

Tema N° 10

Electrostática. Ley de Coulomb

Contenido Temático:

- 1.- Concepto electrónico de Carga Eléctrica
- 2.- Electrización
 - 2.1.- Tipos de electrización
 - 2.1.1.- Electrización por Frotamiento
 - 2.1.2.- Electrización por Contacto
 - 2.1.3.- Electrización por Inducción
- 3.- El Electroscopio
- 4.- Fuerzas entre cuerpos cargados eléctricamente
- 5.- Unidad de Carga Eléctrica
- 6.- Cuantificación de las Fuerzas. Ley de Coulomb
- 7.- Ejercicios Resueltos

1.- Concepto electrónico de Carga Eléctrica

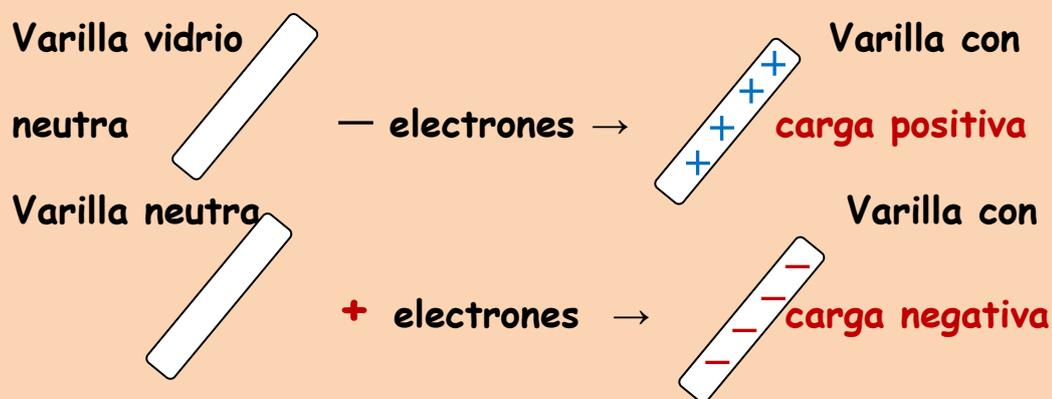
Partimos de la base de que la **Materia** esta constituida por átomos. Los átomos, recordemos, están estructurados por un **Núcleo** y una **Corteza Electrónica**. El **núcleo**, concentra unas partículas subatómicas que tienen **carga eléctrica positiva** llamadas **protones** y otras **partículas neutras**, los **neutrones**. Girando alrededor del núcleo se localizan, en la **Corteza Electrónica**, los **electrones** con su carga eléctrica negativa.

En general, la **materia es neutra**; es decir, Los **átomos** contienen el **mismo número de cargas negativas** (electrones) y **positivas** (protones). Existen los procesos de **Ionización** en los cuales los **electrones** pueden **escaparse** de la **Corteza Electrónica de un átomo** y pasar a la **Corteza Electrónica de otro**. Se crea una especie química iónica con defecto de **electrones** y por tanto con **carga eléctrica positiva** (cuando el electrón se escapa) y otra especie con **exceso de electrones** y por tanto con **carga eléctrica negativa** (átomo al cual llega el electrón que se escapó).



Para que los **átomos adquieran carga eléctrica** se debe producir una **transferencia electrónica** (los electrones que acepta el Azufre los cede el átomo de Calcio).

Los cuerpos, a tamaño real, también pueden **cargarse eléctricamente mediante la transferencia electrónica** de unos cuerpos a otros.



La **carga eléctrica** que adquieren los **cuerpos** se mantiene en **reposo** en la **superficie** de los **mismos** creándose la **Electricidad Estática**.

.- Si un cuerpo está **cargado negativamente** es porque tiene un **exceso de electrones**.

.- Si un cuerpo está **cargado positivamente** es porque tiene un **defecto de electrones**.

Entre **cuerpos** con **Electricidad Estática** se producen interacciones dando lugar a los **fenómenos electrostáticos** que se manifiestan mediante **atracciones** o **repulsiones** entre dichos **cuerpos**.

Los **fenómenos electrostáticos** son dos:

.- **Cuerpos** con el **mismo tipo de carga eléctrica** se **repelen**

.- **Cuerpos** con **distinto tipo de carga eléctrica** se **atrae**

La rama de la **Física** que estudia los **fenómenos electrostáticos** y en consecuencia la **Eléctricidad Estática** recibe el nombre de **Electrostática**.

Definición de carga eléctrica

<http://www.definicionabc.com/tecnologia/carga-electrica.php>

Carga eléctrica

<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/ElectricidadCargayCorriente.htm>

2.- Electrización

Cuando un cuerpo neutro adquiere **carga eléctrica** decimos que ha sido **electrizado** y la **transferencia electrónica** que ha dado lugar a dicha carga se conoce como **Electrización**.

3.1.- Tipos de Electrización

Podemos mencionar, entre varios, tres métodos de **electrización** (formas de cargar un cuerpo), a saber:

2.1.1.- Electrización por Frotamiento

Al frotar, por ejemplo, un peine o peineta sobre un chaleco los **electrones** saltan del **chaleco** al **peine** y éste se carga de **electricidad estática**.

El peine pasa a tener **más electrones** que **protones** y se carga **negativamente**, mientras que el chaleco con **más protones** que **electrones**, se carga **positivamente**.

Por lo tanto, se pueden definir dos tipos de **cargas eléctricas**:

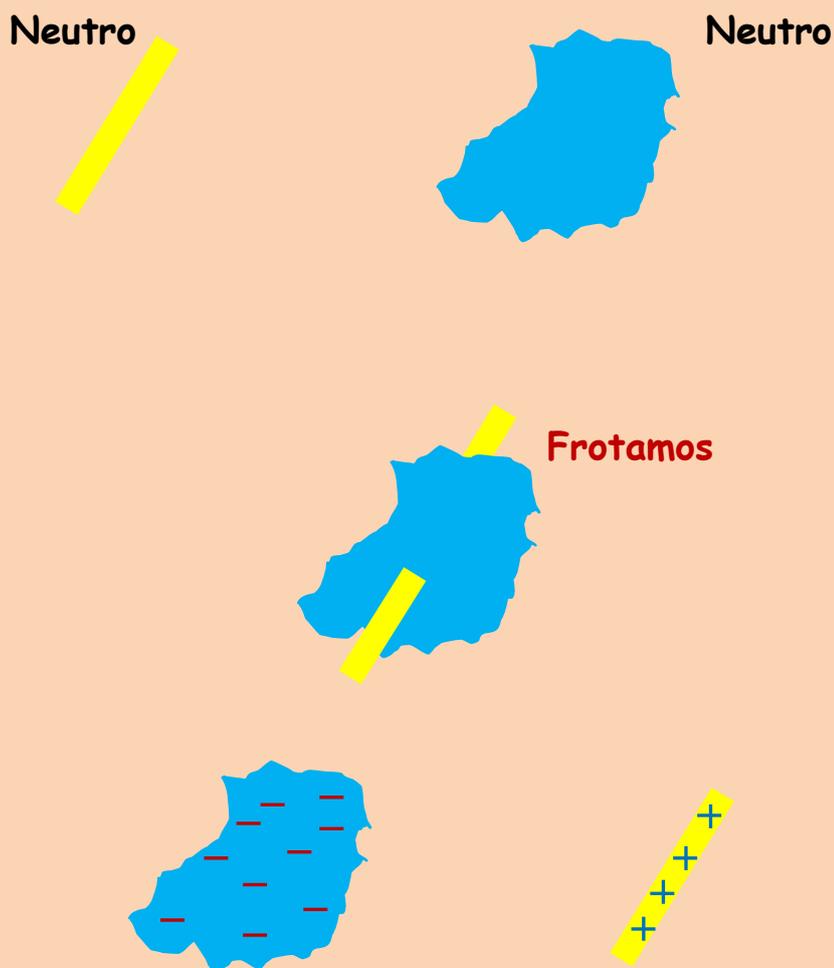
1.- **Carga positiva**

2.- **Carga negativa**

Importante: Las cargas eléctricas **no se crean al frotar un cuerpo**, sino que se **trasladan**.

Estos **cuerpos electrizados** pueden interactuar con otros que **también lo estén**. Si acercamos el **peine electrizado** a unos **trocitos de papel** estos serán atraídos hacia el peine.

Lo mismo ocurriría al **frotar una varilla de vidrio** (eléctricamente neutro) con un **pañó de seda** (eléctricamente neutro). Al frotar uno de ellos conseguirá **carga eléctrica positiva** porque **pierde electrones** (varilla de vidrio) y el **pañó de seda se carga negativamente** porque **gana electrones**. Los electrones que cede el vidrio son los que gana el paño de seda.



Electrización por frotamiento

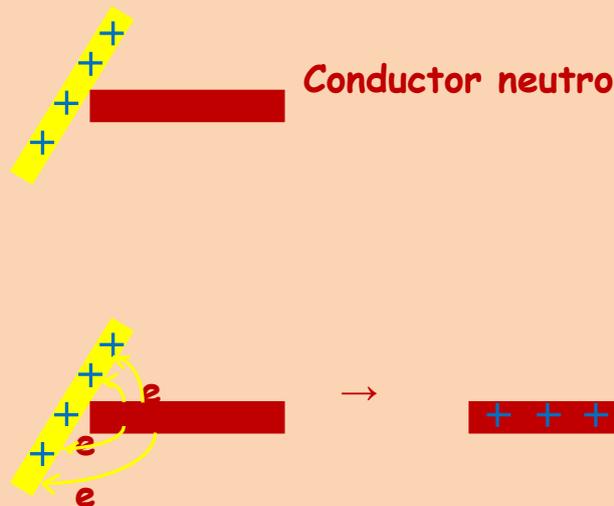
<https://www.youtube.com/watch?v=hhEm9SQTybw>

Electrización por frotamiento

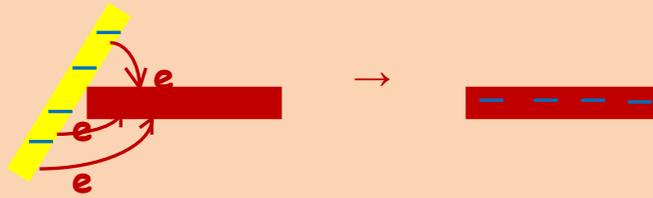
https://www.youtube.com/watch?v=SExgYesO_bg

2.1.2.- Electrización por Contacto

Si con un **objeto cargado** tocamos un **material neutro**, éste último se cargará eléctricamente. Si el objeto cargado es una varilla de vidrio (carga positiva), al tocar un conductor neutro la varilla **extraerá algunos electrones** del conductor neutro, dejándolo con una carga **eléctrica positiva**.



Si el objeto **cargado eléctricamente** es de signo **negativo** (exceso de electrones) al tocar un cuerpo neutro algunos de los **electrones que le sobran al objeto cargado negativamente** serán transferidos al **cuerpo neutro** dejándolo con una **carga eléctrica negativa**.



En conclusión: Cuando un cuerpo neutro es puesto en contacto con otro cargado eléctricamente adquirirá la carga eléctrica del segundo.

Electrización por contacto

<https://www.youtube.com/watch?v=rdeDnmjokOc>

Electrización por contacto

<https://www.youtube.com/watch?v=xiCCKjrIRFQ>

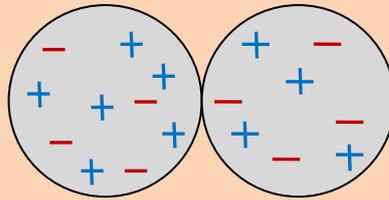
Electrización por contacto

<https://www.youtube.com/watch?v=28k-JCsUx8>

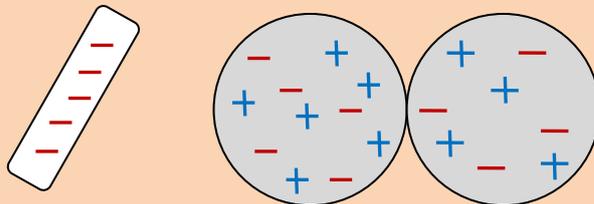
2.1.3.- Electrización por Inducción

Para entender la electrización por inducción es necesario mencionar que toda carga eléctrica crea en el espacio circundante un **campo eléctrico** en donde todo cuerpo, **eléctricamente neutro**, dentro de este campo caerá bajo la acción de **fuerzas electrostáticas**.

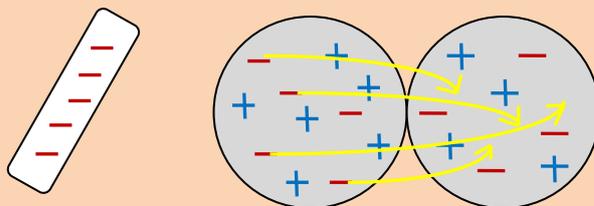
Supongamos que tenemos dos conductores esféricos, **eléctricamente neutros**, juntos pero no unidos. Sus cargas eléctricas estarán uniformemente repartidas:



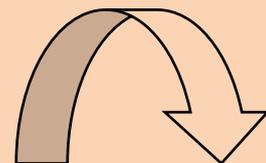
Por la izquierda acercamos una varilla de vidrio con **carga negativa**:

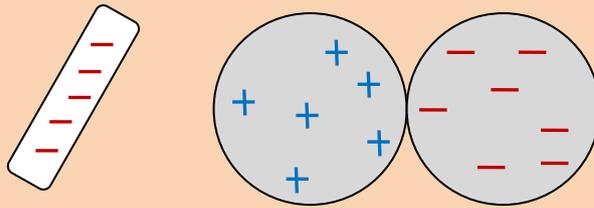


La varilla por acción de su campo eléctrico, **sin tocar a la esfera de la izquierda**, induce a sus **electrones una repulsión** que hace que estos se **desplacen a la esfera de la derecha**:

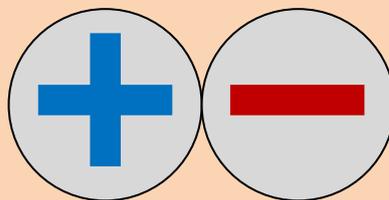


La esfera de la izquierda quedaría con un **exceso de cargas positivas** y la esfera de la derecha con un **exceso de carga negativa**:





Si eliminamos la varilla de vidrio nos quedarían dos esferas metálicas **cargadas eléctricamente** juntas y **ahora unidas por la atracción entre cargas eléctricas de signo contrario**:



Electrización por inducción

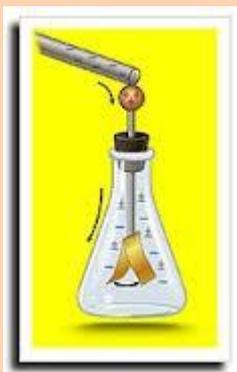
<https://www.youtube.com/watch?v=eHp7O56Homw>

Electrización por inducción

<https://www.youtube.com/watch?v=ViZNgU-Yt-Y>

3.- El Electroscopio

Es un instrumento que sirve para determinar la **presencia** o **ausencia** de **cargas eléctricas** de un cuerpo.



Propiedad de www.radioelectrónica.es

¿Cómo funciona el electroscopio?

El **electroscopio** basa su funcionamiento en la existencias de **fuerzas atractivas** o **repulsivas** entre cuerpos cargados electricamente.

Tomamos una barra **cargada positivamente**. Con esta barra podemos proceder de dos formas:

- a) Por **contacto** entre la barra y la esferita del aparato
- b) Por **inducción**

Por **contacto**

Cuando la barra **cargada positivamente** toca a la bola de metal del electroscópio, los **electrones de la esfera del electroscopio** pasarán a la **barra** y la esfera queda con **defecto de electrones** quedando cargada de forma **POSITIVA** (exceso de protones en la esfera). Estas cargas positivas, mediante el conductor existente dentro del electroscopio llegarán a las **placas metálicas cargándose ambas positivamente**. Cargas del mismo signo se repelen y por lo

tanto las láminas metálicas se separan.

Al alejar la barra del electroscopio, éste sigue teniendo la carga positiva que adquirió y las laminillas siguen separadas.

Si tocamos con los dedos la esferita del electroscopio este se descarga y las láminas metálicas se vuelven a unir.

Por inducción

Cuando la barra cargada positivamente se acerca a la bola de metal (sin tocarla), se producirá una inducción electrostática en la esfera del electroscopio que hace que los electrones de la esfera se redistribuyan acercándose a la varilla con carga positiva. En la nueva distribución de cargas la esfera por su parte inferior se carga positivamente, cargas positivas que a través del conductor interior llegan más carga positiva a las láminas y estas se habrán más.

Al alejar la barra del electroscopio, los electrones ubicados en la bola regresarán a las hojas quedando neutras dichas hojas, motivo por el cual éstas se cerrarán.

Funcionamiento del electroscópio

<https://www.youtube.com/watch?v=Qipl8SEi0ek>

Funcionamiento del electroscópio

<https://www.youtube.com/watch?v=rvuQ8YBjn5g>

Funcionamiento del electroscópio

<https://www.youtube.com/watch?v=t60TnGh6iq0>

Si queremos fabricar un electroscopio casero necesitaremos:

Materiales:

- a) Frasco de vidrio
- b) Trozo de alambre de cobre
- c) Cinta adhesiva
- d) Papel aluminio

La tapa del frasco debe **ser plástica** o de **otro material**, pero no metálica puesto que las cargas eléctricas podrían quedar retenidas en la tapa y el experimento saldría mal.

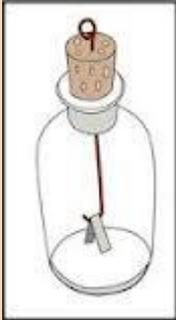
Procedimiento

Primero haces un pequeño orificio en la tapa, para que pueda pasar el alambre. Luego de introducirlo por allí, haces un gancho en la parte inferior, y en la superior, una espiral.

Ahora debes **cortar dos trozos de papel aluminio**, con un tamaño aproximado de 4 por 2 centímetros. Los mismos no deben ser muy grandes, para que su peso sea despreciable. Realiza un pequeño orificio en la parte superior de cada trozo. Eso te permitirá colgarlos en el gancho.

Coloca la tapa en el frasco, y listo! Al acercar cuerpos cargados, las hojuelas se separarán lo que determina la existencia de cargas eléctricas.

Electroscopio Casero



Propiedad de proyectosiriarte.blogspot.com

Páginas Web consultadas:

<http://www.buenastareas.com/ensayos/El-Electroscopio/915343.html>

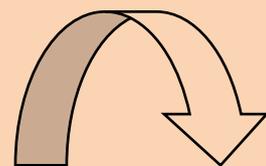
<http://www.wordreference.com/definicion/electroscopio>

<http://electroscopi0.blogspot.com.es/>

http://www.ehowenespanol.com/usos-del-electroscopio-hoja-oro-lista_74359/

<http://www.experimentosdefisica.net/fabricacion-de-un-electroscopio-casero/>

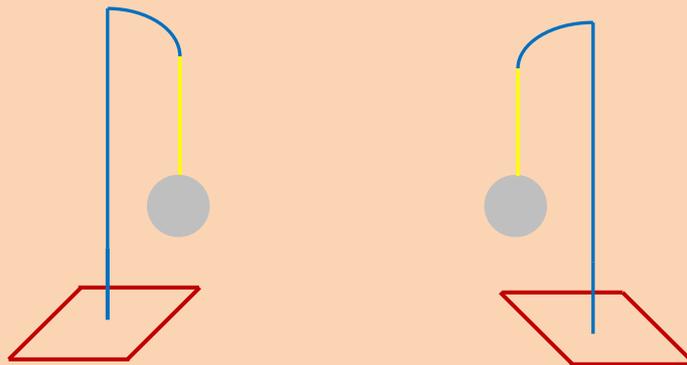
<http://www.experimentosdefisica.net/fabricacion-de-un-electroscopio-casero/>



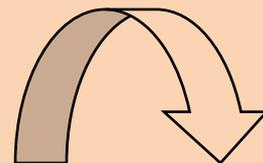
4.- Fuerzas atractivas y repulsivas entre cuerpos cargados eléctricamente

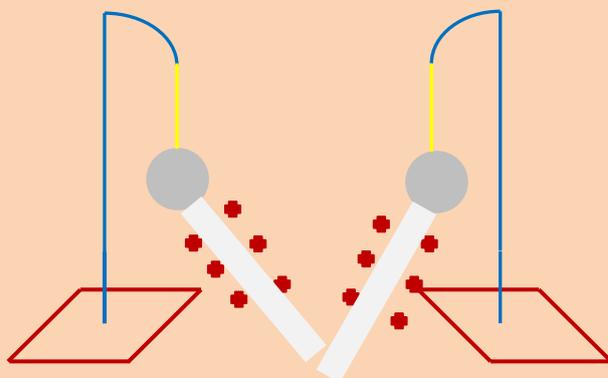
Mediante la **electrización por contacto** podemos establecer las **fuerzas electrostáticas** que se establecen entre cuerpos **cargados eléctricamente**.

Supongamos la existencia de dos péndulos con dos esferas recubiertas de papel de aluminio, **inicialmente neutras** (sin carga eléctrica):

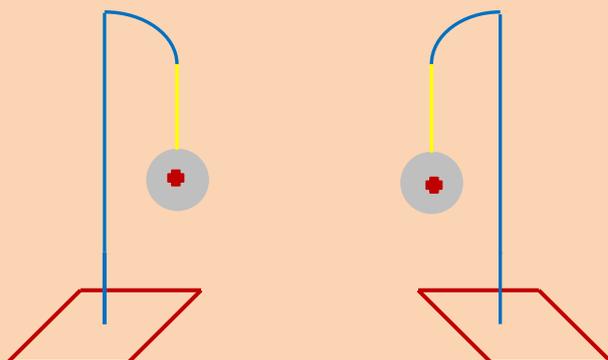


Frotaremos una **varilla de vidrio** con un paño de seda para **electrizarla positivamente**. Con esta varilla tocaremos las esferitas de aluminio:

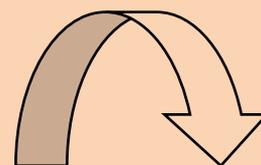


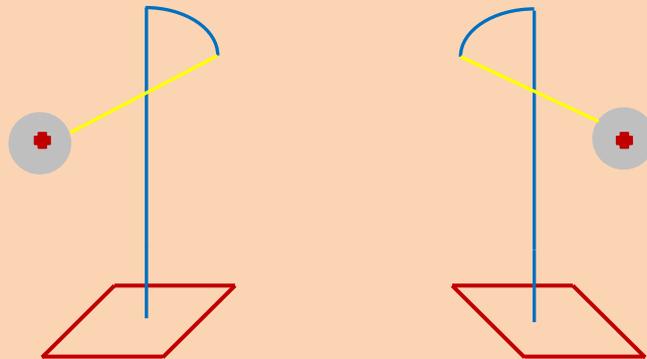


Las esferas se cargan eléctricamente con **electricidad positiva**:

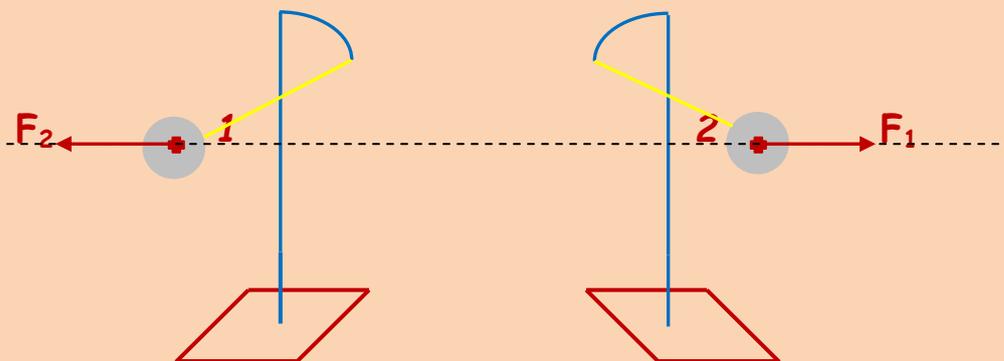


Observamos un **desplazamiento de las esferas** alejándose una de la otra:



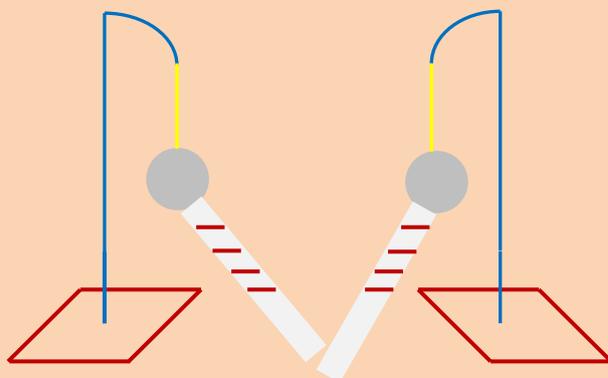


Para que este desplazamiento tenga lugar debe existir una interacción entre las esferas. La interacción se produce mediante **fuerzas electrostáticas**, según el diagrama:

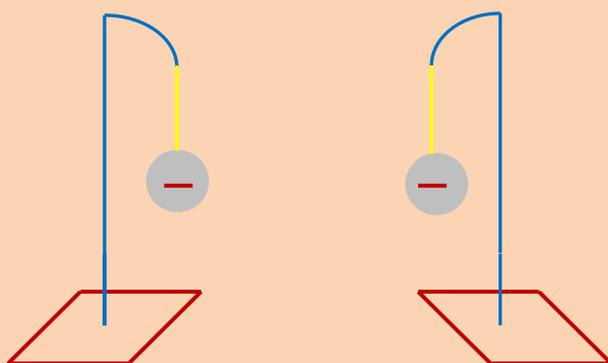


Lo que nos demuestra que entre dos **cuerpos cargados positivamente** aparecen **fuerzas electrostáticas de repulsión**.

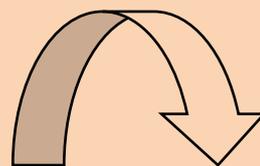
Volvamos al inicio y toquemos las dos esferitas con una varilla de **ebonita cargada negativamente**:

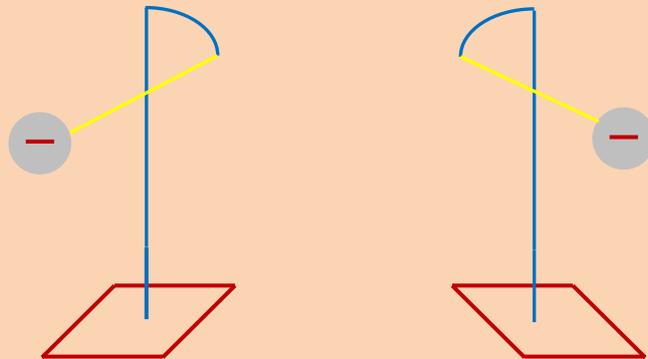


Las esferas quedarán **cargadas negativamente**:

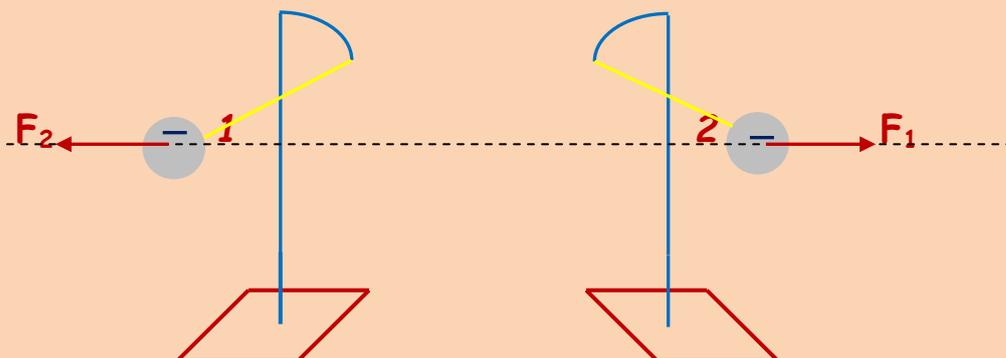


Se producirá un desplazamiento de las esferas en el sentido de separación entre ellas:





El desplazamiento tiene lugar por la interacción entre las dos esferas mediante **fuerzas electrostáticas de repulsión**:

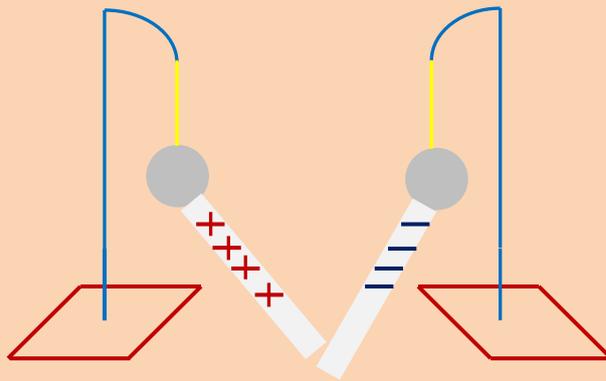


Entre dos cargas eléctricas negativas se establecen fuerzas electrostáticas de repulsión.

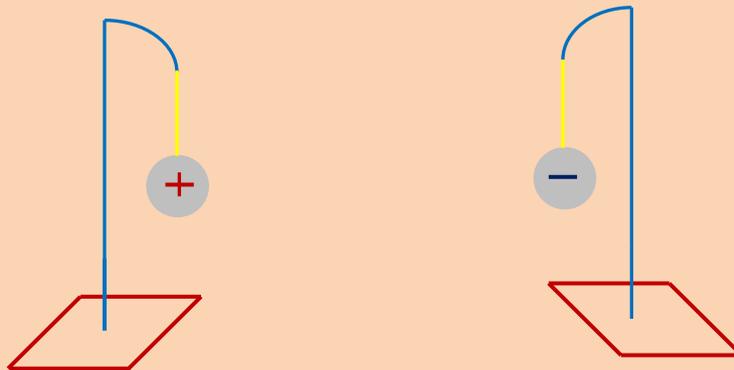
Podemos generalizar: Entre dos cargas eléctricas del mismo signo se establecen fuerzas electrostáticas de repulsión.

Volvemos a la posición inicial.

Tocaremos la esfera de la izquierda con la varilla de vidrio cargada positivamente y la esfera de la derecha con la varilla de ebonita cargada negativamente:

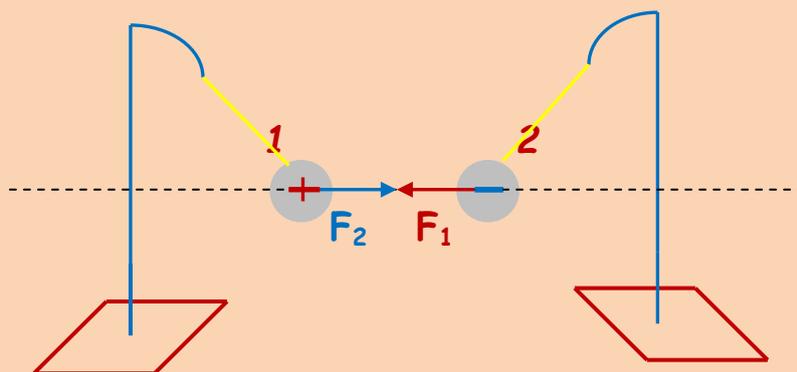


La nueva situación es:



Al tener **carga eléctrica de signo opuesto** las esferas se atraerán.

En este caso la interacción entre ambas cargas se manifiesta mediante **fuerzas electrostáticas atractivas**, según el esquema:



Podemos concluir: **Entre cargas eléctricas de signo contrario se establecen fuerzas electrostáticas de atracción.**

5.- Unidad elemental de carga eléctrica.

La **carga eléctrica elemental** es la del **electrón**. El electrón es la partícula elemental que lleva la **menor carga eléctrica negativa** que se puede aislar.

Como esta **unidad es extremadamente pequeña** para aplicaciones prácticas y para evitar el tener que hablar de cargas del orden de billones o trillones de unidades de carga,

se ha definido en el **Sistema Internacional de Unidades** el **culombio** como unidad de carga eléctrica:

$$1 \text{ C} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ electrones}$$

$$1 \text{ e}^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Podemos definir el **Culombio**: como la cantidad de carga que a la distancia de 1 metro ejerce sobre otra cantidad de carga igual, la fuerza de $9 \times 10^9 \text{ N}$.

El **Culombio** presenta **múltiplos y submúltiplos**:

$$1 \text{ nC (Nanoculombio)} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ } \mu\text{C (Microculombio)} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$1 \text{ KC (kiloculombio)} = 10^3 \text{ C}$$

$$1 \text{ MC (Megaculombio)} = 10^6 \text{ C}$$

Ejercicio resultado

Determinar los culombios correspondientes a 1 mol de electrones.

Resolución

Recordemos que el **MOL** representa una cantidad de **6,023 . 10²³** unidades de la magnitud queramos. En nuestro caso:

$$1 \text{ mol electrones} / 6,023 \cdot 10^{23} \text{ electrones}$$

Recordemos que la carga de un electrón es:

$$q_e / - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Por lo tanto a 1 mol de electrones le corresponden:

$$6,023 \cdot 10^{23} \text{ electrones} \cdot \frac{- 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ e}^-} =$$

$$= 9,63 \cdot 10^4 \text{ C de carga negativa}$$

Ejercicio resuelto

Determinar los electrones existentes en 96500 C

Resolución

Recordemos:

$$1 \text{ C} / 6,24 \cdot 10^{18} \text{ electrones}$$

En nuestra muestra inicial:

$$96500 \text{ C} \cdot \frac{6,24 \cdot 10^{18} \text{ electrones}}{1 \text{ C}} =$$

$$= 602160 \cdot 10^{18} \text{ electrones} =$$

$$= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ electrones}$$

Páginas web consultadas:

<http://www.etitudela.com/Electrotecnia/principiosdelaelectricidad/cargaycampoelectricos/contenidos/01d56993080931b38.html>

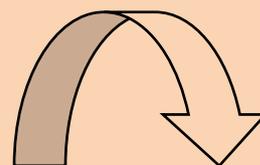
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Unidades-De-Carga-Elctrica/671642.html>

[http://www.ecured.cu/index.php/Coulomb_\(unidad\)#Subm.C3.BAltiplos_y_M.C3.BAltiplos](http://www.ecured.cu/index.php/Coulomb_(unidad)#Subm.C3.BAltiplos_y_M.C3.BAltiplos)

6.- Cuantificación de las fuerzas entre cuerpos cargados eléctricamente. Ley de Coulomb

La Ley de Coulomb dice que "la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales es proporcional al producto de las 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".

La fuerza eléctrica que actúa sobre una carga puntual " q_1 " como resultado de la presencia de una segunda carga puntual " q_2 " la podemos determinar mediante la ecuación de la ley de Coulomb:



$$F = K \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2}$$

K = Constante de proporcionalidad

Los **módulos** en las cargas nos indica que al aplicar la ecuación nunca pondremos el signo de la carga. Al obtener el valor de la fuerza especificaremos si es de **atracción** o **repulsión**.

En el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, la carga se expresa en **culombios, C**. La **distancia** se mide en **metros, m**, y la **fuerza** en **newtons, N**.

El **medio** en donde aplicamos la ecuación de la ley de Coulomb (aire, agua, vacío) también tiene su participación en la ecuación mediante la Const. de proporcionalidad.

Luego **K**, en el **aire** o el **vacío** y en el Sistema Internacional de Unidades tiene un valor de **9 . 10⁹ N .m² /C²**

Páginas Web consultadas:

<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/ElectricidadLeyCoulomb.html>

<http://www.slideshare.net/richiser/ley-de-coulomb-14795527>

http://www.ecured.cu/index.php/Ley_de_Coulomb

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elefor.html>

<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Campo-electrico/Electrico4.htm>

7.- Ejercicios Resueltos

Ejercicio resuelto1

Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas q_1 y q_2 distantes una de la otra 5 cm.

Datos:

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \text{ (en el vacío)}$$

$$q_1 = + 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

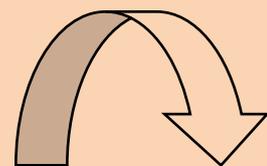
$$q_2 = + 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

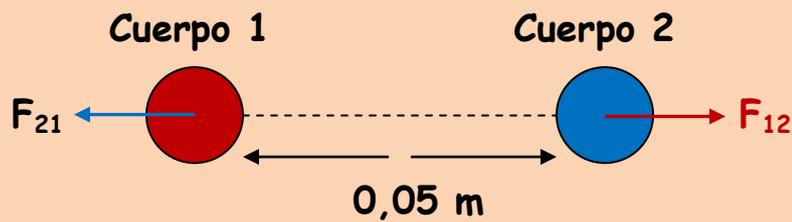
Resolución

Cambio de unidades al S.I.:

$$R = 5 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,05 \text{ m}$$

Las dos cargas tienen el mismo signo y por lo tanto se repelen con una fuerza:





F_{12} es la **fuerza repulsiva** que ejerce el cuerpo 1 sobre el cuerpo 2.

F_{21} es la **fuerza repulsiva** que ejerce el cuerpo 2 sobre el cuerpo 1.

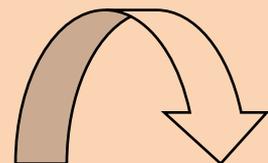
Se cumple que: $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$

Las fuerzas de repulsión tienen el mismo valor.

Nos vamos a la ecuación de Coulomb y sustituimos datos:

$$F = K \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,05 \text{ m})^2} =$$



$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \cancel{\text{m}^2} \cdot \cancel{\text{C}^2}}{0,0025 \text{ m}^2 \cdot \cancel{\text{C}^2}} =$$

$$F = 9000 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12} \text{ N} = 9000 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 9 \text{ N}$$

Conclusión: Los dos cuerpos se repelen con una fuerza de intensidad:

$$F = 9 \text{ N}$$

Ejercicio resuelto2

Determinar la fuerza que actúa sobre las cargas eléctricas $q_1 = -1,25 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. y $q_2 = +2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. que se encuentran en reposo y en el vacío a una distancia de 10 cm.

Resolución

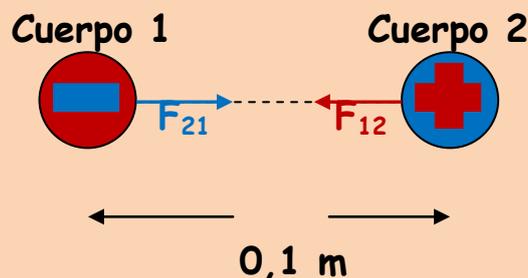
Datos:

$$q_1 = -1,25 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = +2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

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

$$r = 10 \cancel{\text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \cancel{\text{ cm}}} = 0,1 \text{ m}$$



En este caso, al ser las dos cargas eléctricas de distinto signo se **ATRAERÁN** con una intensidad de fuerza que nos la proporciona la ley de Coulomb:

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

Llevando datos:

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{1,25 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}}{(0,1 \text{ m})^2} =$$

$$F = \frac{22,5 \cdot 10^{-5}}{0,01} \cdot \text{N} \cdot \frac{\cancel{\text{m}^2}}{\cancel{\text{C}^2}} \cdot \frac{\cancel{\text{C}^2}}{\cancel{\text{m}^2}} = 2250 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Conclusión: Los dos cuerpos se atraen con una fuerza de intensidad **2250 · 10⁻⁵ N**

Ejercicio resuelto3

Dos cargas puntuales (q_1 y q_2) se atraen inicialmente entre sí con una fuerza de 600 N, si la separación entre ellas se reduce a un tercio de su valor original ¿cuál es la nueva fuerza de atracción?

Resolución

Según la ley de Coulomb:

$$F = K \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2}$$

Para trabajar de forma simple nos olvidamos de las unidades de las magnitudes que entran en acción pero NO olvidamos que estamos trabajando en el S.I.

Llamemos a la longitud de separación inicial R_0 , luego:

$$600 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R_0^2}$$

$$600 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R_0^2}$$

Despejamos $|q_1| \cdot |q_2|$:

$$|q_1| \cdot |q_2| = \frac{600 \cdot R_0^2}{9 \cdot 10^9} \quad (1)$$

Al reducir la distancia inicial en 1/3, la distancia de separación será **$R_0/3$** y nos aparecerá una nueva fuerza que le vamos a llamar **F_2** . Las q_1 y q_2 se mantienen constantes:

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{(R_0/3)^2}$$

Trabajando en (2):

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot |q_1| \cdot |q_2| / (R_0/3)^2$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot |q_1| \cdot |q_2| / (R_0^2/9)$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot |q_1| \cdot |q_2| / R_0^2$$

Despajamos $|q_1| \cdot |q_2|$:

$$|q_1| \cdot |q_2| = \frac{F_2 \cdot R_0^2}{81 \cdot 10^9} \quad (3)$$

Unimos las ecuaciones (1) y (3):

$$|q_1| \cdot |q_2| = \frac{600 \cdot R_0^2}{9 \cdot 10^9}$$

$$|q_1| \cdot |q_2| = \frac{F_2 \cdot R_0^2}{81 \cdot 10^9}$$

Los miembros de la izquierda son iguales lo que nos permite igualar los miembros de la derecha:

$$\frac{600 \cdot R_0^2}{9 \cdot 10^9} = \frac{F_2 \cdot R_0^2}{81 \cdot 10^9}$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot F_2 = 81 \cdot 10^9 \cdot 600$$

$$81 \cdot 10^9 \cdot 600$$

$$F_2 = \frac{81 \cdot 10^9 \cdot 600}{9 \cdot 10^9} = 5400 \text{ N [1]}$$

[1] Recordar que trabajamos en el S.I.

Ejercicio resuelto4

¿Cuál debe ser la separación entre dos cargas de $+5 \mu\text{C}$ para que la fuerza de repulsión sea 4 N?

Resolución

Datos:

Recordar: $1\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$

ELECTROSTÁTICA. LEY DE COULOMB

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$q_1 = + 5 \cancel{\mu\text{C}} \cdot \frac{10^{-6} \text{ C}}{\cancel{1\mu\text{C}}} = +5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = q_1 = + 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = 4 \text{ N}$$

Coulomb dice:

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

Sustituimos los datos:

$$4 \cancel{\text{N}} = 9 \cdot 10^9 \cancel{\text{N}} \cdot \frac{\text{m}^2}{\cancel{\text{C}^2}} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}}}{R^2}$$

$$4 \cdot R^2 = 225 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

Despejamos R:

$$R^2 = \frac{225 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{4}$$

$$R = \sqrt{\frac{225 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{4}} = 0,237 \text{ m}$$

Ejercicio resuelto5

Dos cargas puntuales $q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ están separadas 0,5 m y ubicadas en el vacío. Calcule el valor de la fuerza entre las cargas.

Resolución

Datos:

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

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

$$R = 0,5 \text{ m}$$

Según la ecuación de Coulomb:

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

Sustituimos datos:

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \text{N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,5 \text{ m})^2}$$

$$F = 108 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{N} \cdot \cancel{\text{m}^2} \cdot \cancel{\text{C}^2}}{\cancel{\text{C}^2} \cdot 0,25 \cancel{\text{m}^2}} = 0,432 \text{ N}$$

Como las dos cargas eléctricas son positivas ambas se repelen con una fuerza de intensidad **0,432 N**

Ejercicio resuelto6

Calcular la carga de dos partículas igualmente cargadas, que se repelen con una fuerza de 0,1 N, cuando están separadas por una distancia de 50 cm en el vacío.

Resolución

Si las cargas se repelen es porque tienen el **mismo signo** (positivas o negativas).

Datos:

$$R = 50 \cancel{\text{cm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \cancel{\text{cm}}} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 0,1 \text{ N}$$

Además se cumple que $|q_1| = |q_2| = q$

Según Coulomb:

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

Sustituimos datos:

$$0,1 \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{q \cdot q}{(0,5 \text{ m})^2}$$

Quitamos denominadores:

$$0,1 \text{ N} \cdot \text{C}^2 \cdot 0,25 \text{ m}^2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot q^2$$

Despejamos q :

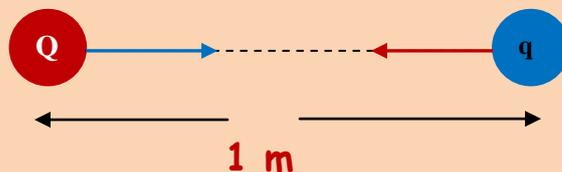
$$q^2 = \frac{0,1 \text{ N} \cdot \text{C}^2 \cdot 0,25 \text{ m}^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2} =$$

$$q = \sqrt{2,7 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2} = 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Luego: $q_1 = q_2 = 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

Ejercicio resuelto7

Hallar el valor de la carga Q de una partícula tal que colocada a 1 m de otra, cuya carga es de $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, la atrae con una fuerza de 2 N. Realiza un croquis de la acción entre las dos cargas

Resolución

$$q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$R = 1 \text{ m}$$

$$F = 2 \text{ N}$$

La carga Q debe ser **NEGATIVA** puesto que atrae a q que es **POSITIVA**. El valor de Q lo obtendremos mediante la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{R^2}$$

$$2 \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{Q \cdot q}{(1 \text{ m})^2}$$

$$Q = \frac{2 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}} = -0,011 \text{ C}$$

Ejercicio resuelto8

Calcular la distancia "r" que separa dos partículas cargadas con $2 \cdot 10^{-2} \text{ C}$ cada una, sabiendo que la fuerza de interacción entre ambas es de $9 \cdot 10^5 \text{ N}$.

Resolución

$$q_1 = q_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ C}$$

$$F = 9 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Según la ecuación de Coulomb:

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

Sustituimos datos:

$$9 \cdot 10^5 \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ C}}{R^2}$$

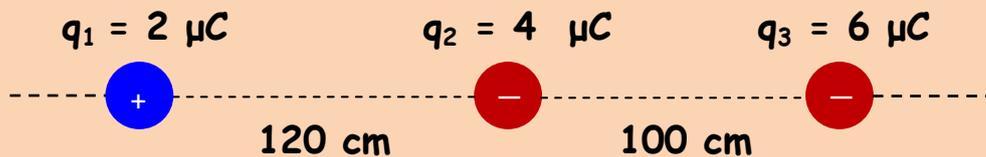
$$9 \cdot 10^5 \text{ R}^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R^2 = \frac{36 \cdot 10^5 \text{ m}^2}{9 \cdot 10^5} = 4 \cdot 10^8 \text{ m}^2$$

$$R = (4 \text{ m}^2)^{1/2} = 2 \text{ m}$$

Ejercicio resuelto9

Dado el esquema siguiente:



Determinar gráfica y cuantitativamente:

- La fuerza que se ejerce sobre q_2
- La fuerza que se ejerce sobre q_3
- La fuerza que se ejerce sobre q_1

Resolución

$$q_1 = 2 \mu\text{C} = 2 \cancel{\mu\text{C}} \cdot \frac{10^{-6} \text{ C}}{1 \cancel{\mu\text{C}}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

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

$$q_3 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

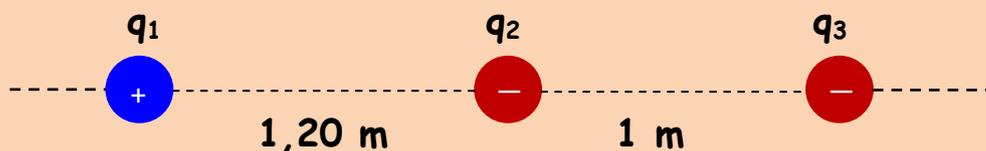
$$r_1 = 120 \text{ cm} = 120 \cancel{\text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \cancel{\text{ cm}}} = 1,20 \text{ m}$$

$$r_2 = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

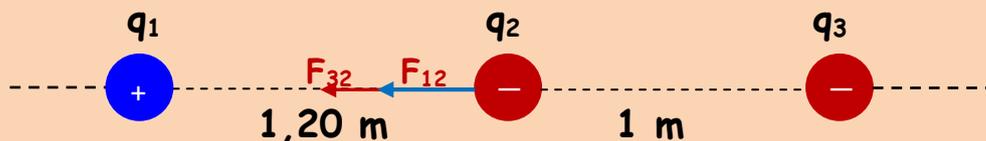
Sobre la carga q_2 actuarán dos fuerzas ejercidas por las otras dos cargas.

Recordar que cargas del mismo signo se repelen y cargas de distinto signo se atraen.

a) Fuerza total sobre q_2



Sobre q_2 actúan q_1 y q_3 . La fuerza ejercida por q_1 es atractiva y la ejercida por q_3 es repulsiva. Queda el siguiente diagrama de fuerzas:



Según el diagrama de fuerzas la F_{12} y F_{32} son dos fuerzas de **igual dirección** y **sentido** por lo que su resultante, fuerza que actúa sobre la q_2 la podemos obtener según la ecuación:

$$FR_{q_2} = F_{12} + F_{32}$$

Cálculo F_{12} :

Según Coulomb:

$$F_{12} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

$$F_{12} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1,20 \text{ m})^2}$$

$$F_{12} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\cancel{\text{m}^2}}{\cancel{\text{C}^2}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}}}{1,44 \cancel{\text{m}^2}}$$

$$F_{12} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Calculo de F_{32} :

$$F_{32} = K \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{R^2}$$

$$F_{32} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1 \text{ m})^2}$$

$$F_{32} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\cancel{\text{m}^2}}{\cancel{\text{C}^2}} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{C}}}{1 \cancel{\text{m}^2}}$$

$$F_{32} = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

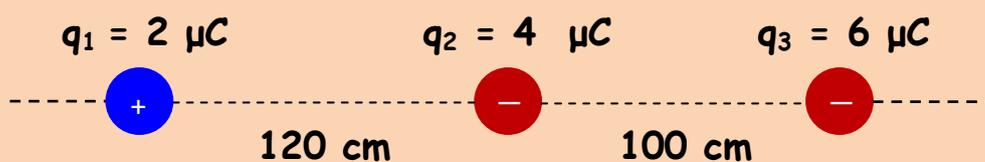
$$FR_{q_2} = F_{12} + F_{32} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N} + 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} =$$

$$= 266 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

b) Fuerza que actúa sobre la carga q_3

Sobre q_3 actúan las cargas q_1 y q_2 mediante las fuerzas F_{13} y F_{23} .

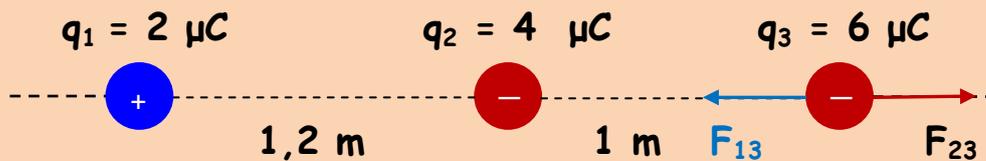
Esquema inicial de cargas:



La q_1 por tener distinto signo atraerá a q_3 con una fuerza F_{13} que tiene el punto de aplicación en el cuerpo que soporta la carga q_3 y será una fuerza atractiva.

La carga q_2 tiene el mismo signo que q_3 por lo que la fuerza F_{23} será repulsiva.

Diagrama de fuerzas:



Las fuerzas F_{13} y F_{23} son de la **misma dirección y sentido contrario**. La fuerza resultante de F_{13} y F_{23} es la fuerza resultante que actúa sobre q_3 y cuyo módulo podemos calcular mediante la ecuación:

$$FR_{q_3} = F_{23} - F_{13}$$

Cálculo de F_{23} :

$$F_{23} = K \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{R^2}$$

Para realizar el cálculo más fácil nos olvidamos de las unidades pero sabemos que trabajamos en el S.I.

$$F_{23} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{1^2} = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Cálculo de F_{13} :

$$F_{13} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{R^2}$$

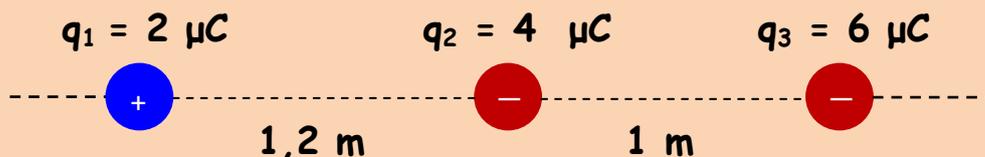
$$F_{13} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(1,2 + 1)^2} = 22,21 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Luego R_{Fq_3} :

$$R_{Fq_3} = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} - 22,21 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 193,79 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

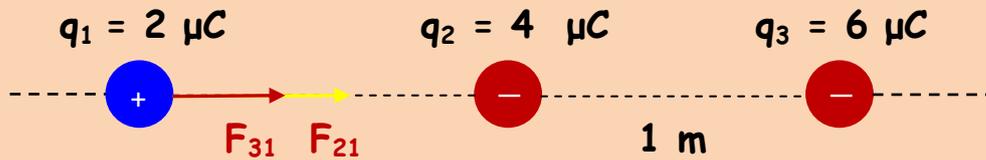
c) Fuerza resultante sobre la carga q_1 .

Diagrama inicial de cargas:



Sobre q_1 actúan q_2 y q_3 mediante las fuerzas F_{21} y F_{31} . Las cargas q_1 y q_2 son de signo opuesto luego la carga F_{21} será atractiva hacia q_2 . Las cargas q_1 y q_3 son de signo opuesto luego la fuerza F_{31} será atractiva hacia q_3 .

Diagrama de fuerzas:



Se trata de dos fuerzas de la **misma dirección y sentido**, su resultante, que es la resultante de las fuerzas que actúan sobre q_1 , la podremos calcular mediante la suma de las dos fuerzas:

$$FR_{q_1} = F_{21} + F_{31}$$

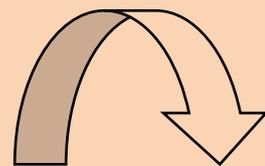
Calculo F_{21} :

dirección de las cargas. Obtenemos un diagrama de fuerzas:

$$F_{21} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

$$F_{12} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1,20)^2}$$

$$F_{21} = 72/1,44 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$



Calculo de F_{31} :

$$F_{31} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{R^2}$$

$$F_{31} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(2,20)^2} = 22,31 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$FRq_1 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N} + 22,31 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 72,31 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

----- O -----