

$$F_{21} = \left| k \frac{q_1 q_2}{r^2} \right|$$

Dónde :

- F es la fuerza eléctrica de atracción o repulsión. En el S.I. se mide en Newtons (N).
- q_1 y q_2 son los valores de las dos cargas puntuales. En el S.I. se miden en Coulomb (C).
- r es el valor de la distancia que las separa. En el S.I. se mide en metros (m).
- K es una constante de proporcionalidad llamada constante de la ley de Coulomb. No se trata de una constante universal y depende del medio en el que se encuentren las cargas. En concreto para el vacío k es aproximadamente $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ utilizando unidades en el S.I.
- Nota: La magnitud de la fuerza es un valor absoluto.

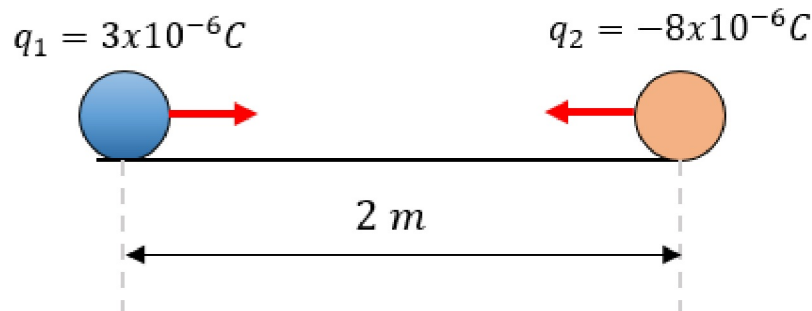


Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb

Pág. 8 de 17

Ejemplo #1:

Problema 1.- Una carga de $3 \times 10^{-6} \text{ C}$ se encuentra 2 m de una carga de $-8 \times 10^{-6} \text{ C}$, ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de atracción entre las cargas?



Solución: Para darle solución al ejercicio, debemos de obtener los datos para poder resolverlo de manera directa, puesto que tenemos todo lo que necesitamos.

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

$$q_2 = -8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 2 \text{ m}$$

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

Aplicando la fórmula de la ley de coulomb

$$F = \left| K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right|$$

Sustituimos

Hemos multiplicado las cargas eléctricas y dividido entre el cuadrado la distancia que los separa, ahora seguimos con las operaciones multiplicando por la constante electrostática K .

Multiplicamos y obtenemos:

$$F = -54 \times 10^{-3} \text{ N} = -0.054 \text{ N}$$

Vemos que hay un signo negativo, por ahora no nos sirve interpretar el signo, puesto que el problema nos pide la magnitud de la fuerza, esto quiere decir que tomaremos la fuerza como un valor absoluto, que vendría a ser nuestro resultado.



Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb

Pág. 9 de 17

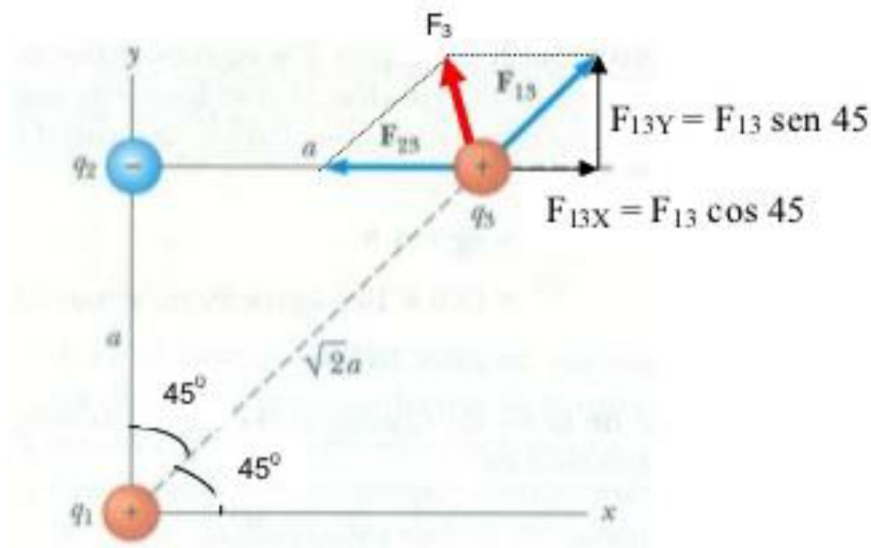
$F = 0.054N$, Fuerza de atracción.

Complementa el problema escribiendo que debido a la naturaleza de las cargas hay fuerza de atracción.

Ejemplo#2: Encontrar la fuerza resultante:

Considera tres cargas puntuales localizadas en las esquinas de un triangulo rectangulo, como se muestra en la figura siguiente donde $q_1 = q_3 = 5\mu C$, $q_2 = -2\mu C$, $a = 0.1m$. Encuentra la fuerza resultante ejercida sobre q_3 .

La fuerza F_{23} ejercida por q_2 sobre q_3 es de atraccion por tener cargas de diferentes polaridades. La fuerza F_{13} ejercida por q_1 sobre q_3 es de repulsion por tener cargas de igual polaridad.



Puedes ver que el problema dice que calcules la fuerza ejercida sobre la carga q_3 debido a las otras cargas q_1 y q_2 por lo que de arranque tienes que calcular la magnitud de las fuerzas F_{13} y F_{23} .



Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb

Pág. 10 de 17

$$F_{13} = \left| \frac{k q_1 q_3}{r^2} \right| = \left| \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) (5 \times 10^{-6} \text{ C}) (5 \times 10^{-6} \text{ C})}{\{\sqrt{2} (.1) \text{ m}\}^2} \right| = 11.25 \text{ Newtons}$$

$$F_{23} = \left| \frac{k q_2 q_3}{r^2} \right| = \left| \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) (-2 \times 10^{-6} \text{ C}) (5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.1 \text{ m})^2} \right| = 9 \text{ Newtons}$$

F₂₃ = 9N (ponerlo + por el valor absoluto)

Puesto que piden calcular la fuerza sobre q₃ debido a q₁ y q₂ entonces en q₃ se dibujan los vectores de fuerza F₁₃ y F₂₃.

Iniciamos con la fuerza que q₁ ejerce sobre q₃ y la llamaremos F₁₃, siendo que q₁ y q₃ son del mismo signo hay una fuerza de repulsión así que en tu diagrama dibujas el vector F₁₃ en la q₃ saliendo porque la q₁ está repeliendo a la q₃ y la empuja a 45 grados respecto al eje +X.

$$F_{13x} = F_{13} \cos 45^\circ = 11.25 \cos 45^\circ = 7.95 \text{ N}$$

$$F_{13y} = F_{13} \sin 45^\circ = 11.25 \sin 45^\circ = 7.95 \text{ N}$$

Seguimos con la fuerza que q₂ ejerce sobre q₃ y la llamaremos F₂₃, siendo que q₂ y q₃ son de signos contrarios hay una fuerza de atracción así que en tu diagrama dibujas el vector F₂₃ en la q₃ hacia la q₂ porque la q₂ está atrayendo a la q₃ y la jala a 180 grados respecto al eje +X.

$$F_{23x} = F_{23} \cos 180^\circ = 9 \cos 180^\circ = -9 \text{ N}$$

	Facultad de Ingeniería Mexicali	Ciclo Escolar: 2021-2	
	Material Didáctico Electricidad y Magnetismo	Formación Básica	
	Unidad 1, Electrostática y Ley de Coulomb	Pág. 11 de 17	

$$F_{23y} = F_{23} \sin 180^\circ = 9 \sin 180^\circ = 0$$

Hacer sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_x = F_{13x} + F_{23x} = 7.95 - 9 = -1.05\text{N}$$

$$\sum F_y = F_{13y} + F_{23y} = 7.95 + 0 = 7.95\text{N}$$

De manera que quedaría $F_{3x} = -1.05\text{N}$ y $F_{3y} = 7.95\text{N}$

Como las componentes resultantes sobre Q_3 son negativa en X y positiva en Y significa que la fuerza resultante está en el 2do cuadrante.

Calcular la fuerza resultante sobre F_3 seria,

$$FR = \sqrt{(-1.05)^2 + (7.95)^2} = 8.01\text{ N}$$

También se puede expresar la fuerza resultante que actúa sobre Q_3 en forma de vector cartesiano como:

$$FR = (-1.05i + 7.95j)\text{ Newton}$$

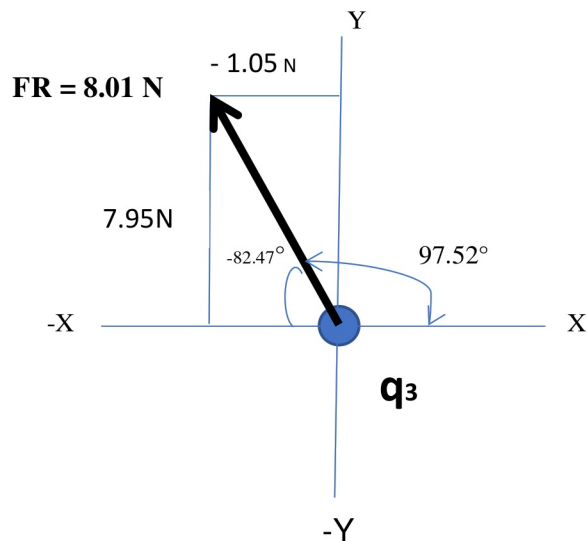
Para obtener el ángulo de la resultante, aplicamos:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\sum F_y}{\sum F_x} \right) = -82.47^\circ$$

Como sabemos que este ángulo -82.47° está en el segundo cuadrante entonces este ángulo es con respecto a $-X$ así que para tener un ángulo respecto a $+X$ sumarle 180° .



$$\theta = 180^\circ - 82.47^\circ = 97.52^\circ$$



El resultado quiere decir que la carga q_3 es repelida con una fuerza de $F_R=8.01\text{N}$ con una dirección de 97.52° respecto al eje $+X$.