TEMA Nº 1. ELECTROSTÁTICA

La electrostática es la rama de la *Física* que estudia los efectos mutuos que se producen entre los cuerpos como consecuencia de su *carga eléctrica*, es decir, el estudio de las *cargas eléctricas en reposo*, sabiendo que las cargas puntuales son cuerpos cargados cuyas dimensiones son despreciables frente a otras dimensiones del problema. La *carga eléctrica* es la propiedad de la materia responsable de los *fenómenos electrostáticos*, cuyos efectos aparecen en forma de *atracciones* y *repulsiones* entre los cuerpos que la poseen. (Wikipedia)

El tema lo desarrollaremos en función de los siguientes contenidos:

Comenzamos con el tema

1.- Concepto electrónico de carga eléctrica

A instancias de la Física la *carga eléctrica* resulta ser una *propiedad intrínseca* que presentan algunas *partículas subatómicas* la cual se manifestará a través de *atracciones* y *repulsiones* que determinarán las interacciones entre ellas, siendo las mismas cargas *positivas* y cargas *negativas*.

Los átomos, como bien sabemos, están constituidos por un núcleo y una corteza(órbitas) En el núcleo se encuentran muy firmemente unidos los protones y los neutrones. Los protones tienen carga positiva y los neutrones no tienen carga. Alrededor del núcleo se encuentran las órbitas donde se encuentran girando sobre ellas los electrones. Los electrones tienen carga negativa. Ambas cargas la de los protones(positiva) y la de los electrones(negativa) son iguales, aunque de signo contrario y de esta forma conseguimos que el átomo sea eléctricamente *NEUTRO*

La *electricidad estática* es una *carga eléctrica* que se mantiene en *estado estacionario* (en reposo) sobre un objeto, causada por la *pérdida* o *ganancia* de *electrones*.

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*.

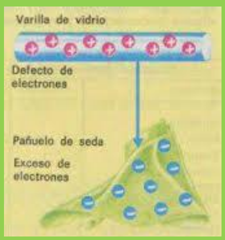

Propiedad de www.gimnasiovirtual.edu.co

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

1.- *Carga positiva*: Corresponde a la carga del protón.

2.- *Carga negativa*: Corresponde a la carga del electrón.

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



Propiedad de etitudela.com

Cualquier trozo de materia puede adquirir carga eléctrica.

Han participado en este primer punto del tema las páginas web siguientes:

Páginas Web consultadas:

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

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

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

2.- Unidad elemental de carga eléctrica. Unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional de unidades

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*:

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

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 x 10^9 N*.

El Culombio presenta múltiplos y submúltiplos:

1 nC (Nanoculombio) *= 10^{-9} C*

1 µC (Microculombio) *= 10^{-6} C*

1 KC (kiloculombio) *= 10^{3} C*

1 MC (Megaculombio) *= 10^{6} C*

Páginas web consultadas:

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

http://www.buenastareas.com/ensayos/Unidades-De-Carga-Electrica/671642.html

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

3.- Electroscopio. Dibujo, funcionamiento y conclusiones obtenidas de dicho funcionamiento

Es un instrumento que sirve para determinar la *presencia* o *ausencia* de *cargas eléctricas* de un cuerpo. Para esto, el cuerpo cargado se acerca o se pone en contacto con la esferita metálica.

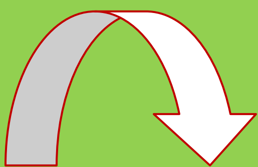
 **Propiedad de www.radioelectrónica.es**

¿Cómo funciona el electroscopio?

El electroscopio funciona cumpliendo la cualidad de *fuerzas de atracción y repulsión* entre cuerpos cargados eléctricamente así como la conductividad en los metales. En los ejemplos se tomará una barra cargada positivamente. Para hacer funcionar un electroscopio se puede ejecutarlo por *"contacto"* o *"inducción"*.

a) **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.**
   Los electrones serán atraídos por la barra metálica y la *esfera cargada positivamente*. Los electrones son transportados por el fino hilo metálico existente dentro del electroscopio y cargando las dos láminas metálicas con electricidad estática positiva.
   Cargas del mismo signo se repelen y por tanto las láminas metálicas se separan.

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.



b) Por *contacto*.- Cuando la barra cargada positivamente toca a la bola de metal, los electrones de la esfera del electroscopio cederán electrones al la barra y quedando la *esfera con un defecto de electrones*, es decir, cargada electricamente de *forma positiva* puesto que ahora existirá un exceso de *protones* (positivos). Estas cargas positivas, por el conductor existente dentro del electroscopio llegarán a las placas metálicas *cargándose positivamente*. Cargas del mismo signo se repelen y por lo tanto las láminas metálicas se separan.

Al alejar la barra del electroscopio, éste quedará cargado positivamente (signo de la barra) y por lo tanto las hojas permanecerán abiertas (debido a la repulsión electrostática).

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.

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.- Electrización. Tipos y características

Algunos átomos tienen más facilidad para perder sus electrones que otros. Si un material tiende a perder algunos de sus electrones cuando entra en contacto con otro, se dice que es más positivo en la serie Triboeléctrica (Se han ordenado las sustancias en la llamada *"serie triboeléctrica"* en la cual al frotar dos de ellas la que está a la

izquierda en la serie se carga positivamente y la que está a la derecha negativamente.
Así, el vidrio se carga negativamente al ser frotado con piel de conejo y positivamente con lana). Si un material tiende a capturar electrones cuando entra en contacto con otro material, dicho material es más negativo en la *serie triboeléctrica*.

Por lo tanto la corriente eléctrica puede tener distinto origen:

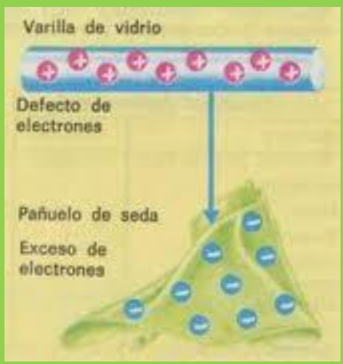
a) ***Puede tratarse de un flujo de electrones***

b) ***De un flujo de protones***

c) ***Incluso de un flujo de ambos moviéndose en direcciones opuestas.***

Hoy en día se sabe que existen diferentes formas de cargar un cuerpo, esto es, de *electrizarlo*:

a) ***Electrización por frotamiento*: se produce cuando se frotan materiales con distinta capacidad para retener electrones.**

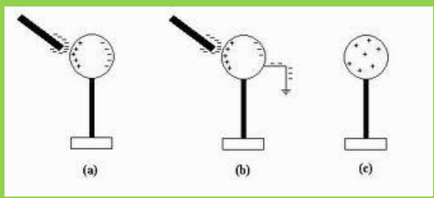


Propiedad de fisicarangel.50webs.com

Cuando este tipo de electrización ocurre, cada uno de los cuerpos que rozan queda cargado con cargas de distinto signo.

b) ***Electrización por contacto*: se produce cuando se pone en contacto un cuerpo con otro previamente electrizado. En este caso ambos cuerpos quedan cargados por cargas del mismo signo.**

c) *Electrización por inducción*: es un tipo de electrización que no precisa de contacto directo entre los materiales. Se produce cuando se acerca un cuerpo cargado eléctricamente a otro cuerpo neutro (que tiene el mismo número de cargas positivas que negativas).



Propiedad de www1.uprh.edu

Entonces se produce una *interacción eléctrica* entre las cargas del *objeto electrizado* y las del *cuerpo neutro*, dando como resultado que la *distribución de cargas se altera* pues el cuerpo *electrizado induce una carga con signo contrario* en la parte más próxima del *cuerpo neutro* y por lo tanto *lo atrae*. En el diagrama superior se muestra el procedimiento para electrificar un cuerpo por inducción. Observa que, de nuevo, la carga obtenida por este método es de *signo opuesto del cuerpo cargado original*.

Páginas Webs consultadas:

http://es.wikipedia.org/wiki/Electrizaci%C3%B3n

http://www.icarito.cl/enciclopedia/articulo/segundo-ciclo-basico/ciencias-naturales/fuerza-y-movimiento/2012/10/61-9631-9-octavo-basico-formas-de-electrizacion.shtml

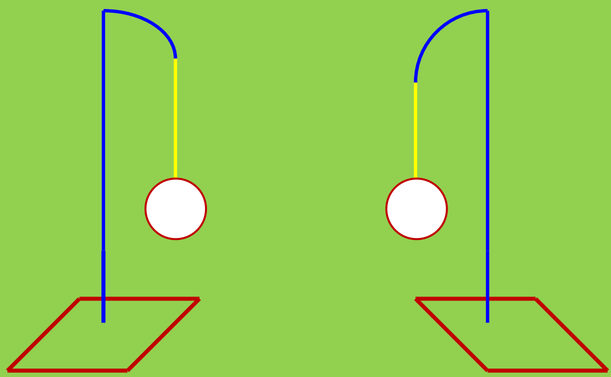
http://www.etitudela.com/Electrotecnia/principiosdelaelectricidad/cargaycampoelectricos/contenidos/01d56993080930f36.html

http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3229/html/1__fenmenos_de_electrizacin.html

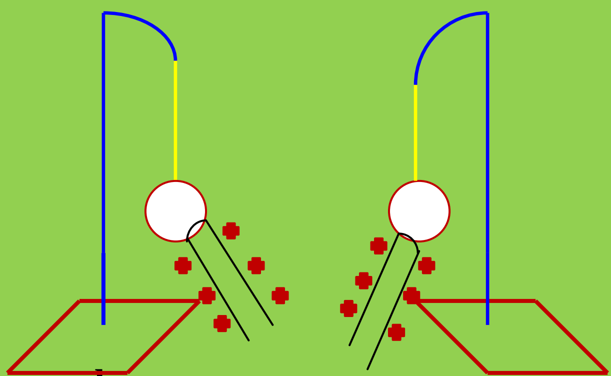
http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/triboelectrica.htm

5.- Interacción (fuerzas) entre cuerpos cargados eléctricamente

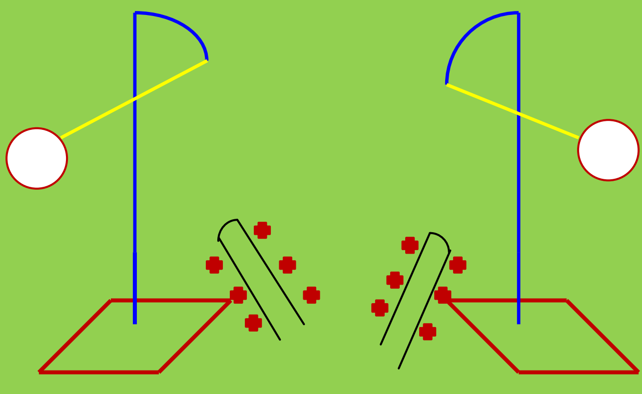
Supongamos la existencia de dos péndulos con dos eferas recubiertas de papel aluminio:



Toquemos las esferas con una varilla de vidrio cargada positivamente (exceso de protones):



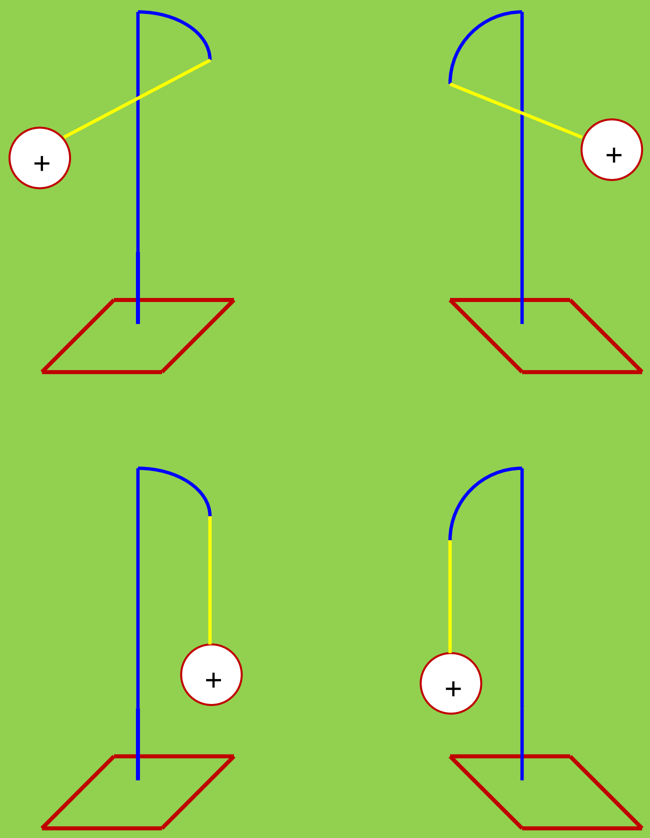
Lo primero que observamos es:



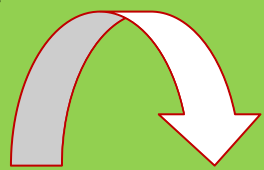
***Las esferas se separan de las varillas de vidrio*.**

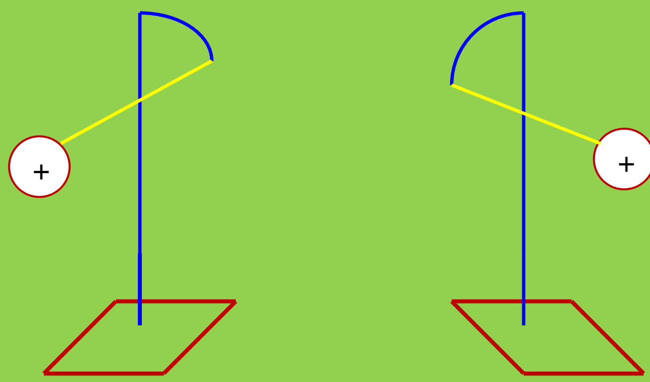
La razón de este fenómeno se puede establecer en el hecho de que las *esferas también se cargan positivamente*. Es decir, ya aparece una *interacción entre las dos esferas cargadas eléctricamente del mismo signo*, que debe ser de *REPULSIÓN*, puesto que las esferas se separan de las varillas.

Cuando eliminamos las varillas, las esferas tienden a volver a su posición inicial pero ya *cargadas eléctricamente de forma positiva*.



Cuando pensábamos que todo había terminado vuelve a producirse un nuevo desplazamiento de las esferas:



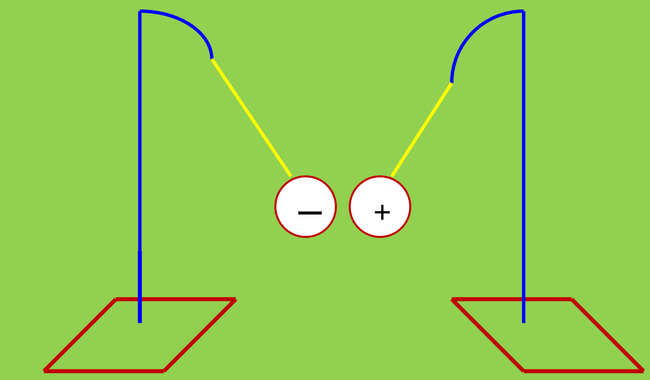


La conclusión a la que podemos llegar es: *Cargas del mismo signo se REPELEN.*

Si realizamos la experiencia con una varilla de ebonita, negativa por exceso de electrones, ocurrirá lo mismo.

Cargas eléctricas del mismo signo se REPELEN

Ahora toquemos una esfera con una varilla de vidrio y la otra con una de ebonita. Una esfera tendrá signo *POSITIVO* y la otra signo *NEGATIVO* y nos encontraremos con la siguiente situación:



La nueva conclusión:

Cargas eléctricas de distinto signo se ATRAEM.

5.1.- El profesor explicará la cuestión 5ª mediante un diagrama de fuerzas

Para poder explicar la interacción de las esferas del apartado anterior debemos establecer una clasificación de magnitudes:

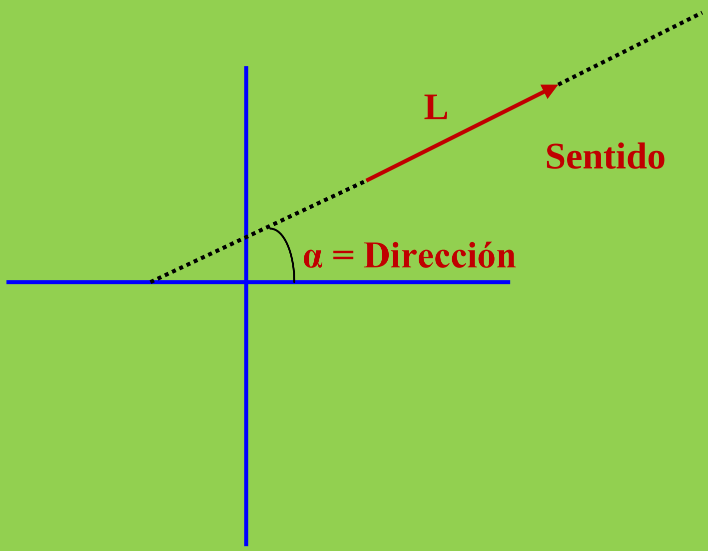
a) ***Magnitudes Escalares.-*** **Quedan definidas por el valor (módulo o medida) de la magnitud. Ejemplo: Un cuerpo tiene de masa 500 Kg**

b) ***Magnitudes Vecoriales.-*** **Aparte del módulo necesitan para quedar definidas:**

1.- Una dirección

2.- Un sentido

Los vectores se representan mediante *FLECHAS*:



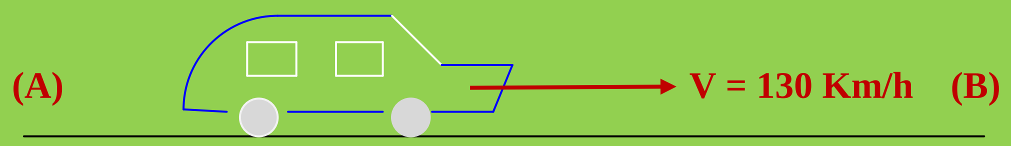
L **= Longitud del vector = Valor de la magnitud (módulo)**

Punta de Flecha **= Sentido**

α **= Ángulo que forma el vector con el eje OX del sistema de coordenadas.**

Una magnitud *VECTORIAL* por excelencia es la fuerza.

Veamos el siguiente croquis:

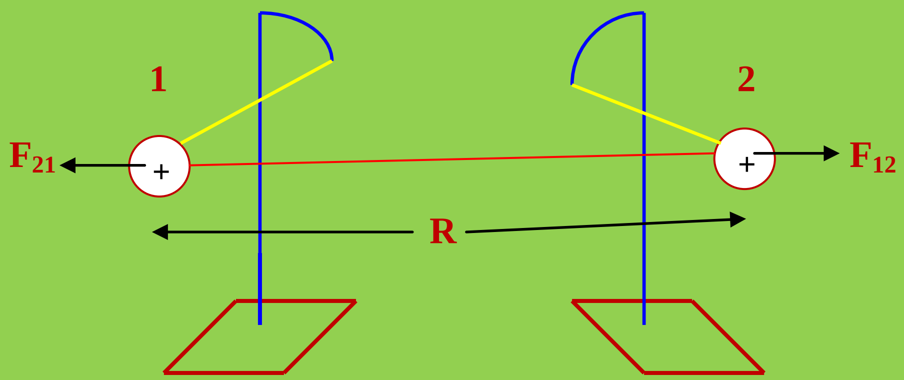


A las *magnitudes vectoriales* se les pone en la parte superior una *flechita* para distinguirlas de las escalares. El dato de la velocidad del coche lo podríamos poner de la forma:

$$|\vec{V}| = 130\ \text{Km/h} \quad ; \quad |\vec{V}| = \text{Módulo o valor de la velocidad}$$

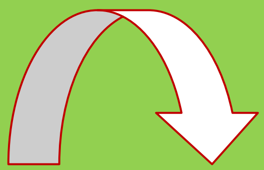
Según el croquis, el coche se desplaza hacia la derecha, en la dirección AB y con un valor o módulo de la velocidad de 130 Km/h.

Lo que le ocurrían a las esferítas del apartado anterior es que había una interacción, es decir, unas *fuerzas* entre ellas. Veamoslo:

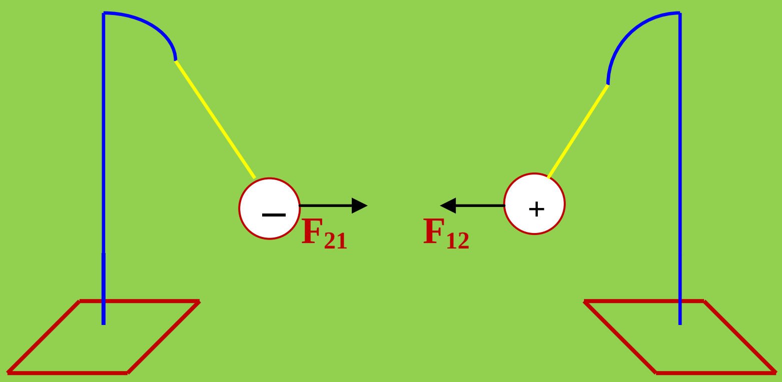


La esfera *1* ejerce una fuerza sobre la esfera *2* (F_{12}) y la esfera *2* ejerce una fuerza sobre la esfera *1* (F_{21})

En lo referente a la otra situación, esferas de distinta carga eléctrica las fuerzas son atractivas:



He separado los dos soportes para que veáis mejor las fuerzas



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 esta dada por la ley de Coulomb:**

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

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), *la carga* se expresa en *culombios*, *C*, siendo la *carga* de un electrón igual a $1{,}602\cdot10^{-19}C$. La *distancia* se mide en *metros*, *m*, y *la fuerza* en *newtons*, *N*. El medio donde nos encontremos también tiene su participación mediante la *permitividad*, ε, La ecuación de la ley ley de Coulomb quedaría:

El valor de la *K* $k = 1/4\pi\varepsilon$.

$$F = 1/4\pi\varepsilon \ . \ |q_1| \ . \ |q_2| / R^2$$

La constante K, en el Sistema Internacional, tiene un valor de:

$$1/4\pi\varepsilon \ N \ . \ m^2/C^2$$

A su vez la constante $\varepsilon = \varepsilon_r \ . \ \varepsilon_o$ donde ε_r es la *permitividad* relativa,

$$F = 1 \ / \ 4\pi . \ \varepsilon_r . \varepsilon_o \ | \ q_1 \ | \ . \ | \ q_2 \ | \ / \ R^2$$

y ε_o la *permitividad en el vacio*

Sabemos que:

$\varepsilon_r \approx 1$ y $\varepsilon_o = 8{,}85 \ . \ 10^{-12} \ C^2/N \ . \ m^2$ es la *permitividad del medio en el vacío.* ε_r en el aire tiene el mismo valor que en el *vacio*

Valores que llevados a la ecuación de Coulomb nos quedaría:

$$F = 1 \ / \ 4\pi \ . \ 1 \ . \ 8{,}85 \ . \ 10^{-12} \ C^2/N \ . \ m^2 \ | \ q_1 \ | \ . \ | \ q_2 \ | \ / \ R^2$$

$$F = 0{,}0089 \ . \ 10^{12} \ N \ . \ m^2/C^2 \ . \ | \ q_1 \ | \ . \ | \ q_2 \ | \ / \ R^2$$

$$F = 8{,}9 \ . \ 10^9 \ N \ . \ m^2/C^2 \ . \ | \ q_1 \ | \ . \ | \ q_2 \ | \ / \ R^2$$

Luego *K*, en el *aire* o el *vacío* y en el Sistema Internacional de Unidades tiene un valor de $9 \ . \ 10^9 \ N \ .m^2 \ /C^2$

$$\boxed{F = K \ . \ | \ q_1 \ | \ . \ | \ q_2 | \ / \ R^2}$$

Cuando el medio que rodea a las cargas no es el vacío hay que tener en cuenta la *Constante de Coulomb* o *Constante dieléctrica (K)* y la *Permitividad* del material.

Sabemos que K depende del medio

$$K = 1 / 4\pi\varepsilon_r\varepsilon_o$$

Si sustituimos valores:

$$K = 1 / 4\pi\varepsilon_r \,.\, 8{,}85 \,.\, 10^{-12}\ C^2/N \,.\, m^2$$

$$K = 0{,}0089 \,.\, 10^{12} / \varepsilon_r \ ; \ K = 9 \,.\, 10^9 / \varepsilon_r$$

La ecuación de Coulomb quedará por último de la forma:

$$F = K/\varepsilon_r \,.\, |q_1| \,.\, |q_2| / R^2$$

Las líneas paralelas (valores absolutos) nos quieren decir que no debemos poner, en la ecuación de Coulomb el *SIGNO* de las cargas eléctricas.

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

Ejercicio resuelto

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

Datos:

$K = 9 \,.\, 10^9\ N \,.\, m^2/C^2$ (en el vacío)

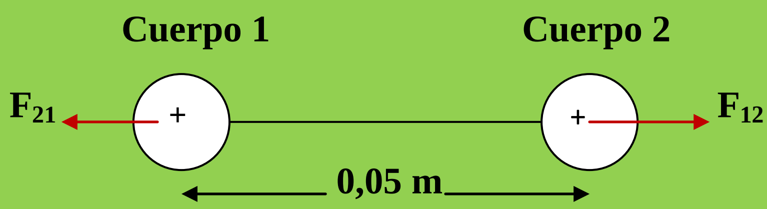
$q_1 = + 1 . 10^{-6}$ C

q_2 = + 2,5 . 10-6 C

$r = 5\ \cancel{cm} . 1\ m/100\cancel{cm} = 0{,}05\ m$

Resolución

Las dos cargas tienen el mismo signo y por lo tanto se repelerán.



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: $|F_{12}| = |F_{21}|$

Nos vamos a la ecuación de Coulomb y sustituimos datos:

$$F = K . |q_1|. |q_2| / r^2$$

$$F = 9 . 10^9\ N . m^2/C^2 . 1 . 10^{-6}\ C . 2{,}5 . 19^{-6}\ C/ (0{,}05\ m)^2$$

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

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

N **(Newton) = Unidad de Fuerzae en el Sistema Internacional de unidades**

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

$$F = 9\ N$$

Ejercicio resuelto

(Fuente Enunciado: Oscar Contreras. Resolución: A. Zaragoza)

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

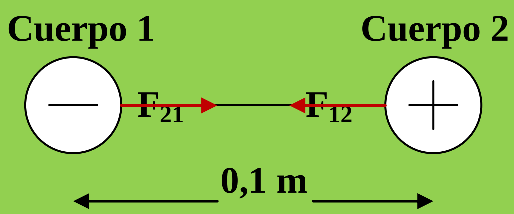
Datos:

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

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

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

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



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

$$F = K \cdot |q_1| \cdot |q_2| / r^2$$

Llevando datos:

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

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

Conclusión: Los dos cuerpos se atraen con una fuerza de intensidad *$2250 \cdot 10^{-5}$ N*

Ejercicio resuelto

Fuente de Enunciado: Profesor en Línea. Resolución: A. Zaragoza

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? 5400N

Resolución

Según la ley de Coulomb:

$F = K \cdot |q_1| \cdot |q_2|/r^2$ **podemos quitar las barras (valores absolutos)**

y nos quedaría:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 /r^2$$

Llamemos a la longitud de separación inicial *Xo*, luego:

$$600 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2/(Xo)^2 \ ; \quad 600 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2 /Xo^2 \ \ (1)$$

Al reducir la distancia inicial en 1/3, la distancia de separación será *Xo/3* y nos aparecerá una nueva fuerza que le vamos a llamar F_2:

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot q_1 \cdot q_2/r^2 \ ; \quad F_2 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2 / (Xo/3)^2$$

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

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

De la ecuación (1) puedo obtener:

$$q_1 \cdot q_2 / Xo^2 = 600/9 \cdot 10^9$$

De la ecuación (2) podemos obtener:

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

Si los dos miembros de la izquierda de las dos últimas ecuaciones son iguales también lo serán los dos miembros de la derecha, es decir:

$$600/9.10^9 = F_2 / 9 \cdot 10^9 \cdot 9 \ ; \ 600 = F_2 / 9 \ ; \ F_2 = 600 \cdot 9 = 5400\ N$$

Ejercicio resuelto

Fuente Enunciado: Profesor en Línea. Resolución: A. Zaragoza

¿Cuál debe ser la separación entre dos cargas de +5 μC para que la fuerza de repulsión sea 4 N?

Resolución

DATOS:

Aparecen un submúltiplo del Coumobio, el microCoulombio (*μC*)

Sabemos que $1\mu C = 10^{-6}$ C

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

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

F = 4 N

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2$$

Sustituimos los datos:

$$4\ N = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 5 \cdot 10^{-6} C / r^2$$

$$4\ N = 225 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2/\cancel{C^2} \cdot \cancel{C^2}/r^2$$

$$4\ N = 225 \cdot 10^{-3}\ N / r^2$$

La incógnita es *"r"*:

$$4\ N \cdot r^2 = 225 \cdot 10^{-3}\ N \ ; \ r^2 = 225 \cdot 10^{-3}\ \cancel{N} \cdot m^2/4\ \cancel{N}$$

$$r^2 = 56{,}25 \cdot 10^{-3}\ m^2 \ ; \ r = (56{,}25 \cdot 10^{-3}\ m^2)^{1/2}$$

$$r = 0{,}23{,}7\ m$$

Ejercicio resuelto

Dos cragas puntuales $q_1= 3.10^{-6}$ C y $q_2= 4.10^{-6}$ C estan separadas 0,5 m y ubicadas en el vacio. Calcule el valor de la fuerza entre las cargas.

Resolución

$q_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ C ⎫ Como las dos cargas son del mismo signo (+) existirá
$q_2 = 4 \cdot 10^{-6}$ C ⎭ una fuerza de *REPULSIÓN*
R = 0,5 m

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

Llevando datos: Estamos en S.I

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

$$F = 432 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot C^2/m^2$$

$$F = 432 \cdot 10^{-3}\ N = 0,432\ N$$

Ejercicio resuelto

Fuente de enunciado: Fisicanet

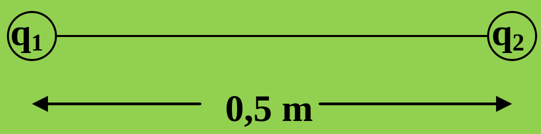
Calcular la carga de dos partículas igualmente cargadas, que se repelen con una fuerza de 0,1 N, cuando están separadas por una distancia de 50 cm en el vacío.

Resolución

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

50 cm = 0,5 m

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



Según Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2 \ ; \ q_1 = q_2 \rightarrow F = K \cdot q \cdot q / R^2$$

$$F = K \cdot q^2/R^2 \ ; \ q^2 = F \cdot R^2 / K$$

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

$$q = [0{,}0028 \cdot 10^{-9}\ N \cdot m^2 \cdot C^2/N \cdot m^2]^{1/2}$$

$$q = [2{,}8 \cdot 10^{-3}\ C^2]^{1/2}\ ;\ q = 0{,}059 \cdot 10^{-3}\ C$$

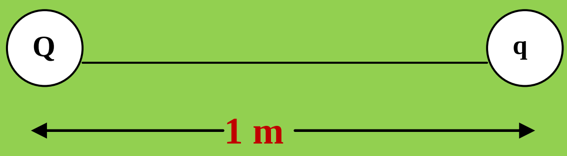
$$q_1 = q_2 = q = 5{,}9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}\ C = 5{,}9 \cdot 10^{-5}\ C$$

Ejercicio resuelto

Fuente Enunciado: Fisicanet

Hallar el valor de la carga Q de una partícula tal que colocada a 1 m de otra, cuya carga es de 2.10^{-8} C, la atrae con una fuerza de 2 N. Realiza un croquis de la acción entre las dos cargas

Resolución



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

R = 1 m

F = 2 N

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

$$F = K \cdot Q \cdot q / R^2\ ;\ Q = F \cdot R^2 / K \cdot q \rightarrow$$

$$\rightarrow\quad Q = 2\ N \cdot (1\ m)^2 / [9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2] \cdot 2 \cdot 10^{-8}\ C$$

$$\rightarrow\quad Q = 0{,}111\ N \cdot 10^{-1}\ m^2 \cdot C^2 / N \cdot m^2 \cdot C = 0{,}0111\ C$$

$$\rightarrow\quad Q = -\ 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ C$$

Ejercicio resuelto

Fuente de Enunciado: Fisicanet

Calcular la distancia "r" que separa dos partículas cargadas con 2.10^{-2} C cada una, sabiendo que la fuerza de interacción entre ambas es de 9.10^5 N.

Resolución

$q_1 = q_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ C
$F = 9 \cdot 10^5$ N

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2 \;;\; F \cdot r^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 \;;\; r = (K \cdot q_1 \cdot q_2 / F)^{1/2}$$

$$r = [\, 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ C} / 9 \cdot 10^5 \text{ N}]^{1/2}$$

$$r = (4 \cdot 10^9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-5} \text{ m}^2)^{1/2} \;;\; r = 2 \text{ m}$$

Ejercicio resuelto

Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas $q_{1\,=} +1 \cdot 10^{-6}$ C y $q_{2\,=} + 2{,}5 \cdot 10^{-6}$ C distantes una de la otra 5 cm. La permitividad relativa del medio es de 4

Resolución

5 cm . 1 m / 100 Cm = 0,05 m

Según la Ley de Coulomb:

$$F = K/\varepsilon_r \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 / 4 \cdot \; 1 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (0{,}05 \text{ m})^2$$

$$F = 2250 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2/\text{C}^2 \cdot \text{m}^2 = 2{,}250 \text{ N}$$

Ejercicio resuelto

¿Determinar la permitividad relastiva del medio en donde se encuentran dos cuerpos cargados eléctricamente con el mismo signo y valor de +5 µC, separadas una distancia de 1,5 m para que la fuerza de repulsión sea 8 N?

Resolución

$q_1 = q_2 = + 5\ \mu C = + 5 \cdot 10^{-6}\ C$
$R = 1,5\ m$

Nuestro amigo Coulomb nos dice que:

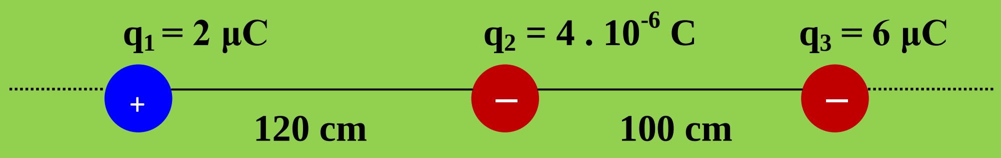
$$F = K/\varepsilon_r \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

$$F \cdot \varepsilon_r \cdot R^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 \ ; \ \varepsilon_r = K \cdot q_1 \cdot q_2 / F \cdot R^2$$

$$\varepsilon_r = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C / 8\ N \cdot (1,5\ m)^2$$

$$\varepsilon_r = 12,5\ N \cdot m^2/C^2 \cdot C^2/N \cdot m^2 = 12,5\ \text{(adimensional)}$$

Ejercicio resuelto
Dado el esquema siguiente:



Determinar gráfica y cuantitativamente:

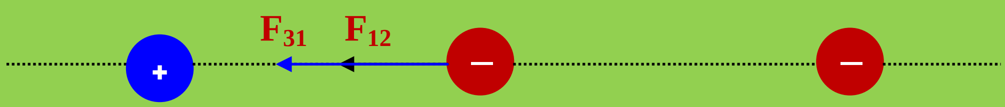
a) **La fuerza que se ejerce sobre q_2**
b) **La fuerza que se ejerce sobre q_3**
c) **La fuerza que se ejerce sobre q_1**

Resolución
$q_1 = 2 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_3 = 6 \cdot 10^{-6}\ C$
$r_1 = 1,20\ m$
$r_2 = 1\ m$

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 atren.

La q_1 por tener distinto signo atraerá a q_2 con una fuerza F_{12} que tiene el punto de aplicación en el cuerpo que soporta la carga q_2. La carga q_3 tiene el mismo sino que q_2 y por lo tanto repelerá a q_2 haciendo que el cuerpo que soporta la q_2 se desplace hacia la *izquierda* siguiendo la dirección de las cargas. Obtenemos un diagrama de fuerzas:



Obtenemos dos fuerzas de la misma dirección y sentido. Sus valores son:

$$F_{12} = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r_1^2$$

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

$$F_{12} = 72/1{,}44 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2 / \text{C}^2 \cdot \text{m}^2 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0{,}050 \text{ N}$$

$$F_{32} = K \cdot q_2 \cdot q_3 / r_2^2$$

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

$$F_{32} = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2/\text{C}^2 \cdot \text{m}^2 = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0{,}215 \text{ N}$$

La fuerza resultante sobre la q_2 tendrá el valor:

$$F_R = F_{12} + F_{32}$$

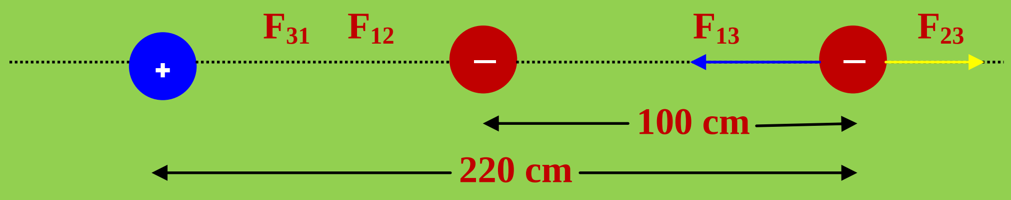
$$F_R = 0{,}050 \text{ N} + 0{,}215 \text{ N} = 0{,}265 \text{ N}$$

c) Sobre la carga q_3

Sobre la q_3 actúan dos fuerzas, creadas por q_1 y q_2.

La carga q_2 repele a la q_3 por tener el *mismo signo* mientras que la q_1 atraerá a la q_3 por signos contrarios. La atracción o

repulsión de cargas se realizara mediante las F_{13} y F_{23}. El diagrama de fuerzas resultante es:



Se obtienen dos fuerzas de la misma dirección pero de sentido contrario:

$$F_R = F_{mayor} - F_{menor}$$

Cálculo de F_{13}:

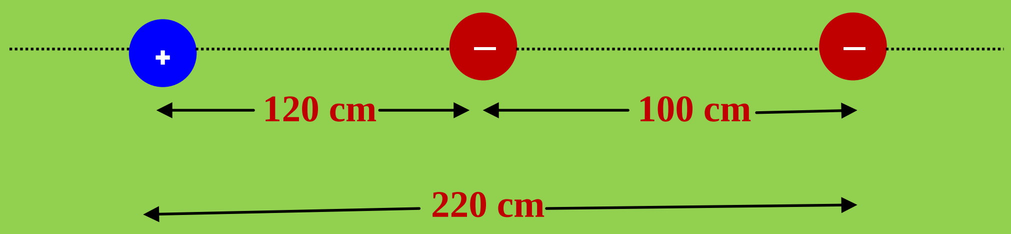
$$F = K \cdot q_1 \cdot q_3 / R^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 6 \cdot 10^{-6}\ C / (2{,}20\ m)^2$$

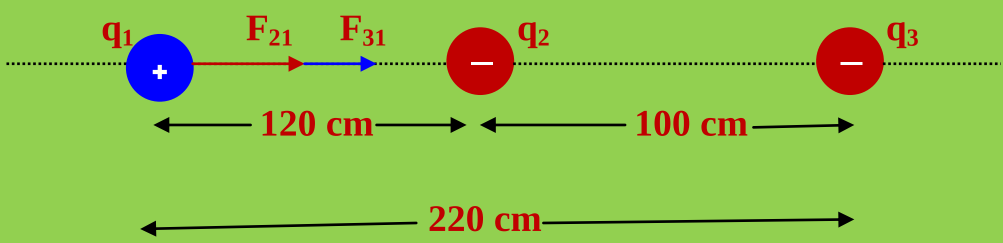
$$F = 34{,}86 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2 \cdot C^2 / C^2$$

$$F = 34{,}86 \cdot 10^{-3}\ N$$

d) Sobre la q_1:



Por la razones explicadas para q_2 y q_3 obtenemos un diagrama de fuerzas:



La fuerza resultante sobre q_1 se obtendrá mediante la ecuación:

$$F_R = F_{21} + F_{31}$$

Cálculo de F_{21}:

$$F_{21} = 9 \,.\, 10^9 \text{ N} \,.\, m^2/C^2 \,.\, 4 \,.\, 10^{-6} \text{ C} \,.\, 2 \,.\, 10^{-6} \text{ C} / (1{,}20 \text{ m})^2$$

$$F_{21} = 50 \,.\, 10^{-3} \text{ N} \,.\, m^2/C^2 \,.\, C^2/m^2 = 50 \,.\, 10^{-3} \text{ N}$$

Cálculo de F_{31}:

$$F_{31} = 9 \,.\, 10_9 \text{ N} \,.\, m^2/C^2 \,.\, 6 \,.\, 10^{-6} \text{ C} \,.\, 2 \,.\, 10^{-6} \text{ C} / (2{,}20 \text{ m})^2$$

$$F_{31} = 22{,}31 \,.\, 10^{-3} \text{ N}$$

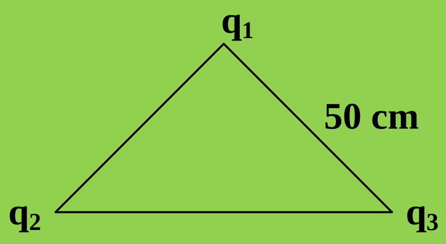
Fuerza resultante sobre q_1:

$$F_R = F_{21} + F_{31}$$

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

Ejercicio resuelto

En los vértices de un trángulo equilátero de 50 cm de lado existen tres cargas de: q_1 = - 2,5 µC ; q_2 = - 1,5 µC y $q_3 = 3 \cdot 10^{-8}$ C, según el esquema:



Determinar la fuerza resultante que se ejerce sobre la carga q_1.

IMPORTANTE: Cuando no especifican el medio consideraremos siempre el vacío o el aire.

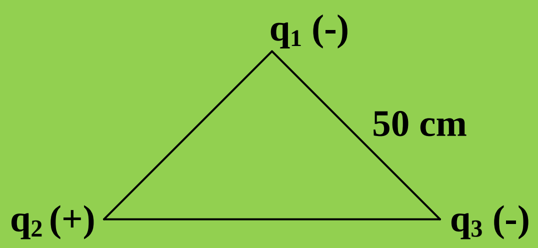
Resolución

$q_1 = - 2,5 \cdot 10^{-6}$ C

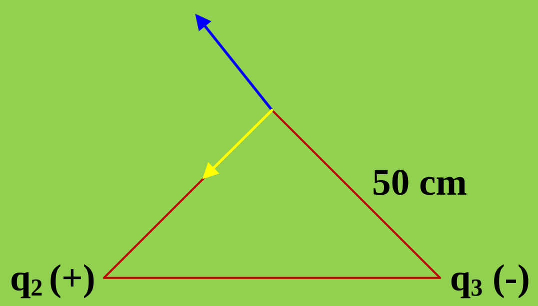
$q_2 = - 1,5 \cdot 10^{-6}$ C

$q_3 = 3 \cdot 10^{-8}$ C

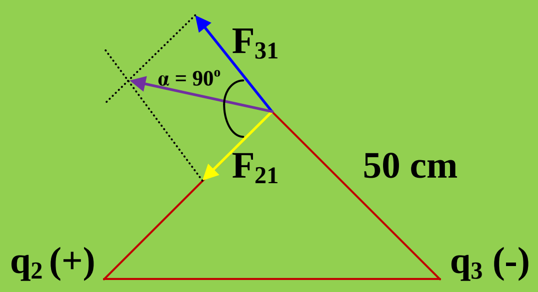
R = 50 cm . 1 m / 100 cm = 0,5 m



El diagrama de fuerzas será:



Por la regla del paralelogramo, la fuerza resultante será:



Cálculo de F_{31}:

Según la ley de Coulomb:

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

$$F_{31} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3 \cdot 10^{-8}\ C \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}5\ m)^2$$

$$F_{31} = 270 \cdot 10^{-5}\ N$$

Calculo de la F_{21}:

$$F_{21} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}5\ m)^2$$

$$F_{21} = 135 \cdot 10^{-5}\ N$$

Tenemos dos fuerzas rectangulares cuyo módulo, por el teorema del coseno vale:

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2 + 2 \cdot F_{31} \cdot F_{21} \cos \alpha)]^{1/2}$$

$$\alpha = 90^o \rightarrow \cos 90^o = 0$$

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2 + 2 \cdot F_{31} \cdot F_{21} \cdot 0]^{1/2}$$

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2]^{1/2}$$

$$F_R = [(270 \cdot 10^{-5}\ N)^2 + (135 \cdot 10^{-5}\ N)^2]^{1/2}$$

$$F_R = (72900 \cdot 10^{-10}\ N^2 + 18225 \cdot 10^{-5}\ N^2)^{1/2}$$

$$F_R = 301{,}87 \cdot 10^{-5}\ N$$

7.- Campo eléctrico creado por una carga eléctrica

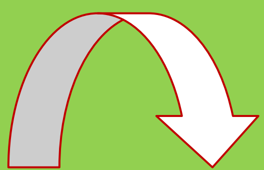
Campo Eléctrico **es la región del espacio donde existe la acción** ***atractiva*** **o** ***repulsiva*** **de una** ***carga eléctrica*****; es decir:** ***la acción de una fuerza de origen electrostático perfectamente definida en intensidad, dirección y sentido*****. Condiciones que nos dicen que el** ***Campo Eléctrico*** **es una magnitud Vectorial.**

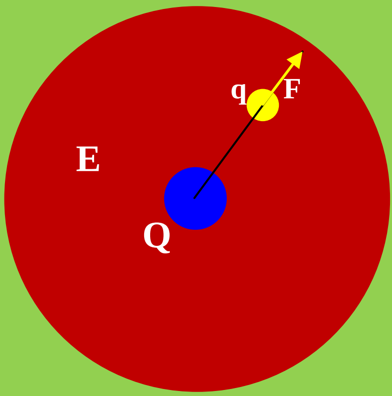
Un campo eléctrico queda definido por tres elementos:

a) Intensidad en cada uno de sus puntos
b) Líneas de fuerza
c) Potencial en cada uno de sus puntos

Al existir una carga sabemos que hay un campo eléctrico entrante o saliente de la misma, pero éste es comprobable únicamente al incluir una segunda carga (denominada carga de prueba) y medir la existencia de una fuerza sobre esta segunda carga.

Un ***cuerpo electrificado*** **(que tiene exceso o falta de electrones)** ***crea alrededor de sí mismo un campo eléctrico*****. Cualquier carga eléctrica situada en un punto cerca de ese campo se siente influencida, y está sujeta a una** ***fuerza*****, de origen electrostático.**





E = **Campo Eléctrico**

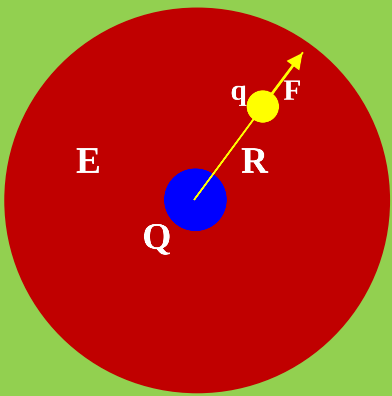
Q = **Carga creadora del campo**

q = **Carga de prieba**

F = **Fuerza electrostática**

Esta *fuerza eléctrica* (F) puede ser *atractiva* o *repulsiva*, dependiendo de si la carga (Q) eléctrica es *positiva* o *negativa*.

Intensidad del Campo Eléctrico



$\vec{E}$ **= Campo Eléctrico**

Q = **Carga creadora del campo**

q = **Carga de prieba**

$\vec{F}$ **= Fuerza electrostática**

Recordemos que la Intensidad de Campo Eléctrico es una magnitud vectorial lo mismo que la fuerza F que sufre la carga de prueba.

La Intensidad de Campo Eléctrico, *E*, en punto de dicho campo es el *cociente entre la fuerza con que la carga Q*, que crea el Campo, y la *carga "q" que sufre la acción de esta fuerza*:

$$|\vec{E}| = |\vec{F}| / q$$

En nuestro nivel no trabajamos con vectores y por lo tanto hemos puesto el módulo de la Intensidad de Campo y valor de la fuerza F. Es decir:

$$E = F / q$$

Según la ecuación de Intensidad de Campo Eléctrico, su unidad en el S.I. es:

$$N / C$$

Si recordamos la ley de Coulomb:

$$F = K \cdot Q \cdot q / R^2$$

y llevamos la fuerza F a la ecuación de la *Intensidad de Campo Eléctrico*, nos quedará:

$$E = K \cdot Q \cdot \cancel{q} / R^2 / \cancel{q} \rightarrow E = K \cdot Q / R^2$$

Otra ecuación que nos permitirá conocer la Intensidad de campo Eléctrico.

Páginas Web consultadas:

http://www.fisicapractica.com/campo-electrico.php

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elefie.html

http://www.ecured.cu/index.php/Campo_el%C3%A9ctrico

http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=775

http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//2750/2951/html/13_intensidad_de_campo_elctrico.html

http://lafisicaparatodos.wikispaces.com/Intensidad+de+campo+electrico http://html.rincondelvago.com/campo-electrico.html

http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/fisica/Tema14b.html

http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/campoele.htm

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/electrico/cElectrico.html#Campo eléctrico de un sistema de dos cargas eléctricas

http://www.iesbajoaragon.com/~fisica/fisica2/elec/junio_0001a.htm

http://es.wikibooks.org/wiki/Electricidad/Campo_el%C3%A9ctrico/Campo_el%C3%A9ctrico_generado_por_una_distribuci%C3%B3n_continua_superficial_de_carga

Ejercicio resuelto

(Fuente enunciado: Leandro Bautista. Resolución: A. Zaragoza)

Calcula el campo eléctrico creado por una carga Q = +2 μC en un punto P situado a 30 cm de distancia en el vacìo. Calcula también la fuerza que actúa sobre una carga q = -4 μC situada en el punto P.

Resolución

Cálculo del campo eléctrico creado por la carga Q = + 2 μC

$Q = +2\ \mu C\ .\ \ 1\ C / 10^{-6}\ \mu C = +2\ .\ 10^{-6}\ C$

$r = 30\ cm\ .\ 1\ m / 100\ cm = 0{,}3\ m$

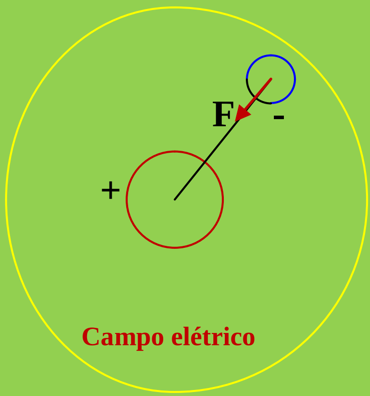
$$E = K\ .\ Q/r^2$$

$$E = 9\ .10^9\ N\ .\ m^2/C^2\ .\ 2\ .\ 10^{-6}\ C / (0{,}3\ m)^2$$

$$E = 9.\ 10^9\ .\ 2\ .\ 10^{-6}/0{,}09\ \ N\ .\ \cancel{m^2}/C^2\ .\ \cancel{C}/\cancel{m^2}$$

$$E = 200\ .\ 10^3\ \ N/C$$

La fuerza ejercida sobre la carga q = - 4 μC = - 4 . 10^{-6} C



Al ser la carga *"q"* de signo (-) y la carga "Q" de signo (+), la carga *"q"* será atraída por *"Q"* con una fuerza:

$$F = E \cdot q$$

$$F = 200 \cdot 10^{3}\ N/C \cdot 4 \cdot 10^{-6}\ C = 800 \cdot 10^{-3}\ N = 0{,}8\ N$$

Ejercicio resuelto

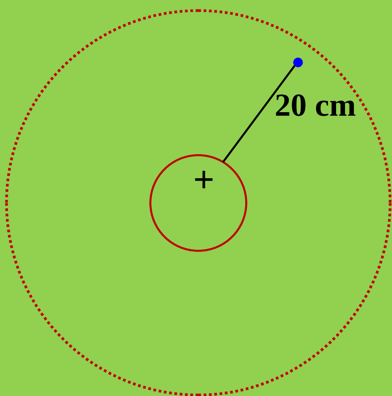
(Fuente Enunciado:www.edu.xunta.es/centro. Resolución: A. Zaragoza)

Calcula la intensidad del campo eléctrico creado en el vacío por una carga eléctrica de + 5 μC a una distancia de 20 centímetros.

Resolución

Q = +5 μC = + 5 . 10^{-6} C

r = 20 cm = 0,20 m



$$E = K \cdot Q/r^2$$

$E = 9 \cdot 10^9$ N . m^2/C^2 . $5 \cdot 10^{-6}$ C/(0,20 m)^2 = 1125 . 10^3

= 45/0,04 N . m^2/C^2 . C/m^2 = 1125 . 10^3 N/C = ***1,125 . 10^6 N/C***

Ejercicio resuelto

(Fuente enunciado www.edu.xunta.es/centro. Resolución: A. Zaragoza López)

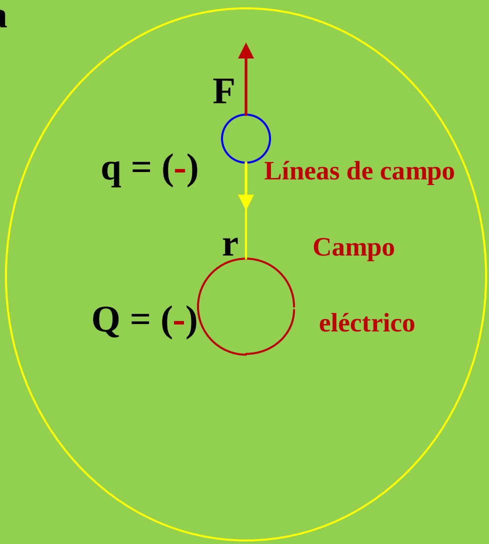
Indica cuál es la magnitud, la dirección y el sentido de un campo eléctrico en el que una carga de - 2 μC experimenta una fuerza eléctrica de 0,02 N dirigida verticalmente hacia arriba.

Resolución

q = -2 μC = - 2 . 10^{-6} C

F = 0,02 N

Para que se den las condiciones del problema se debe cumplir el siguiente esquema



Para que la carga *"q"* sufra la acción de una fuerza vertical y hacia arriba obliga a que la carga que crea el campo *"Q"* sea negativa para que se origine una fuerza repulsiva verticalmente hacia arriba.

La dirección del campo viene determinada por la recta *"r"*, el sentido hacia abajo (lo explicó el profesor cuando trataba con las líeas de campo. Si la carga que crea el campo es negativa las líneas del campo tienen sentido radial en sentido hacia la carga creadora del campo) *F* verticalmente hacia arriba

En lo referente a la magnitud del Campo Eléctrico sabemos que:

$$F = E \cdot q$$

$E = F / q$; $E = 0{,}02\ N /. 2 \cdot 10^{-6}\ C = 2 \cdot 10^{-2}\ N / 2 \cdot 10^{-6}\ C = 10^{4}\ N/C$

$$E = 10000\ N/C$$

Ejercicio resuelto

(Fuente Enunciado: Abolog)

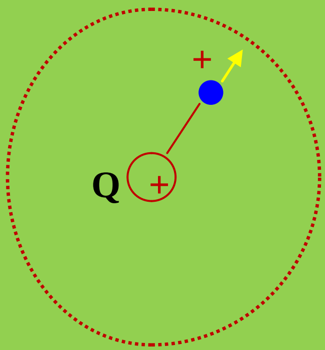
Una carga de 2μC se coloca en un campo eléctrico y experimenta una fuerza de $8 \cdot 10^{-4}$ N. ¿cuál es la magnitud de la intensidad del campo eléctrico?

Solución: *400 N/ C*

Resolución

$q = 2\ \mu C = 2 \cdot 10^{-6}\ C$

$F = 8 \cdot 10^{-4}\ N$



El enunciado no especifíca si se trata de una fuerza atractiva o repulsiva. Yo supuse que *Q* es positiva y aparece una fuerza repulsiva sobre *q*.

En cuanto al valor de la Intensidad de Campo:

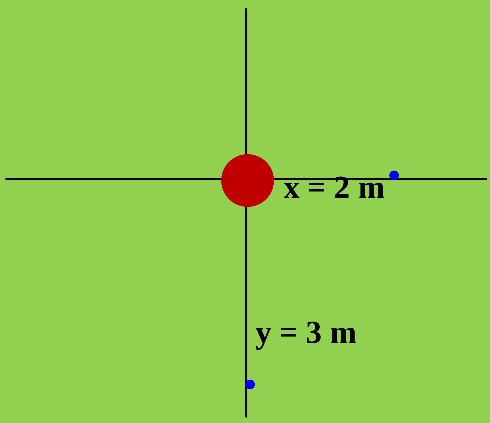
$F = E \cdot q$; $E = F / q$; $E = 8 \cdot 10^{-4}\ N / 2 \cdot 10^{-6}\ C = 400\ N/C$

Ejercicio resuelto

(Fuente enunciado: www.ono.com. Resolución: A. Zaragoza)

Una carga eléctrica de $62{,}8 \cdot 10^{-6}$ C está colocada en el origen de coordenadas cartesianas. Determine el campo eléctrico que origina esta carga: a) sobre el eje x =2 m y b) sobre el eje y en y =-3 m.

Resolución



a) En el eje OX el campo eléctrico vale:

$$E = K \cdot Q/r^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 62{,}8 \cdot 10^{-6}\ C/\ (2\ m)^2$$

$$E = 141{,}3 \cdot 10^3\ N/C$$

b) En el eje OY, el punto está colocado en la ordenada y = -3, pero nosotros para poder aplicarla usaremos el valor absoluto y = |-3| = +3. Por tanto:

$$E = K \cdot Q/r^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 62{,}8 \cdot 10^{-6}\ C\ /\ (\ 3\ m\ )^2$$

$$E = 62{,}8 \cdot 10^3\ N/C$$

Ejercicio resuelto

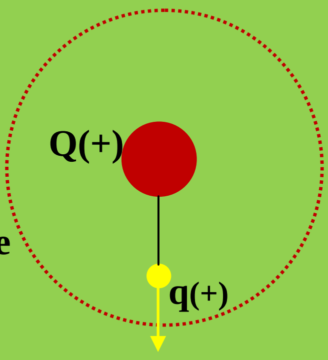
Un pequeño objeto, que tiene una carga de 9,5 μC, experimenta una fuerza hacia debajo de 920 N cuando se coloca en cierto punto de un campo eléctrico. ¿Cuál es el campo en dicho punto?

Resolución

$q = 9{,}5\ \mu C = 9{,}5 \cdot 10^{-6}\ C$

F = 920 N

Este sería el esquema para que cumplan las condiciones del problema



En lo referente a la Intensidad de Campo:

$$E = F / q \;\; ; \;\; E = 920\ N / 9{,}5 \cdot 10^{-6}\ C = 96{,}86 \cdot 10^{6}\ N/C$$

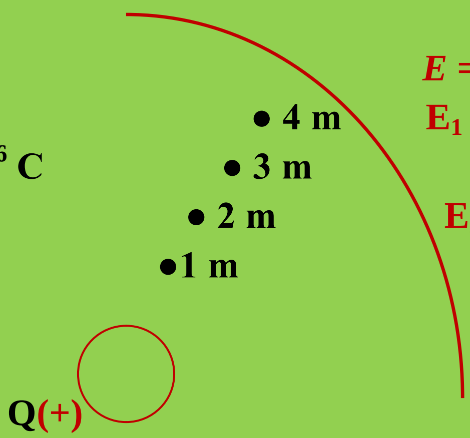
Ejercicio resuelto

www.etitudela.com

Halla el módulo de la intensidad del campo eléctrico creado por una carga positiva de 1μC a 1m, 2m, 3m y 4m de distancia, en el vacío.

Resolución

$Q = 1\ \mu C = 1 \cdot 10^{-6}\ C$



$E = K \cdot Q / R^2$

$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/1 =$
$= 9000\ N/C$

$E_2 = 9.10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/4 =$
$= 2250\ N/C$

$E_3 = 9.10^9.1.10^{-6}/9 =$
$= 1000\ N/C$

$E_4 = 9.10^9.1.10^{-6}/16 =$
$= 562{,}5\ N/C$

Ejercicio resuelto

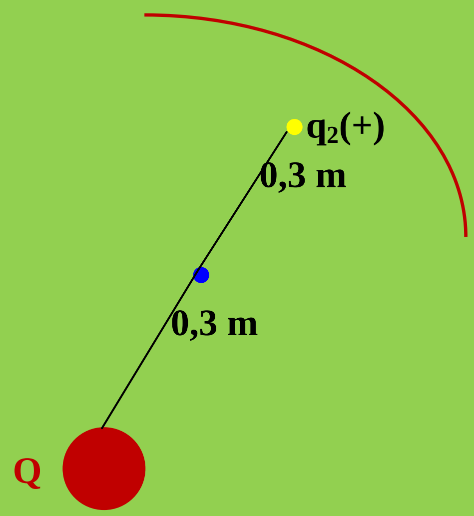
www.etitudela.com

Hallar: a) la intensidad de campo eléctrico E, en el aire, a una distancia de 30 cm de la carga $q_1 = 5 \cdot 10^{-9}$ C (creadora del campo), b) la fuerza F que actúa sobre una carga $q_2 = 4 \cdot 10^{-10}$ C situada a 30 cm de q_1.

Dato: $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

Resolución

$Q = 5 \cdot 10^{-9}$ C
R_1 = 30 cm = 0,30 m
q_2 = 4 . 10-10 C
R_2 = 30 cm + 30 cm = 60 cm = 0,60 m



a) **Cálculo de la Intensidad de Campo:**

$$E = K \cdot Q / R^2 \; ; \; E = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (0{,}3 \text{ m})^2$$

$$E = 500 \text{ N/C}$$

b) **A una distancia de 60 cm = 0,60 m la Intensidad de campo valdrá:**

$$E = K \cdot Q/R_2^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (0{,}60 \text{ m})^2 = 125 \text{ N/C}$$

La fuerza será:

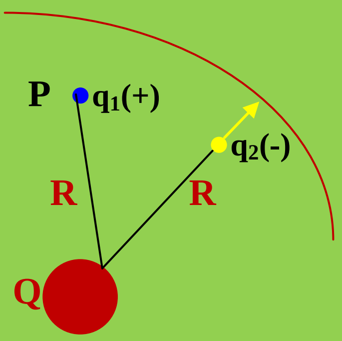
$$F = E \cdot q_2 \; ; \; F = 125 \text{ N/C} \cdot 4 \cdot 10^{-10} \text{ C} = 500 \cdot 10^{10} \text{ N}$$

Ejercicio resuelto

Al situar una carga de +0,3 μC en un punto P de un campo eléctrico, actúa sobre ella una fuerza de 0,06 N. Halla: a) La intensidad del campo eléctrico en el punto P ; b) La fuerza que actuaría sobre una carga de –3 μC situada en ese punto del campo.

Resolución

$q_1 = + 0,3\ \mu C = + 0,3 \cdot 10^{-6}$ C
F = 0,06 N
$q_2 = - 3\ \mu C = - 3 \cdot 10^{-6}$ C



a) $E = F / q_1$; $E = 0,06\ N / 0,3 \cdot 10^{-6}\ C = 0,2 \cdot 106\ N/C =$

$= 2 \cdot 10^5\ N/C$

b) $F = E \cdot q_2$; $F = 2 \cdot 10^5\ N/C \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C = 0,6\ N$

Recordar que en las ecuaciones que utilizamos *NUNCA* ponemos los signos de las cargas. Sí debemos saber si se produce una fuerza *atractiva* o *repulsiva*.

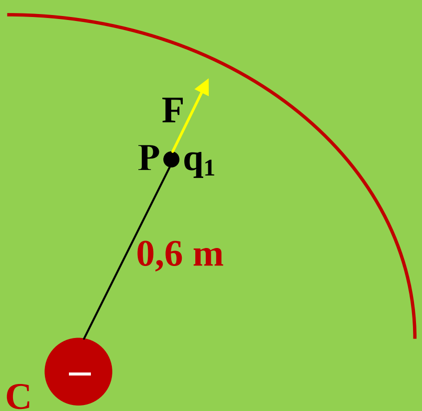
Ejercicio resuelto

Un campo eléctrico está creado por una carga puntual de –3 µC. Calcula: a) La intensidad del campo eléctrico en un punto P situado a 6 dm de la carga en el vacío ; b) La fuerza sobre una carga de –7 µC situada en el punto P.

DATO: $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

Resolución

Q = - 3 µC = - 3 . 10-6 C
q_1 = - 7 µC = - 7 . 10-6 C
R = 6 dm . 1 m / 10 dm = 0,6 m



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

a) **Intensidad de Campo eléctrico en P:**

$$E = K \,.\, Q / R^2$$

$$E = 9 \,.\, 10^9\ N \,.\, m^2/C^2 \,.\, 3 \,.\, 10^{-6}\ C / (0{,}6\ m)^2$$

$$E = 75 \,.\, 10^3\ N/C$$

b) **La *F* se dirije hacia arriba porque las dos cargas son negativas y por lo tant se *REPELEN***

$$F = E \,.\, q$$

$$F = 75 \,.\, 10^3\ N/C \,.\, 7 \,.\, 10^{-6}\ C = 525 \,.\, 10^{-3}\ N$$

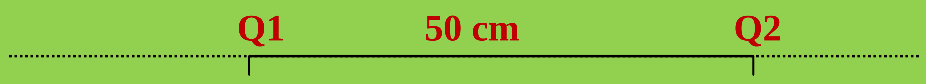
Intensidad de campo Eléctrico creado por varias cargas

Recordemos que la Intensidad de Campo Eléctrico es una magnitud vectorial. Si en el medio existen *dos o más cargas*, cada una de ellas creará un Campo Eléctrico en un *punto determinado*. La resultante de todos los vectores creados por los campos eléctricos será la suma vectorial de los vectores parciales.

Para abordar el cálculo de Intensidad de Campo Elétrico tendremos que suponer que en el punto donde queremos obtener el Campo total existe la unidad de carga positiva (+).

Ejemplo resuelto

Según el esquema siguiente:



En donde:

$Q_1 = - 2{,}5\ \mu C = - 2{,}5 \,.\, 10^{-6}\ C$

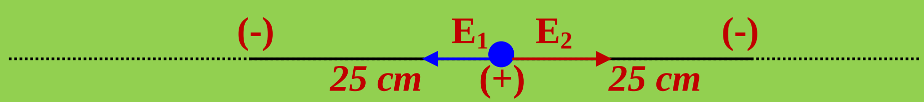
$Q_2 = - 4{,}75\ \mu C = - 4{,}75 \,.\, 10^{-6}\ C$

Determinar:

a) La Intensidad de Campo Eléctrico en el punto medio que une a las dos cargas
b) A 30 cm a la derecha de Q_2
c) A 30 cm a la izquierda de Q_1

Resolución

a) Diagrama de Campos Eléctricos:
Los puntos de aplicación de los campos parciales se encuentran en la unidad de carga positiva (+).



Obtenemos dos vectores de la misma dirección pero de sentido contrario. Su resultante la calcularemos:

$$E_R = E_{mayor} - E_{menor}$$

Cálculo de los campos parciales:

$E_1 = K \,.\, Q_1/ R^2 ; E_1 = 9.10^9\ N.m^2/C^2 .\ 2{,}5.10^{-6}\ C / (0{,}25\ m)^2 = 360\ .\ 10^3 N/C$

$E_2 = K \,.\, Q_2/R ; E_2 = 9.10^9\ n.m^2/C^2\ .\ 4{,}75.10^{-6} C/(0{,}25\ m)\ ^2 = 648\ .\ 103\ N/C$

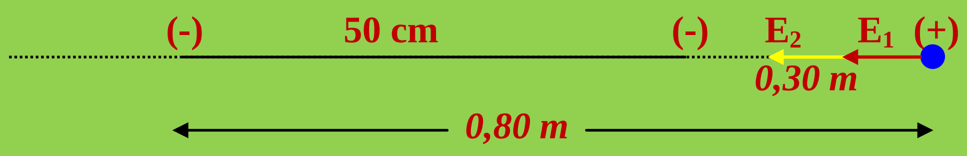
Luego el campo resultante valdrá:

$E_R = E_2 - E_1$; $E_R = 648\ .\ 103\ N/C - 360\ .\ 103\ N/C = 288\ .\ 10^3\ N/C$

Obtenemos en el punto medio de la recta que une las dos cargas un vecotorIntensidad de Campo Eléctrico de:

a) Móduo $|\vec{E}|$ = 288 . 103 N/C
b) Dirección la recta de unión de las dos cargas
c) Sentido hacia la derecha

b) A 30 cm a la derecha de Q_2:
Los dos campos parciales son atractivos



Cálculo de E_1:

$E_1 = K \cdot Q_1/R_1^2$; $E_1 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ C}/(0{,}8 \text{ m})^2$

$$E_1 = 35{,}15 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

$E_2 = K \cdot Q_2/R_2^2$; $E_2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 4{,}75 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (0{,}30 \text{ m})^2$

$$E_2 = 475 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

Obtenemos dos vectores de la misma dirección y sentido.

El vector campo resultante tiene:

a) Módulo:

$E_R = E_2 + E_1$; $E_R = 475 \cdot 10^3 \text{ N/C} + 35{,}15 \cdot 10^3 \text{ N/C}$

$$E_R = 510{,}15 \text{ N/C}$$

b) Dirección la recta de unión de las dos cargas

c) Sentido hacia la izquierda

c) A 30 cm a la izquierda de E_1:

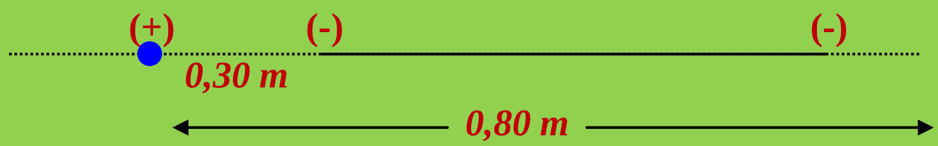


Diagrama de vectores campo:

Q_1 = - 2,5 μC = - 2,5 . 10^{-6} C
Q_2 = - 4,75 μC = - 4,75 . 10^{-6} C

Calculo de los vectores campo parciales:

$E_1 = K \cdot Q_1/R_1^2$; $E_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}30\ m)^2$

$E_1 = 250 \cdot 10^3\ N/C$

$E_2 = K \cdot Q_2/R_2^2$; $E^2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 4{,}75 \cdot 10^{-6}\ C/(0{,}8\ m)^2$

$E_2 = 66{,}79 \cdot 10^3\ N/C$

Obtenemos dos vectores campo de la misma dirección y sentido, de:

a) *Módulo:*

$E_R = E_2 + E_1$; $E_R = 66{,}79 \cdot 10^3\ N/C + 250 \cdot 10^3\ N/C = 316{,}79 \cdot 10^3 N/C$

b) *Dirección la recta de unión delas dos cargas*

c) *Sentido hacia la derecha*

Ejemplo resuelto

Tenemos un triángulo equilátero, de 75 cm de lado, con dos cargas eléctricas en los vértices de la base de + 3,5 μC. Determinar la Intensidad de Campo Eléctrico en el vértice superior.
DATO: $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

Resolución

$q_1 = q_2 = 3,5\ \mu C = 3,5 \cdot 10^{-6}\ C$

$R = 0,75\ m$

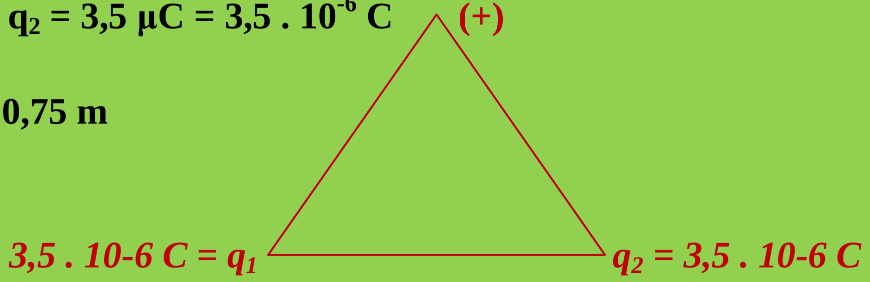
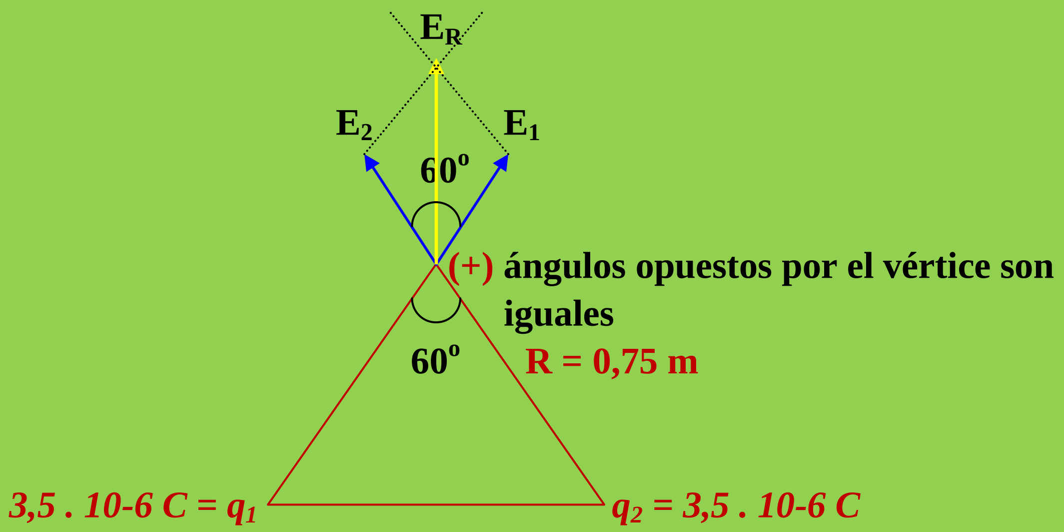


Diagrama de Campos parciales:



Como se trata de un triángulo equilátero los tres ángulos son iguales (180:3 = 60º).

Por el teorema del coseno podemos conocer E_R:

$$E_R = [\ (E_1)^2 + (E_2)^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \alpha]^{1/2} \quad (1)$$

$$E_1 = E_2 = K \cdot Q/R^2$$

$$E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}\ C/(0,75\ m)^2 =$$

$$= E_1 = E_2 = 56,25 \cdot 10^3\ N/C$$

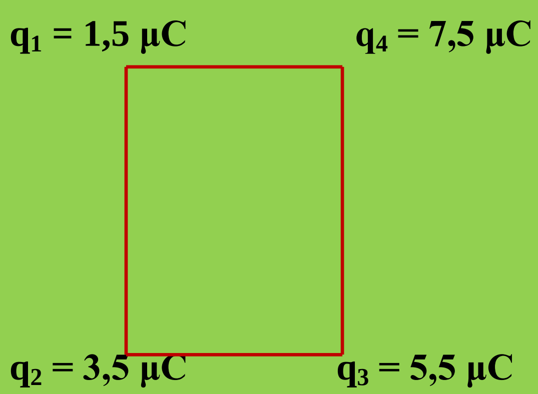
Nos vamos a la ecuación (1) y sustituímos valores:

$$E_R = [\ (56,25 \cdot 10^3\ N/C)2 + (56,25 \cdot 10^3\ N/C)2 + 2 \cdot 56,25 \cdot 10^3\ N/C \cdot 56,25 \cdot 10^3\ N/C \cdot \cos 60º]^{1/2} =$$

$$= (\ 6328,125 \cdot 10^6\ N^2/C^2 + 112,5 \cdot 10^6\ N^2/C^2)^{1/2} =$$
$$= (6440,625\ \cdot 10^6\ N^2/C^2)^{1/2} = 80,25 \cdot 10^3\ N/C$$

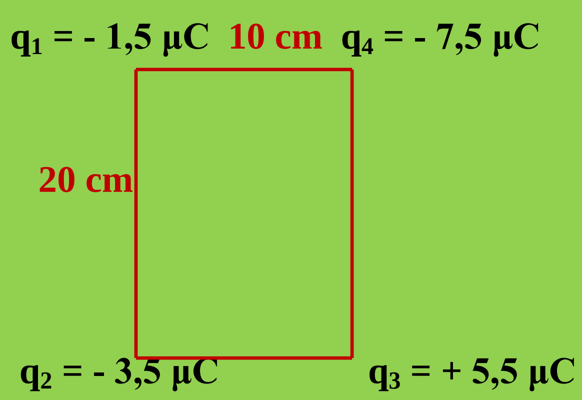
Ejercicio resuelto

Dado el esquema siguiente:



Determinar la Intensidad de Campo Eléctrico en el centro geométrico del rectángulo.

Resolución



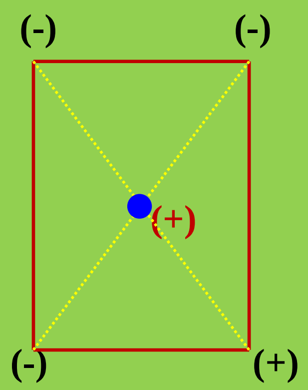
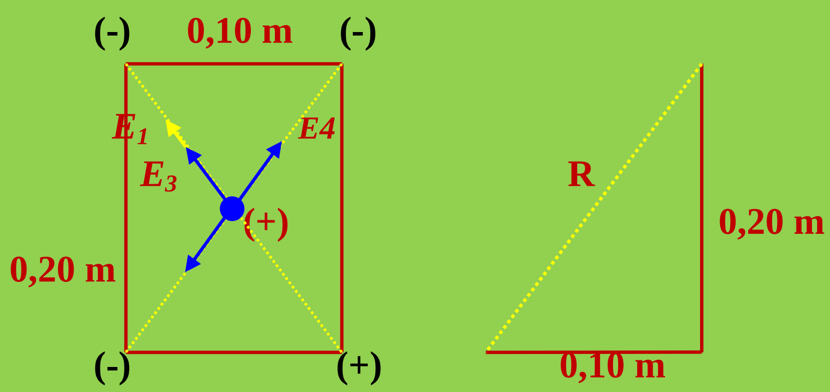


Diagrama de Campos parciales:



Por Pitágoras:

$$R = [(0{,}10\ m)^2 + (0{,}20\ m)^2]^{1/2}$$

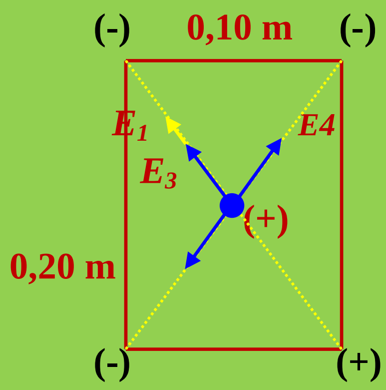
$$R = (\ 0{,}01\ m^2 + 0{,}04\ m^2)^{1/2} = (0{,}05\ m^2)^{1/2}$$

$$R = 0{,}22\ m$$

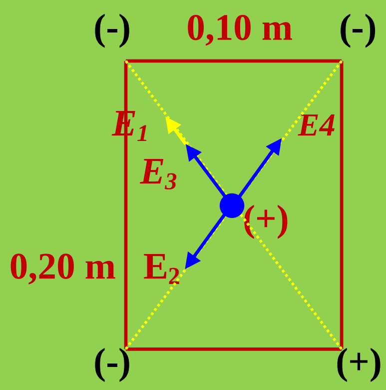
La distancia de un vértice al centro geométrico será:

$$d = 0{,}22\ m / 2 = 0{,}11\ m$$

Cálculo de los campos parciales:



$q_1 = - 1,5\ \mu C = - 1,5 . 10^{-6}\ C$
$q_2 = - 3,5\ \mu C = - 3,5 . 10^{-6}\ C$
$q_3 = + 5,5\ \mu C = + 5,5 . 10^{-6}\ C$
$q_4 = - 7,5\ \mu C = - 7,5 . 10^{-6}\ C$
$d = 0,11\ m$



$E_1 = K . q_1/R_1^2 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.1,5.10^{-6}\ C/ (0,11\ m)^2 = 1125 . 10^3\ N/C$
$E_3 = 9 . 10^9\ N . m^2/C^2 . 5,5 . 10^{-6}\ C/(0,11\ m)^2 = 4125 . 10^3\ N/C$

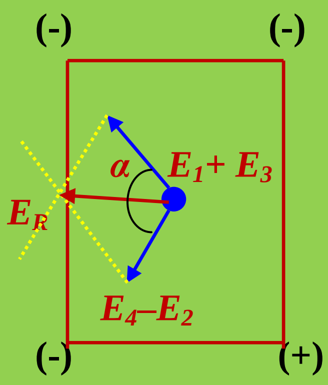
$E_1 + E_3 = 1125 . 10^3\ N/C + 4125 . 10^3\ N/C = 5250 . 10^3\ N/Q$

$E_2 = 9 . 10^9\ N . m^2/C^2 . 3,5 . 10^3\ N/C / (0,11\ m)^2 = 2625 . 10^3\ N/C$

$E_4 = 9 . 10^9\ N . m^2/C^2 . 7,5 . 10^{-6}\ C/(0,11\ m)^2 = 5625 . 10^3\ N/C$

$E_{mayor} – E_{menor} = |E_4 – E_2| = | 5625 .10^3\ N/C – 2625 .10^3\ N/C| = 3000.10^3\ N/C$

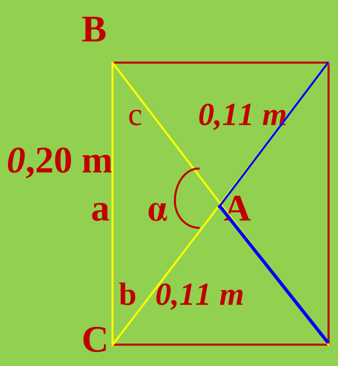
Nuevo diagrama de campos:



Para conocer E_R aplicaremos la ecuación:

$$E_R = [\,(E_1+E_3)^2 + (E_4 - E_2)^2 + 2 \,.\, (E_1+E_3) \,.\, (E_4 - E_2) \,.\, \cos\alpha]^{1/2}$$

Ecuación de la cual conocemos todo excepto el angulo *"α"*. Para conocer *"α"* nos iremos al triángulo BAC:



El teorema del coseno nos dice que:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \,.\, b \,.\, c \,.\, \cos\alpha$$

$$(0{,}20\ m)^2 = (0{,}11\ m)^2 + (0{,}11\ m)^2 - 2 \,.\, 0{,}11\ m \,.\, 0{,}11\ m\ \cos\alpha$$

$$0{,}04\ m^2 = 0{,}012\ m^2 + 0{,}012\ m^2 - 0{,}024\ \cos\alpha$$

$$0{,}04 - 0{,}012 - 0{,}012 = -\ 0{,}024\ \cos\alpha\ ;\ 0{,}016 = -\ 0{,}024\ \cos\alpha$$

$$\cos \alpha = 0{,}016 \,/\, -\,0{,}024 = -\,0{,}67$$

$$\alpha = 132{,}07^{o}$$

Conocida *"α"* podemos volver a la ecuación:

$$E_R = [\,(E_1+E_3)^2 + (E_4 - E_2)^2 + 2\,.\,(E_1+E_3)\,.\,(E_4 - E_2)\,.\,\cos\alpha]^{1/2}$$

$$E_R = [(5250\,.\,10^3\ N/C)^2 + (3000\,.\,10^3\ N/C)^2 +$$

$$+\ 2\,.\,5250\,.\,10^3\ N/C\,.\,3000\,.\,10^3\ N/C\,.\,\cos\alpha]^{1/2}$$

$$E_R = (\ 27562500\,.\,10^6\ N^2/C^2 + 9000000\ \ .\,10^6\ N^2/C^2 +$$

$$+\ 4{,}65\,.\ \ 10^{21}\,.\,\cos 132{,}07^{o})^{1/2}$$

$$E_R = 36562500\,.\,10^6\ N^2/C^2 + 4{,}65\,.\,10^{21}\,.\,(-0{,}67)]^{1/2}$$

Eliminamos el primer membro de la derecha en la ecuación por considerarlo muy pequeño respecto al segundo miembro:

$$E_R = (-\ 3{,}11\,.\,10^{21}\ N2/C2)^{1/2}$$

Es ahora cuando surge un problema: La raíz de un número negativo *NO EXISTE*. No *PODEMOS CONOCER E_R*.

Analizar todo el problema desde el principio sería perder mucho tiempo en ello. El prodemiento seguido es el correcto pero en algún sitio, después de tantos cálculos matemáticos, me he equivocado y no podemos conocer E_R, lo siento chicos. Si os consuela, *EL PROCEDIMIENTO ES CORRECTO*.

7.1.-Líneas de fuerza de un Campo Eléctrico

Líneas de fuerzas del campo eléctrico son líneas imaginarias y son la trayectoria que seguiría la unidad de carga positiva dejada en libertad dentro del campo eléctrico.

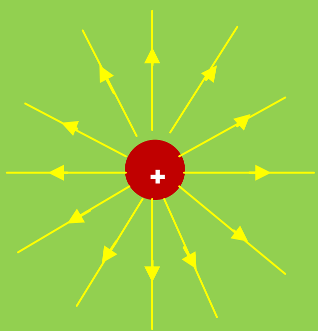
Criterios para dibujarlas

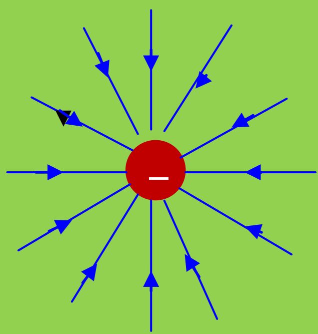
1. Las líneas de fuerza salen de las cargas positivas (fuentes) y entran en las cargas negativas (sumideros). Si no existen cargas positivas o negativas las líneas de campo empiezan o terminan en el infinito.

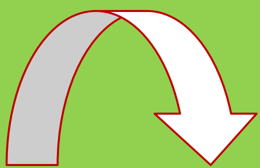
2. El número de líneas que entran o salen de una carga puntual es proporcional al valor de la carga.

3. En cada punto del campo, el número de líneas por unidad de superficie perpendicular a ellas es proporcional a la intensidad de campo.

4. Dos líneas de fuerza nunca pueden cortarse. (El campo en cada punto tiene una dirección y un sentido único. En un punto no puede haber dos líneas de fuerza ya que implicaría dos direcciones para el campo eléctrico.

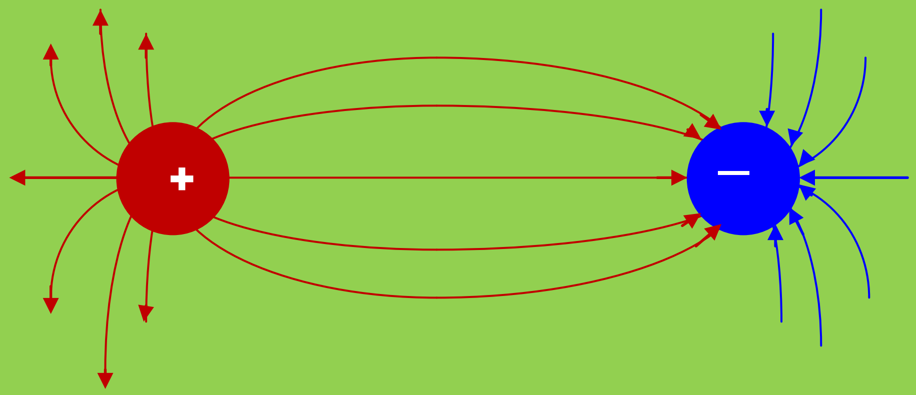




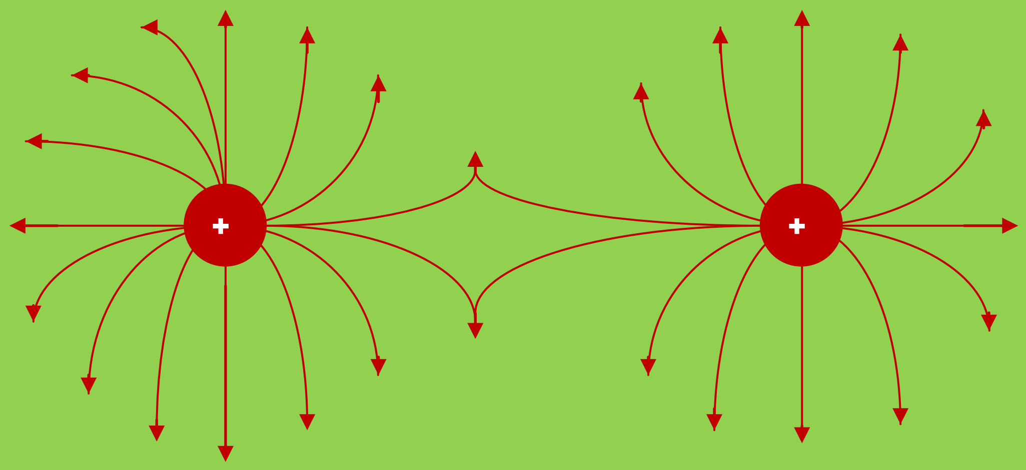


Veamos las líneas de fuerza creadas por dos cargas:

a) De signo contrario:



b) Del mismo signo



Páginas Web consultadas:

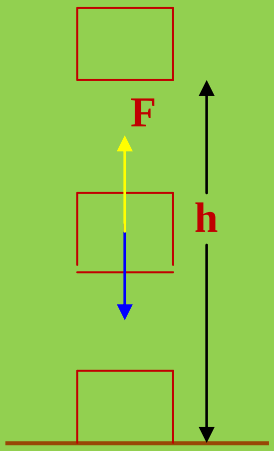
http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/campoele.htm

http://www5.uva.es/emag/proyectoEMAG/html/electrostatica/lineas.html

http://www-fen.upc.es/wfib/virtualab/marco/conocimi.htm

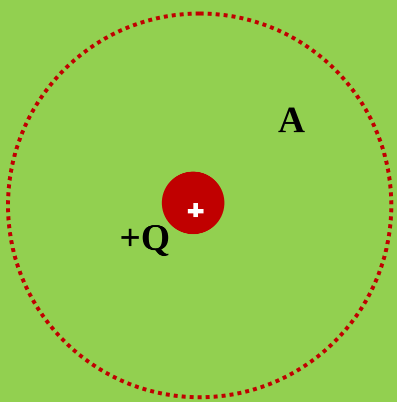
http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electroestatica/ap06_campo_electrico.php

8.- Potencial eléctrico

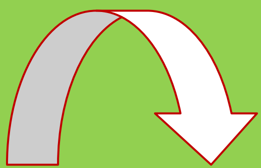


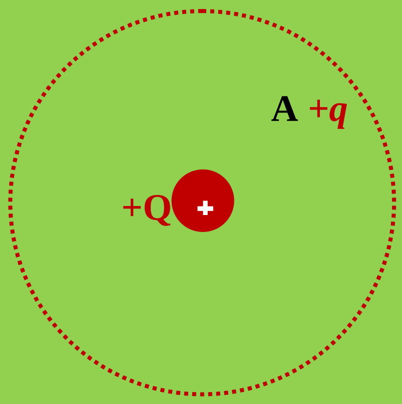
Cuando elevamos un cuerpo desde un sistema de referencia, como la superficie terrestre, tenemos que vencer la fuerza gravitatoria que se conoce como *PESO* (*$F \geq P$*) hasta una cierta altura *"h"* hemos ejercido una fuerza en la *misma dirección y sentido* que el *desplazamoiento* hemos realizado un *TRABAJO* que queda almacenado en el cuerpo en forma de *Energía Potencial Gravitatoria*.

Algo parecido ocurre con el *Campo Eléctrico*. Supongamos una Q(+) creadora del Campo Eléctrico.



Queremos introducir una carga *+q* hasta el punto A. En un princio la *+q* no sufre acción alguna pero al traspasar la línea roja cae bajo la acción del Campo Eléctrico creado por *+Q* que mediante fuerzas repulsivas (mismo signo) tiende a sacar a *+q* de su Campo Eléctrico.





Par poder introducir a *+q* dentro del Campo Eléctrico deberemos realizar una fuerza que contrareste la fuerza repulsiva creada por *+Q.* Logramos introdicirla pero hemos realizado una fuerza a lo largo de un espacio, es decir, se ha realizado un *TRABAJO*.

Una vez que hemos demostrado que se ha realizado un *TRABAJO* podemos definir el *Potencial Eléctrico*: *Potencial en un punto de un Campo Eléctrico es el cociente que resulta de de dividir el trabajo realizado para trasladar una carga positiva (+q) hasta ese punto del Campo, entre el valor de dicha carga*

Matemáticamente:

$$V_A = W / q$$

El *Potencial Eléctrico* es una *magnitud Escalar* pues depende de un trabojo, que es un escalar y de una carga eléctrica que también es una magnitud escalar.

EN el S.I de unidades, la unidad de Potencial Elétrico es:

[V] = *Julio* / *Culombio* = *Voltio*

En un punto de un Campo Eléctrico existe el potencial de *1 Voltio* cuando la trasladar una carga de *1 Culombio* desde el infinito hasta ese punto, venciendo las fuerzas del Campo, se realiza un trabajo de *1 Julio*.

Podemos dar otra definición: ***El Potencial en un punto de un Campo Eléctrico, es el trabajo realizado cuando se lleva una carga de prueba positiva desde el infinito hasta otro punto dentro del campo.***

El *Potencial* será *NEGATIVO* si es necesario realizar un trabajo contra el Campo Eléctrico (agente externo) para trasladar la carga y será *POSITIVO* si es el *Campo* quien realiza el trabajo.

Para saber el signo del *Potencial* pondremos el signo de las cargas en las ecuaciones que intervengan.

Factores de dependencia del Potencial Eléctrico en un punto:

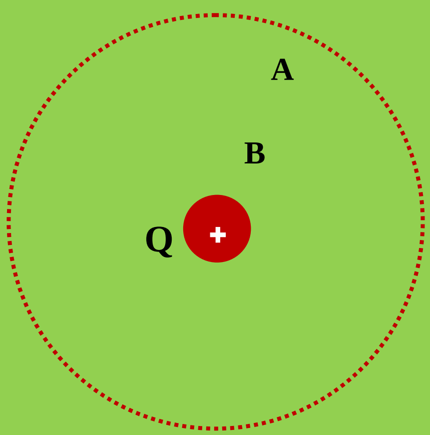
a) ***De la carga eléctrica que crea el medio***
b) ***De la distancia de separación entre la carga que crea el campo y el punto considerado***
c) ***Del medio através de su constante dieléctrica, ε_o***

Llegamos a la conclusión que el *Potencial* en un punto es *directamente proporcional* a la carga que crea el campo (+Q) e *inversamente proporcional* a la *distancia de separación entre la carga creadora del campo y el punto a considerar*. El medio en donde nos encontramos aparecerá en la constante de proporcionalidad. Obtenemos otra ecuación para determinar el Potencial Eléctrico en un punto de un Campo Eléctrico:

$$V = K \cdot Q / R$$

Hagamos la siguiente suposición:

Una carga eléctrica, +Q, origina un campo eléctrico. Dentro de dicho Campo Eléctrico tenemos dos puntos, A y B:

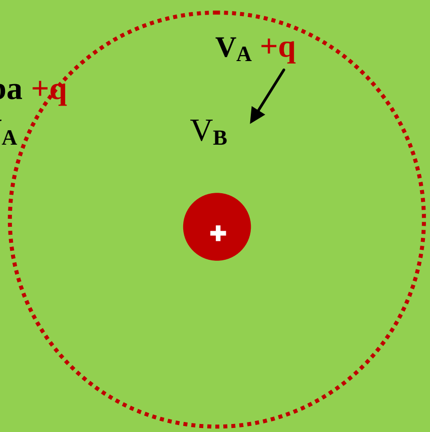


En A Y B existirán dos potenciales, V_A y V_B. Según la fórmula:

$$V = K \cdot Q / R$$

Estando en un mismo miembro y siendo R menor para el punto B y el resto de magnitudes son iguales tanto para A como para B. Se cumplirá que $V_B > V_A$.

Ahora queremos llevar una carga de prueba +q desde el punto A al punto B, siendo $V_B > V_A$. Lógicamente tendremos que realizar un. Podemos establecer que:



$$V_B - V_A = W / q \quad (1)$$

Que traducido nos dice: ***La diferencia de Potencial entre dos puntos de un Campo Eléctrico es el cociente que resulta de dividir el trabajo realizado para el traslado de +q de un punto del campo de menor Potencial a otro de mayor Potencial, entre el valor de +q*****.**

Trabajando con la ecuación (1) llegamos a obtener otra:

$$W = q\,(V_B - V_A)$$

Que nos permite establecer: ***Entre dos puntos de un Campo Eléctrico existe una diferencia de Potencial de 1 voltio cuando al trasladar 1 culombio positivo desde un punto a otro, venciendo las fuerzas del campo, se realiza el trabajo de 1 Julio.***

Ejercicio resuelto

En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de 12 . 10^{-8} C, adquiere una energía potencial de 75 . 10^{-4} J. Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto.

Resolución

En los ejercicios de potencial elétrico *Energía Potencial* es sinónimo de trabajo, lo mismo que ocurre con el Campo Gravitatrio, es decir para llevar la carga de 12 . 10^{-8} C hasta el punto considerado se ha realizado un trabajo de 75 . 10^{-4} J.

Recordemos:

$$V = Ep / q = w / q = 75 \cdot 10^{-4}\ J / 12 \cdot 10^{-8}\ C = 6{,}25 \cdot 10^{4}\ V$$

Ejercicio resuelto

A una distancia de 10 cm se encuentra una carga de 6,5 . 10^{-8} C determinar el valor del Potencial eléctrico a esa distancia.

Resolución

R = 10 cm . 1 m / 100 cm = 0,01 M

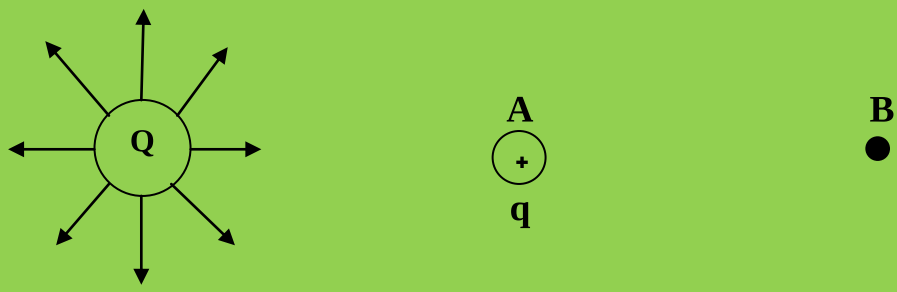
El potencial en un punto creado por una carga eléctrica viene determinado por la ecuación:

$$V = K \cdot Q / R$$

$V = 9.10^9$ N . m^2/C^2 . 6,5 . 10^{-8} C / 0,10 m ; V = 585 . 10 N . m / C = 5850 J/C = 5850 V

Ejercicio resuelto

Una carga de prueba se mueve del punto A al B como se indica en la figura:



Determinar la Diferencia de Potencial V_{AB}, si la distancia del punto A a la carga Q de 4 μC es de 20 cm y la distancia del punto B a la carga Q es de 40 cm.
Determinar el valor del trabajo realizado por el campo eléctrico que crea la carga Q para mover la carga de prueba "q" cuyo valor es de 9nC desde el punto A al punto B.

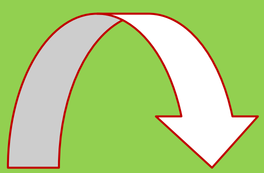
Resolución

9 nC . 10^{-9}C / 1 nC = 9 . 10^{-9} C

El trabajo realizado viene determinado por la ecuación:

$$W = q \cdot (V_A - V_B)$$

En este ejercicio es fácil establecer la diferencia de potenciales puesto que nos proporciona un croquis de la situación. $V_A > V_B$ puesto que se encuentra más cerca de la carga Q.



Calculemos los potenciales en A y B.

a) **Potencial V_A:**

$V_A = K \cdot Q / R$; $VA = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \ C / 0{,}20 \ m =$
$= 180 \cdot 10^3 \ J/C$

b) **Potencial en el punto B:**

$V_B = K \cdot Q / R$; $V_B = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \ C/0{,}40 \ m =$
$= 90 \cdot 10^3 \ J/C$

Luego el trabajo:

$\Delta V = V_{salida} - V_{llegada} = V_A - V_B$

$W = q \cdot (V_A – V_B) = 9 \cdot 10^{-9} \ C \cdot (180 \cdot 10^3 \ J/C – 90 \cdot 10^3 \ J/C)$
$= 810 \cdot 10^{-6} \ C \cdot J/C = 810 \cdot 10^{-6} \ J$

Páginas Web consultadas:

http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r53120.PDF

http://www.buenastareas.com/ensayos/Ejercicios-Fisica-Iii-Potencial-Electrico/39766177.html

http://www5.uva.es/emag/proyectoEMAG/html/electrostatica/potencial.html

http://perso.wanadoo.es/vicmarmor/efb_campoelec.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Voltio

http://www.unicrom.com/Tut_unidades.asp

http://manualesdecine.files.wordpress.com/2009/12/electricidad-2.pdf

http://lafisicaparatodos.wikispaces.com/Potencial+Electrico

Ejercicio resuelto

Una carga de 6 μC está separada 30 cm de otra carga de 3 μC. ¿Cuál es la energía potencial del sistema?.

Resolución

$q_1 = 6\ \mu C = 6 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_2 = 3\ \mu C = 3 \cdot 10^{-6}\ C$

La *energía potencial* del sistema correspone a un *trabajo realizado*. Para ello haremos que una de las cargas sea la causante del campo eléctrico creado, por ejemplo la q_1. Para poder entrar la q_2 hasta una distancia de 30 cm de q_1 debemos realizar un trabajo contra el campo.

El potencial en un punto viene dado por la ecuación:

$$V = K\, q_1/r$$

Por otra parte recordemos que:

$$V = W / q_2$$

Igualaremos los dos segundos miembros y obtenemos:

$$K \cdot q_1 / r = W / q_2 \ ; \ W = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r$$

$$W = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 6 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}30\ m$$

$$W = 540 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m = 540 \cdot 10^{-3}\ J$$

Problema resuelto (Fuente del enunciado: D.Francisco Javier Seijas. Resolución: A. Zaragoza)

Un campo eléctrico uniforme de valor 200 N/C está en la dirección x. Se deja en libertad una carga puntual Q = 3μC inicialmente en reposo en el origen.

¿Cuál es la energía cinética de la carga cuando esté en x = 4 m?

¿Cuál es la variación de energía potencial de la carga desde x = 0 hasta x = 4m?

¿Cuál es la diferencia de potencial V(4m) – V(0)?

Resolución

a) E = 200 N/C
   q = 3 μC = 3 . 10^{-6} C
   Voq = 0
   X = 4 m
   Cuando q se encuentre en x = 4 m.

La Energía cinética será igual al trabajo realizado:

$$Ec = W$$

Recordemos que en un campo eléctrico se cumple:

$$F = E \cdot q$$

F = E . q = 200 N/C . 3 . 10^{-6} C = 600 . 10^{-6} N = 6 . 10^{-4} N

W = F . x = 6 . 10^{-4} N . 4 m = 24 . 10^{-4} J

Luego: *Ecf* = 24 . 10^{-4} J

b) La energía potencial eléctrica tiene el mismo significado que el trabajo realizado pero como se realiza contra el campo será un trabajo negativo:

W = - 24 . 10^{-4} J

c) (V4m – Vo)?

$W = q \cdot (V_{4m} - V_o)$; $- 24 \cdot 10^{-4}\ J = 3 \cdot 10^{-6}\ C\ (V_{4m} - V_o)$

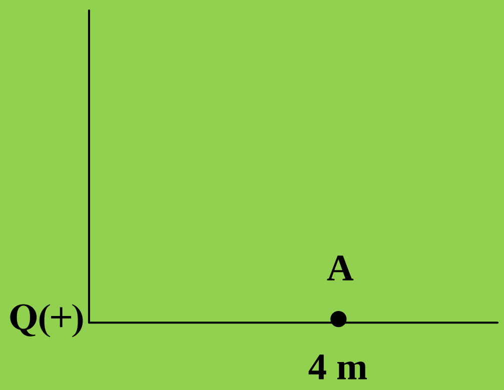
$(V_{4m} - V_o) = - 24 \cdot 10^{-4}\ J / 3 \cdot 10^{-6}\ C = - 8 \cdot 10^{2}\ J/C$

Problema resuelto (Fuente enunciado: Francisco Javier Seijas. Resolución: A. Zaragoza)

Una carga positiva de valor 2μC está en el origen.
¿Cuál es el potencial eléctrico V en un punto a 4m del origen respecto al valor V=0 en el infinito?
¿Cuál es la energía potencial cuando se coloca una carga de +3μC en r=4m?
¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga de 3μC desde el infinito hasta r=4m admitiendo que se mantiene fija en el origen otra carga de 2μC?
¿Cuánto trabajo deberá ser realizado por un agente exterior para llevar la carga de 2μC desde el infinito hasta el origen si la carga de 3μC se coloca primeramente en r=4m y luego se mantiene fija?

Resolución

$Q = + 2\mu C = + 2 \cdot 10^{-6}\ C$



a) $V = K \cdot Q / R$; $V = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / 4\ m =$

$= \ 4{,}5 \ . \ 10^{3} \ J/C = 4{,}5 \ . \ 103 \ V$

b) **Energía potencial en x = 4 ; q = 3 μC = 3 . 10^{-6} C**

$Ep = K \ . \ Q \ . \ q \ / \ R$

$Ep = 9 \ . \ 10^{9} \ N \ . \ m^{2}/C^{2} \ . \ 2 \ . \ 10^{-6} \ C \ . \ 3 \ . \ 10^{-6} \ C \ / \ 4m$

$Ep = 13{,}5 \ . \ 10^{-3} \ N \ . \ m = 13{,}5 \ . \ 10^{-3} \ J$

c) **El trabajo realizado es sinónimo de Ep, pero como el trabajo se realiza contra el campo, este es negativo:**

$Ep = W = - \ 13{,}5 \ . \ 10^{-3} \ J$

d) **Es la misma pregunta que el ejercicio anterior:**

$W = - \ 13{,}5 \ . \ 10^{-3} \ J$

e) $W = q \ . \ (V_A - V_B)$

$V_A = K \ . \ Q \ / \ R \ ; \ V_A = 9 \ . \ 10^{9} \ N \ . \ m^{2}/C^{2} \ . \ 2 \ . \ 10^{-6} \ C/ \ 4m$

$V_A = 4{,}5 \ . \ 10^{3} \ J/C$

El potencial en el origen vale 0 ; $V_B = 0$

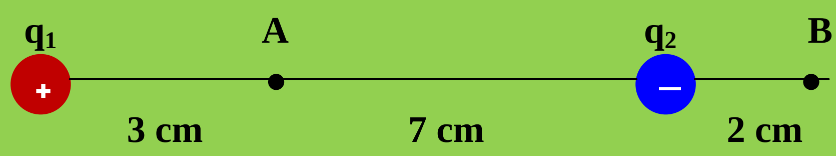
$W = 3 \ . \ 10^{-6} \ C \ . \ 4{,}5 \ . \ 10^{3} \ J/C = 13{,}5 \ . \ 10^{-3} \ J$

Ejercicio resuelto

Dos cargas, q_1 = 2 μC y q_2 = - 2μC se encuentran a una distancia de 10 cm. Calcular:

a) **¿Cuánto vale el potencial en el punto A y en el punto B?**
b) **¿Cuál es la diferencia de potrencial entre los puntos A y B?**
c) **¿Cuál es el valor del trabajo que debe realizar el Campo Eléctrico para mover una carga de – 3 μC del punto A al punto B?**

El diagrama del problema es el siguiente:



$q_1 = 2\ \mu C = 2 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_2 = -2\ \mu C = -2 \cdot 10^{-6}\ C$
$R_1 = 3\ cm = 0{,}03$
$R_2 = 7\ cm = 0{,}07\ m$

a) **Sobre el punto A actúan dos cargas, q_1 y q_2, existirán por tanto dos potenciales en A. Su valor será la suma escalar de los potenciales:**

$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}03\ m =$
$= 600 \cdot 10^3\ J/C (V)$

$Vq_2 = K \cdot q_2 / R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot (-2 \cdot 10^{-6}\ C) / 0{,}07\ m =$
$= -257{,}14 \cdot 10^3\ J/C (V)$

$$V_A = 600 \cdot 10^3\ V + (-257{,}14 \cdot 10^3\ V) =$$

$$V_A = 342{,}86 \cdot 10^3\ V$$

$V_B = Vq_1 + Vq_2$

$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1$ = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 2 . 10^{-6} C / 0,12 m =

= $150 \cdot 10^3$ V

$Vq_2 = K \cdot q_2/R_2$ = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . (- 2 . 10^{-6} C) / 0,02 m =

= $- 900 \cdot 10^3$ V

V_B = 150 . 10^3 V + (- 900 . 10^3 V) = $- 750 \cdot 10^3$ V

b) La diferencia de potencial no podemos calcularla mediante la ecuación:

$$W = q\,(Vq_1 - Vq_2)$$

No conocemos el trabajo ni la carga.

$$\Delta V = (V_A - V_B)$$

ΔV = 342,86 . 103 V - (- 750 . 10^3 V) =

= (342,86 . 10^3 V + 750 . 10^3 V)

= $1092 \cdot 10^3$ V

c) Recordar que:
q = - 3 μC = - 3 . 10^{-6} C

$W = q \cdot (V_A - V_B)$; W = (- 3 . 10^{-6} C) . 1092 10^3 . 103 J/Q

$W = - 3276 \cdot 10^{-3}$ J = - 3,276 J

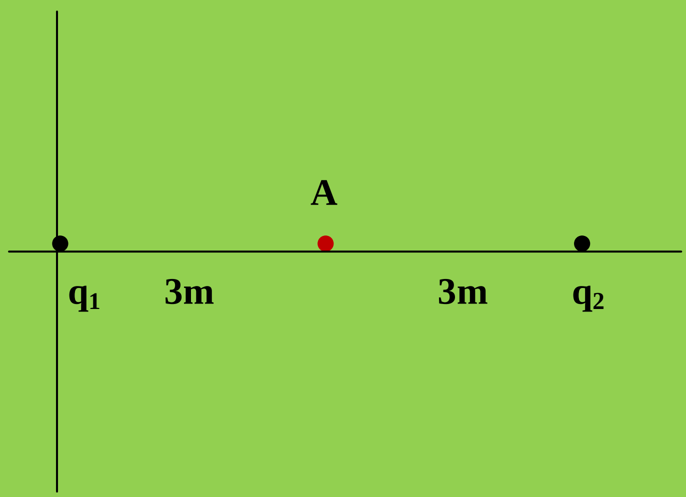
Problema resuelto (Fuente Enunciado:Frnacisco Javier Seijas. Resolución: A . Zaragoza)

Una carga de +3µC está en el origen y otra de -3µC está en el eje x en x=6m. Hallar el potencial en el eje x en el punto x=3m
Hallar el campo eléctrico en el eje x en el punto x=3m

Resolución

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

$q_2 = - 3\ \mu C = - 3 \cdot 10^{-6}\ C$



$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

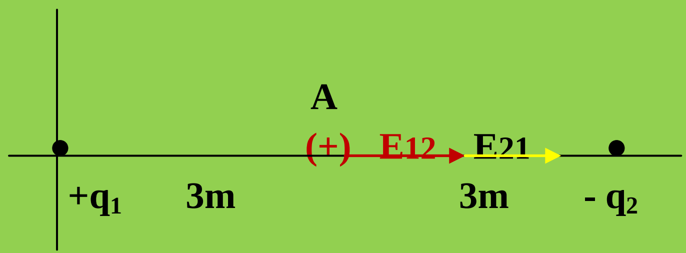
$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C/\ 3m = 9 \cdot 10^3\ V$

$Vq_2 = K \cdot q_2/R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2\ (- 3 \cdot 10^{-6}\ C)/\ 3m = - 9 \cdot 10^3\ V$

$$V_A = 9 \cdot 10^3\ V + (- 9 \cdot 10^3\ V) = 9 \cdot 10^3\ V - 9 \cdot 10^3\ V = 0$$

Para hallar el campo eéctrico en el punto A deberemos suponer que en dicho punto existe la unidad de carga positiva (+).

$q_2 = - 3\ \mu C = - 3 \cdot 10^{-6}\ C$



Obtenemos dos campos eléctricosfuerzas, E_{12} y E_{21}, de la misma dirección y del mismo sentido. La resultante será la suma de los módulos de estos dos campos:

$E_{12} = K \cdot q_1/R_1^2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}/(3\text{m})^2 = 3 \cdot 10^3 \text{ N/C}$

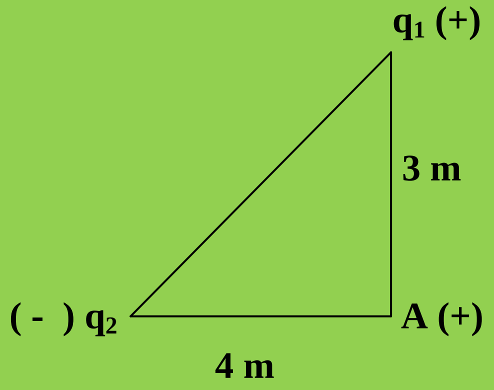
$E_{21} = K \cdot q_2/R2^2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 10^{-6} \text{ V} / (3\text{m})^2 = 3 \cdot 103 \text{ N/C}$

$$|\vec{E}_R| = |\vec{E}_{12}| + |\vec{E}_{21}|$$

$$E_R = 3 \cdot 10^3 \text{ N/C} + 3 \cdot 10^3 \text{ N/C} = 6 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

Ejercicio resuelto

Dos cargas puntuales $q_1 = +2 \cdot 10^{-9}$ C y $q_2 = -25 \cdot 10^{-9}$ C se encuentran situadas en los vértices del triángulo rectángulo de la figura:

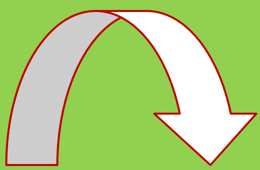


a) La intensidad del campo eléctrico en el vértice A

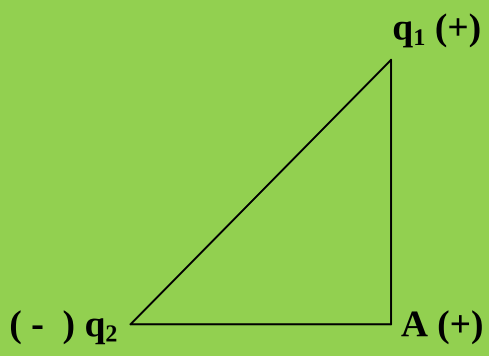
b) El potencial en el vértice A.

DATO: $K = 9{,}00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

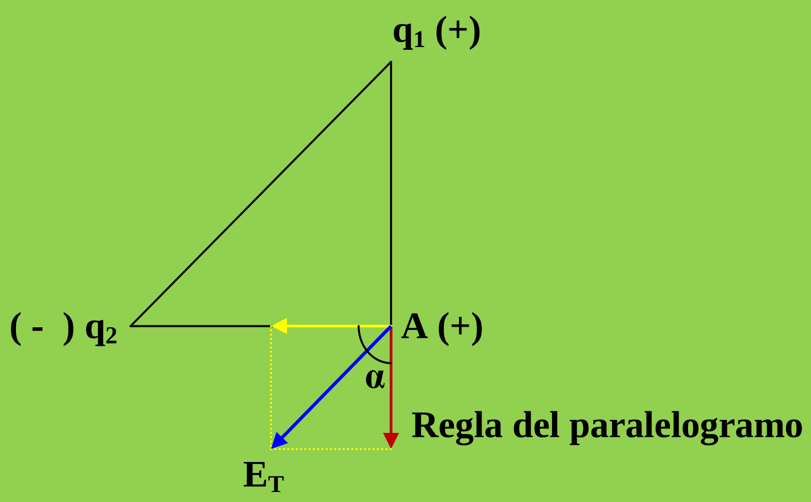
Resolución



a) $q_1 = +2 \cdot 10^{-9}$ C y $q_2 = -25 \cdot 10^{-9}$ C



Al existir dos cargas, q_1 y q_2, en el punto A se generarán dos campos parciales. Geométricamente y suponiendo la unidad decarga eléctrica positiva en el punto A:



Por el teorema del coseno:

$$E_T = [\,(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2\,.\,E_1\,.\,E_2 \cos \alpha\,]^{1/2}$$

como $\alpha = 90^o \rightarrow \cos 90^o = 0$

La ecuación anterior nos queda de la forma:

$$E_T = [\,(E_1)^2 + (\,E_2)^2]^{1/2}$$

Calculemos los campos parciales:

$E_1 = K \cdot q_1/R^2$; $E_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9}\ C / (R_1\ m)^2 = 18 / (R_1\ m)2$

$E_1 = 18 /9\ N/C$; $E_1 = 2\ N/C$

$E_2 = K \cdot q_2/R_2^2$; $E_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 25 \cdot 10^{-9}\ C/(4\ m)^2$

$E_2 = 225 / 16\ N/C = 16{,}05\ N/C$

Llevados estos valores a la ecuación de E_T:

$$E_T = [\ (2\ N/C)^2 + (16{,}05\ N/C)^2\ ]^{1/2} = 16{,}17\ N/C$$

b) El potencial en el vértice A.

Los potenciales son magnitudes escalares y no es preciso realizar dibujos. En el punto A:

$$V_T = Vq_1 + Vq_2$$

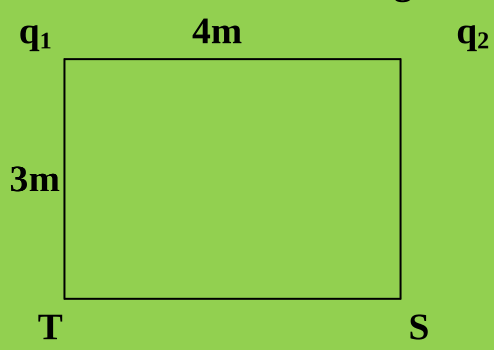
$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9}\ C/ 3\ m = 6\ V$

$Vq_2 = K \cdot q_2 /R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 25 \cdot 10^{-9}\ C/ 4\ m = 56{,}25\ V$

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 = 6\ v + 56{,}25\ V = 62{,}25\ V$$

Ejercicio resuelto

En dos vértices consecutivos del rectángulo de la figura:



se sitúan fijas dos cargas puntuales q_1=50'0nC y q_2=36'0nC. Determinar:

a) El campo eléctrico creado en el vértice T

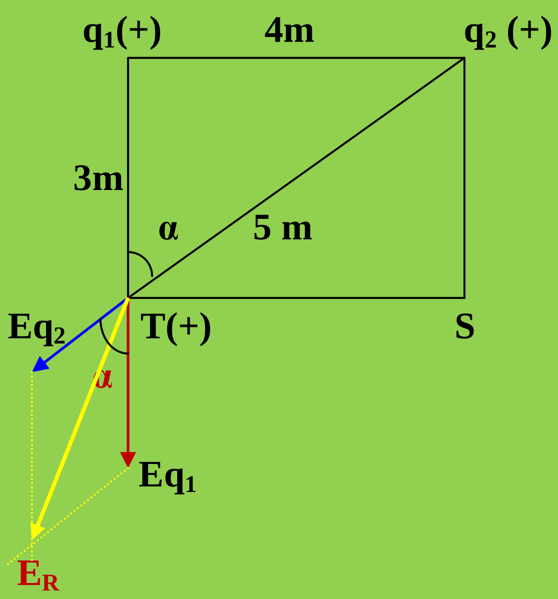
b) El potencial eléctrico en los vértices S y T

Resolución

q_2 = 36,0 nC = 36,0 . 10-9 C

q_1 = 50,0 nC = 50,0 .10-9 C

a)



En el vértice T existirán dos campos eléctricos debido a la existencia de q1 y q2. Supondremos en T existe la unidad de carga positiva (+). Por Pitágoras la distancia entre q_2 y T vale *5 m.*

Calculemos los campos parciales:

$Eq_1 = k \cdot q_1/R_1^2$ = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 50,0 . 10^{-9} C/(3 m)^2 = *50 N/C*

$Eq_2 = K \cdot q_2/R_2^2$ = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 36 . 10^{-9} C/(5m)^2 = *12,96 N/C*

El teorema del coseno nos dice que:

$$E_R = [(Eq_1)^2 + (Eq_2)^2 + 2 \cdot Eq_1 \cdot Eq_2 \cdot \cos\alpha]^{1/2}$$

Debemos conocer el valor de α. Para ello nos vamos al último dibujo y del triángulo q_1Tq_2 (triángulo rectángulo):

sen α = cateto opuesto / hipotenusa = 4 m / 5 m = 0,8 → α = 53,13º

Volvemos a E_R:

E_R=[(50,0.10^{-9}N/C)^2+(36.10^{-9}N/C)^2 + 2.50,0.10^{-9}C. 36.10^{-9}.cos 53,13]$^{1/2}$

E_R = (2500 . 10^{-18} N^2/C^2 + 1296 . 10^{-18} N^2/C^2 + 2160 . 10^{-18} N^2/C^2]$^{1/2}$

E_R = 77,17 . 10^{-9} N/C

b) **Potenciales elétricos en S y en T:**
Conoceremos los potenciales parciales y como el potencial elétrico es un escalar no necesitamos dibujos y el potencial total es igual a la suma de los potenciales parciales.

Calculemos los potenciales parciales:

VSq_1 = K . q_1/R_1 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 50,0 . 10^{-9} C/ 3 m = 150 V
VSq_2 = K . q_2/R_2 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 36 . 10^{-9}C/ 5m = 64,8 V

$V_S = VSq_1 + VSq_2$ = 150 V + 64,8 V = *214,8 V*

En el vértice T:

$V_T = V_Tq_1 + V_Tq_2$

V_Tq_1= K . q_1/r_1 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 50,0 . 10^{-9} C/ 5 m = *90 V*

V_Tq_2 = K . q_2/R_2 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 36 . 10^{-9} C / 3 m = *108 V*

V_T = 90 V + 108 V = *198 V*

Ejercicio resuelto
El potencial en un punto a una cierta distancia de una carga puntual es 600 V, y el campo eléctrico en dicho punto es 200N/C. ¿Cuál es la distancia de dicho punto a la carga puntual y el valor de la carga?

Resolución

Trabajaremos conjuntamente con las ecuaciones del Potencial y del Campo y veamos lo que podemos hacer:

$V = K \cdot Q / R$

$E = K \cdot Q / R^2$

Si dividimos miambro a miembro las dos ecuaciones nos queda:

$$V / E = (K \cdot Q / R) / (K \cdot Q / R^2)$$

$$V / E = R \;\; ; \;\; 600\ V / 200\ N/C = R$$

$$600\ J/C / 200\ N/C = R \;\; ; \;\; 600\ N \cdot m/C / 200\ N/C = R$$

$$R = 3\ m$$

Para conocer el valor de Q podemos utilizar la ecuación del potencial o la del campo eléctrico. Es más comoda la del potencial eléctrico:

$$V = K \cdot Q / R \;\; ; \;\; Q = V \cdot R / K = 600\ V \cdot 3\ m / 200\ N/C$$

$$Q = 600\ J/C \cdot 3\ m / 200\ N/C = 600\ N \cdot m/C \cdot 3\ m / 200\ N/C = 9\ C$$

Ejercicio resuelto

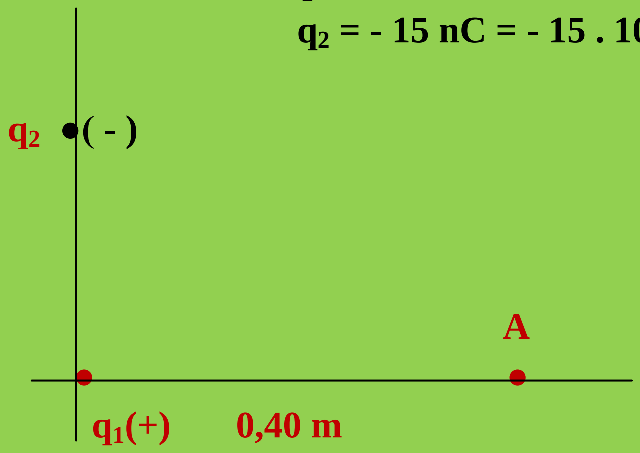
Una carga puntual de 5 nC está situada en el origen de coordenadas de un sistema cartesiano. Otra carga puntual de -15 nC está situada en el eje OY a 30 cm del origen del mismo sistema. Calcula:

a) **La intensidad de campo electrostático en un punto A, situado en el eje OX, a 40 cm del origen.**

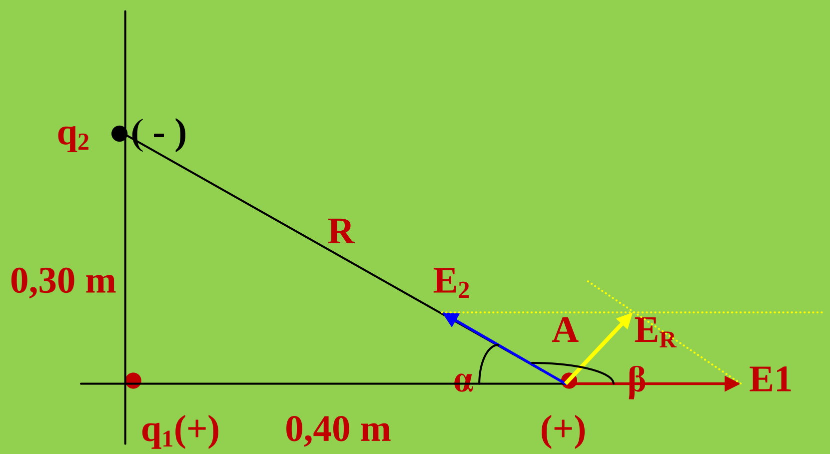
b) **El valor del potencial electrostático en el punto A.**

Resolución

$q_1 = 5\ nC = 5 \cdot 10^{-9}\ C$
$q_2 = -15\ nC = -15 \cdot 10^{-9}\ C$



En el punto A existirán dos campos parciales.



El valor de E_R lo conoceremos por la ecuación:

$$E_R = [(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\beta]^{1/2}$$

Hagamos los cáculos pertinentes:

$E_1 = K \cdot q_1 / R_1^2$; $E_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9}\ C / (0{,}40 \cdot m)^2$
$E_1 = 281{,}25\ N/C$
$R = [(0{,}30\ m)2 + (0{,}40\ m)2]^{1/2} = 0{,}56\ m$
$E_2 = K \cdot q_2 / R_2^2$; $E_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m2/C2 \cdot 15 \cdot 10^{-9}\ C / (0{,}56\ m)^2$
$E_2 = 435{,}48\ N/C$

sen α = 0,30/0,56 = 0,536 → *α = 32,41^o*
β **= 180^o – 32,41^o = *147,59^o***

Volvemos a la ecuación de E_R:

$$E_R=[(281{,}25\ N/C)^2+(435{,}48\ N/C)^2+2.281{,}25\ N/C.435{,}48\ N/C.\cos\beta]^{1/2}$$

$$E_R = [(\ 79101{,}56\ N^2/C^2 + 189642{,}8\ N^2/C^2 + (-\ 205764{,}3\ N^2/C^2)]^{1/2}$$

$$E_R = (62980{,}06\ N2/C2)^{1/2} = 250{,}95\ N/C$$

El potencial en el punto viene dado por la ecuación:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

Calculemos los potenciales parciales:

$$Vq_1 = k\ .\ q_1 / R_1\ ;\ Vq_1 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.5\ .\ 10^{-9}\ C / 0{,}40\ m = 112{,}5\ V$$

$$Vq_2 = K\ .\ q_2 / R_2\ ;\ Vq_2 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.15.10^{-9}\ C / 0{,}56\ m = 241{,}7\ V$$

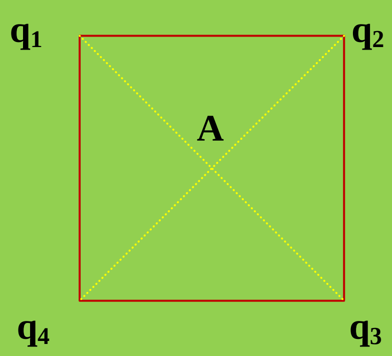
Por lo tanto:

$$V_A = 112{,}5\ V + 241{,}7\ V = 354{,}2\ V$$

Ejercicio resuelto
Cuatro cargas de 10 µC, -8 µC, 5 µC y -3 µC, están ubicadas en los vértices de un cuadrado de lado 5 cm (en ese orden, partiendo del vértice superior izquierdo). Determine: a) el potencial en el centro geométrico del cuadrado, b) la energía almacenada en el sistema.

Resolución

$q_1 = 10\ \mu C = 10\ .\ 10^{-6}\ C$
$q_2 = -\ 8\ \mu C = -\ 8\ .\ 10^{-6}\ C$
$q_3 = 5\ \mu C = 5\ .\ 10^{-6}\ C$
$q_4 = -\ 3\ \mu C = -\ 3\ .\ 10^{-6}\ C$
$l = 5\ cm = 0{,}05\ m$



El potencial en el punto A será la suma de los potenciales parciales:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

Del triángulo $q_1q_2q_3$ determinaremos la distancia de q_2 a q_4, cuya mitad será la distancia de separación entre la carga y el centro geométrico del cuadrado. Por pitadoras:

$$Rq_2q_4 = [\ (Rq_2q_3)^2 + (\ Rq_3q_4)^2]^{1/2}$$

$$Rq_2q_4 = [\ (0{,}05\ m\ )^2 + (\ 0{,}05\ )^2]^{1/2}$$

$$Rq_2q_4 = 0{,}07\ m$$

Las cuatro distancias, al centro geométrico, son iguales:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 0{,}07\ m\ /\ 2 = 0{,}035\ m$$

$Vq_1 = K\ .\ q_1/R_1 = 9\ .\ 10^9\ N\ .\ m^2/C^2\ .\ 10\ .\ 10^{-6}\ C\ /\ 0{,}035\ m = 2571\ .\ 10^3\ V$

$Vq_2 = K.q_2\ /R_2 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.(-8.10^{-6}\ C)\ /\ 0{,}035\ m = -\ 2057{,}14\ .\ 10^3\ V$

$Vq_3 = K\ .\ q_3/R_3 = 9.10^9 N.m^2/C^2\ .\ 5\ .\ 10^{-5}\ C\ /\ 0{,}035\ m = 1285{,}7\ .\ 10^3\ V$

$Vq_4 = K\ .\ q_4/R_4 = 9\ .10_9 N.m^2/C^2\ .\ (-3.10^{-6}\ C)\ /0{,}035\ m = -771{,}4\ .103\ V$

Volvemos a V_A:

V_A = 2571.10^3 V+(- 2057.10^3 V) + (1285,4 .10^3 V) + (-771,4.103 V) =

= *1028 V*

b) $Ep_{eléctrica} = Epq_1q_2 + Epq_2q_3 + Epq_3q_4 + Epq_4q_1$

$Epq_1q_2 = k . q_1 . q_2 /Rq_1q_2$
$Epq_2q_3 = K . q_2 . q_3 /Rq_2q_3$
$Epq_3q_4 = K . q_3 . q_4 / Rq_3q_4$
$Epq_4q_1 = K . q_4 . q_1 / Rq_4q_1$

$Ep_T = Epq_1q_2 + Epq_2q_3 + Eq_3q_4 + Epq_4q_1$

$Epq_1q_2 = 9.10^9 N.m^2/C^2 . 10 . 10^{-6} C . (-8 .10^{-6} C) /0,05\ m =$
$= - 14400 . 10^{-3} J$

$Epq_2q_3 = K.q_2.q_3/Rq_2q_3 = 9.10^9 N.m^2/C^2.(-8.10^{-6}C).5.10^{-6} C/0,05\ m =$

$= - 7200 . 10^{-3} J$

$Epq_3q_4= K.q_3.q_4/Rq_3q_4 = 9.10^9 . 5 . 10^{-6} . (-3 . 10^{-6}) /0,05 =$
$= - 2700 . 10^{-3} J$

$Epq_4q_1=K.q_4.q_1/Rq_4q_1 = 9 .10^9 . (-3.10^{-6}) . 10 . 10^{-6} / 0,05 =$
$= - 5400 . 10^{-3} J$

Volviendo a la ecuación:

$Ep_T = Epq_{1q}^{\ 2} + Epq_2q_3 + Eq_3q_4 + Epq_4q_1$

E$_{PT}$ **= (- 14400.10^{-3} J) + (-7200.10^{-3} J) + (-2700.10^{-3} J) + (- 5400 . 10-3 J)=**

= - 29700 . 10^{-3} J

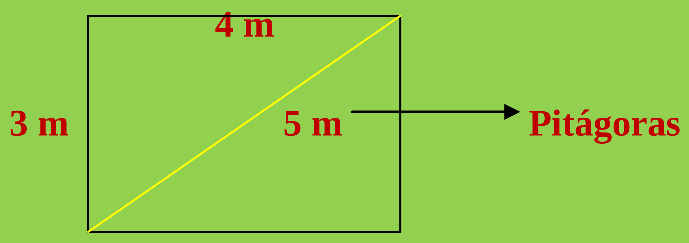
Que nos aparezca una Energía Potencial Eléctrica negativa nos pone de manifiesto que las cuatro cargas han sido introducidas en el Campo Eléctrico. Esto implica un trabajo de (*– 29700 . 10^{-3} J*) lo que nos dice que este *trabajo lo hemos realizado nosotros contra el campo*.

Ejercicio resuelto

En un vértice de un rectángulo de 3 por 4 cm se coloca una carga de -20x10-12 C y en los dos vértices contiguos, sendas cargas de 10-12 C. Hallar el potencial eléctrico en el cuarto vértice.

Resolución

q_1= - 20.10^{-12} C q_2 = 10^{-12} C



V_A? q_3 = 10^{-12} C

El potencial eléctrico es un escalar y se cumple:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

Calculemos los potenciales parciales.

Vq_1 = K . q_1 / R_1 = 9 . 10^9 . (- 20 . 10^{-12} C) / 3 = *- 60 . 10^{-3} V*

Vq_2 = K . q_2 / R_2 = 9 . 10^9 . 10^{-12} /5 = *1,8 . 10^{-3} V*

Vq_3 = K . q_3 /R_3 = 9 . 10^9 . 10^{-12} / 4 = *2,25 . 10^{-3} V*

Si volvemos a la ecuación:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

$$V_A = (- 60 \cdot 10^{-3}\ V) + 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ V + 2{,}25 \cdot 10^{-3}\ V$$

$$V_A = - 55{,}95 \cdot 10^{-3}\ V$$

9.- Distribución de las cargas eléctricas en los conductores

En una esfera cargada, el valor del campo eléctrico en la superficie se expresa como si toda la carga estuviera colocada en su centro. Si el *conductor está en equilibrio*, tienen las *cargas en reposo*, y en su interior no puede existir *campo eléctrico*, ya que provocaría el *movimiento de cargas*. Por lo tanto el *Campo Eléctrico vale cero en el interior de la esfera*. Este resultado expresa que el *trabajo para transportar la unidad de carga desde el infinito hasta al centro de la esfera o a cualquier punto interior es el mismo que el necesario para para transportarlo a la superficie de la esfera*. Esto hace que en una esfera supondremos que la carga se encuentra repartida de forma uniforme por la superficie de la esfera.

Según la ley de Gauss:

$$E = \begin{cases} 0 & r < R \\ E = K \cdot Q/R^2 & r > R \end{cases}$$

La esfera cargada eléctricamente la podemos considerar como una carga puntual.

El *Potencial Eléctrico* en la *superficie de la esfera es el trabajo necesario para trasladar la unidad de carga eléctrica desde el infinito a una distancia R del centro de la esfera*:

Si este cálculo se aplica a otros valores de r el resultado es:

$$V = \begin{cases} V = K \,.\, Q / R & r > R \\ \\ V = K \,.\, Q / R & r > R \end{cases}$$

La carga de la esfera la podemos considerar *concentrada* en el cento de la esfera. Por ello cuando nos pidan el potencial a una distancia de La esfera debemos partir del centro de la esfera, dicho de otra forma, *contaremos el radio de la esfera*. Lo mismo ocurriría para el cálculo del campom creado por la esfera auna distancia determinada de la esfera.

Páginas Web consultadas:

http://cientificocalvin.files.wordpress.com/2009/11/ejerc-pau.pdf

http://www.acienciasgalilei.com/alum/fis/potencialelectrico_respuestas.pdf

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/potsph.html

Ejercicio resuelto

Una carga de 4 nC es transportada desde el suelo hasta la superficie de una esfera cargada, con un trabajo de 7 . 10^{-5} J. Determinar el valor del potencial eléctrico en la esfera.

Resolución

q = 4 nC = 4 . 10^{-9} C
W = 7 . 10^{-5} J

$$W = q \cdot V_E \;;\; W = q \cdot V_E$$

$$7 \cdot 10^{-5}\ J = 4 \cdot 10^{-9}\ C \cdot V_E \;;\; V_E = 7 \cdot 10^{-5}\ J / 4 \cdot 10^{-9}\ C$$

$$V_E = 1{,}75 \cdot 10^{4}\ V$$

Ejercicio resuelto

¿Qué potencial existe en la superficie de una esfera de 45 cm de radio cargada con 25 µC?

Datos: R = 0,45 m ; q = 25x10-6 C ; V = ?

Resolución

V?

$R = 45\ cm = 0{,}45\ m$

$q = 25\ \mu C = 25 \cdot 10^{-6}\ C$

$$V = K \cdot q / R$$

$$V = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}45 = 500 \cdot 10^{3}\ V$$

Ejercicio resuelto

Desde el suelo llevamos una carga de 15 µC hasta una esfera cargada realizándose un trabajo de de 5. 10^{-3} J. Determinar el potencial eléctrico de la esfera.

Resolución

$Q = 15\ \mu C = 15 \cdot 10^{-6}\ C$

Recordemos que:

$$V = w/q \;;\; V = 5 \cdot 10^{-3}\ J / 15 \cdot 10^{-6}\ C = 333{,}33 \cdot 10^{3}\ V$$

Ejercicio resuelto

Un núcleo atómico tiene una carga de 50 protones. Hallar el potencial de un punto situado a 10^{-12} m de dicho núcleo.

Datos: Qp+ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

R = 72000 V

Resolución

$q_T = 50 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$R = 10^{-12}$ m

$$V = K \cdot qT / R$$

$$V = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 50 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\ C / 10^{-12}\ m = 720 \cdot 10^{2}\ V$$

Ejercicio resuelto

Dos esferas conductoras de radios 9'0 y 4'5 cm, están cargadas a un potencial de 10 y 20 V, respectivamente. Las esferas se encuentran en el vacío y sus centros están separados una distancia de 10 m. Determinar:

a) La carga de cada esfera

b) La fuerza que se ejercen entre sí ambas esferas, ¿Es repulsiva o atractiva?

Resolución

R = 9,0 cm = 0,09 m

r = 4,5 cm = 0,045 m

$V_1 = 10$ V

$V_2 = 20$ V

$R_{12} = R_{21} = 10$m

a) **Carga de cada esfera:**

$$V_1 = K \cdot q_1 / R_1 \;\; ; \;\; q_1 = V_1 \cdot R_1 / K \;\; ;$$

$$q_1 = 10\ V \cdot 0{,}09\ m / 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 = 0{,}081 \cdot 10\text{-}9\ C$$

$$V_2 = K \cdot q_2 / R_2 \;\; ; \;\; q_2 = V_2 \cdot R_2 / K_2$$

$$q_2 = 20\ V \cdot 0{,}045\ m / 9\ 10^9\ N \cdot m^2/C^2 = 0{,}1 \cdot 10\text{-}9\ C$$

b) **Las cargas son del mismo signo con lo que se producirá una repulsión entre ellas cuantificada por la ledy de Coulomb:**

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

$$F_{12} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 0{,}081 \cdot 10^{-9}\ C \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-9}\ C / (10\ m)^2 =$$

$$= 0{,}000729 \cdot 10^{-9}\ N = 7{,}29 \cdot 10^{-23}\ N$$

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

$$F_{21} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 0{,}081 \cdot 10^{-9}\ C \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-9}\ C / (10\ m)^2 =$$

$$= 0{,}000729 \cdot 10\text{-}9\ N = 7{,}29 \cdot 10^{-13}\ N$$

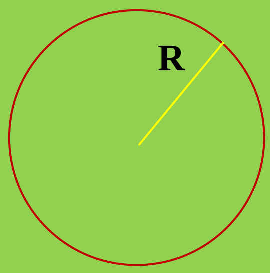
Ejercicio resuelto

Un coductor esférico tiene una carga de 5 nC y un diámetro de 30 cm. Dertminar:

a) **El Potencial eléctrico en la superficie de la esfera**
b) **El potencial eléctrico a 50 cm de su superficie**

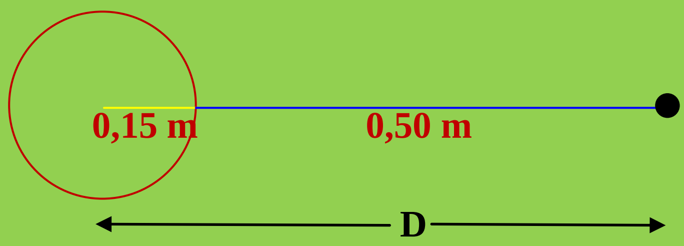
Resolución

a)
Q = 5 nC = 5 . 10^{-9} C
D = 30 cm = 0,30 m
R = 0,30 m / 2 = 0,15 m
d = 50 cm = 0,50 m



V = K . Q / R **;** ***V*** **= 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 5 . 10^{-9} C / 0,15 m =** ***300 V***

b)
En las esferas huecas la carga de la misma se considera acumulada en el centro de la esfera, razón por la cual a la distancia exterior hay que sumarle el rtadio de la esfera:



V = K . Q / D **;** ***D*** **= 0,15 m + 0,50 m =** ***0,65 m***

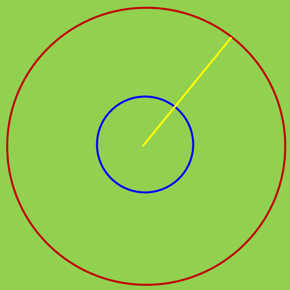
V **= 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 5 . 10^{-9} C / = 0,65 m =** ***69,23 V***

Ejercicio resuelto
Calcular el potencial eléctrico en un punto situado a 1 nm de un núcleo atómico de helio cuya carga vale 2 protones.
Datos: Qp+ = 1,6 . 10^{-19} C

Resolución

R = 1 nm = 1 . 10^{-9} m
Q_T = 2 . 1,6 . 19^{-19} C = 3,2 . 10^{-19} C

No sabemos si la distancia que nos proporcionan está dentro de la corteza electrónica. Pero sabemos que puede existir potencial eléctrico dentro de la esfera y por lo tanto dentro de la corteza electrónica.



$$V = K \cdot Q_T / R$$

$$V = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C2} \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-19} \text{ C}/ 10^{-9} \text{ m}$$

$$V = 28{,}8 \cdot 10^{-1} \text{ V} = 2{,}88 \text{ V}$$

Ejercicio resuelto

Un pequeño objeto esférico tiene una carga de 8 nC. ¿A qué distancia del centro del objeto el potencial es igual a 100 V?, ¿50 V?, ¿25 V?, ¿el espaciamiento de las equipotenciales es proporcional al cambio de V?

Datos:

$q = 8x10^{-9}$ C

$V_1 = 100$ V

$V_2 = 50$ V

$V_3 = 25$ V

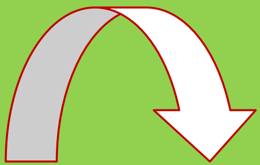
$$V = K \cdot Q / R \ ; \ V \cdot R = K \cdot Q \ ; \ R = K \cdot Q / V \ (1)$$

$$R_1 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 100 \text{ V} = 0{,}72 \text{ m}$$

$$R_2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 50 \text{ V} = 1{,}44 \text{ m}$$

$$R_3 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m2}/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 25 \text{ m} = 2{,}88 \text{ m}$$

Observamos que al *disminuir el potencial* la *distancia AUMENTA*. El potencial y la distancia al centro de la esfera son *INVERSAMENTE PROPORCIONALES*.

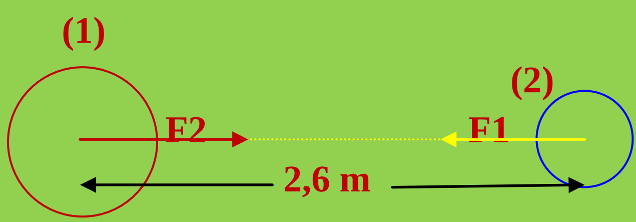


Ejercicio resuelto

Dos pequeñas esferas conductoras de radios r_1=1'00 cm y r_2=2'00 cm se encuentran cargadas con cargas q_1=2'0 nC y q_2= -5'0 nC respectivamente. Si la distancia que separa sus centros es 2'6m determinar el módulo de la fuerza electrostática que ejerce una esfera sobre la otra

Resolución

R_1 = 1,00 cm = 0,01 m
R_2 = 2,00 cm = 0,02 m
q_1 = 2,0 nC = 2,0 . 10^{-9} C
q_2 = - 5 nC = - 5 . 10^{-9} C
D = 2,6 m



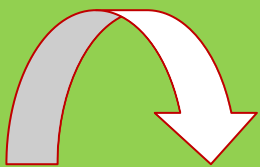
Al ser las cargas de signo contrario las eferas interaccionan entre ellas *creando fuerzas de atracción*, ya puestas en el croquis. La *cuantificación* de estas fuerzas la determinará la *ley de Coulomb*. La esfera grande ejerce sobre la pequeña una fuerza F_1 y la pequeña sobre la grande una F_2:

$F_1 = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$

$F_1 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (2,6 \text{ m})^2 = 13,31 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

$F_2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$

$F_2 = 9 \cdot 10^9 \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (2,6 \text{ m})^2 = 13,31 \cdot 10^{-9} \text{ C}$



10.- Superficies eqipotenciales

El *Campo Eléctrico* se representaban mediante las *líneas de fuerza*. El *Potencial Eléctrico* se puede representar mediante las denominadas *superficies equipotenciales*, que son el *lugar geométrico de los puntos del espacio en los que el potencial tiene un mismo valor*.

Una característica importante de las superficies equipotenciales es que son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo eléctrico. A título de ejemplo, en el caso de una carga puntual, el potencial viene dado por la ecuación:

$$V = K \,.\, Q / R$$

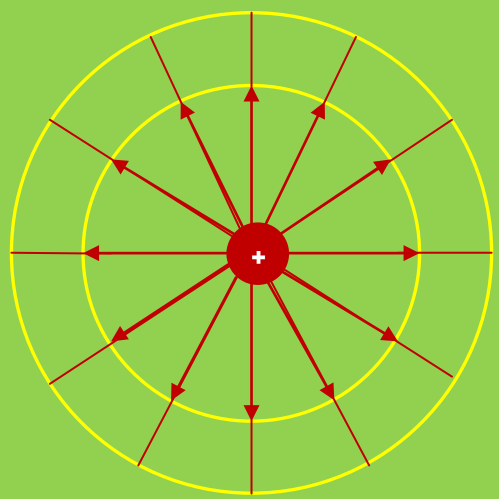
En el caso de una Superficie Equipotencial se cumple:

$$V = K \,.\, Q / R = const$$

en toda la superficie.

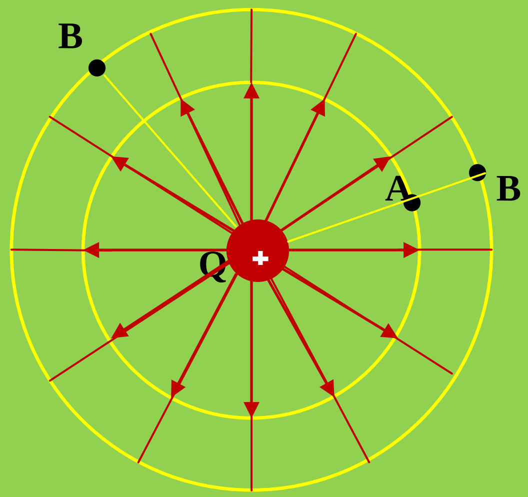
Las características de la superficies equipotenciales son:

a) Ya se ha dicho que las *Superficies Equipotenciales* deben ser *perpendiculares* en todos los puntos a la *líneas de fuerza del CampoEeléctrico.*



b) Cuando trasladamos una carga eléctrica de un puinto a otro de una Superficie Equipotencial *NO SE REALIZA TRABAJO*. La razón estriba en.

Supongamos el esquema anterior:



Un cuerpo cargado con 5,6 µC crea, según el esquema TRES potenciale:

R_A = 10 cm = 0,10 m

R_B = 10 cm = 0,10 m

R_C = 15 Cm = 0,15 .

V_A = K . Q / R

V_B = K . Q / R

V_C = K . Q / R

Q =5,6µC=5,6.10^{-6} C

q =-3µC=-3.10^{-6} C

Queremos conocer:

a) El trabajo a realizar para trasladar carga de prueba de - 3 µC de A a C.

b) El trabajo a realizar para trasladar la carga de – 3 µC de A hasta B

Recordar que el trabajo realizado dentro de un campo eléctrico venía dado por la ecuación:

$W = Q \cdot (V_A - V_B)$ **(1)**

Calculemos primero los potenciales en los TRES puntos:

$V_A = K.Q/R_A = 9.10^9\ N.m^2/C^2.5{,}6.10^{-6}\ C / 0{,}1\ m = 504 \cdot 10^3\ V$

$V_B = K \cdot Q / R_B = 9.10^9\ N.m^2/C^2.5{,}6.10^{-6}\ C/0{,}1\ m = 504 \cdot 10^3\ V$

$VC = K.Q/R_C = 9.10^9 N.m^2/C^2 \cdot 5{,}6 \cdot 10^{-6}\ C/0{,}15\ m = 336 \cdot 10^3\ V$

a) $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$

$W_{AB} = (-\ 3.10^{-6}\ C)\ (504.10^3\ V - 336.10^3\ V) = -\ 504 \cdot 10^{-3}\ J$

b) $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$

$W_{AB} = (-3.10^{-6}\ C)\ (504 \cdot 10^3\ V - 504 \cdot 10^3\ V) =$

$W_{AB} = (-3 .10^{-6}\ C) \cdot 0 = 0\ J$

Como en la *Superficie Equipotencial* tanto el punto A como el punto B tienen el mismo potencial, resulta que:

$V_A - V_B \rightarrow V_A = V_B \rightarrow V_A - V_B = 0$

Por lo que el *Trabajo* realizado, según la ecuación (1) y en una *Superficie Equipotencial*, es *NULO*.

c) **La propia superficie de un conductor esférico puede actuar somo *Superficie Equipotencial*.**

Páginas Web consultadas:

http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/potencial.html

http://www.av.anz.udo.edu.ve/file.php/1/ElecMag/capitulo%20IV/potencial.html

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elepe.html

http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Potencialelectrico.html

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/equipot.html

http://www5.uva.es/emag/proyectoEMAG/html/electrostatica/superficies.html

http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/campo_gravitatorio/grav_linsuper.htm?3&1

-------------------------------- O --------------------------------

Se acabó

Antonio Zaragoza López