Clases de Trabajos Prácticos

UBA
1821 Universidad
de Buenos Aires

Electromagnetismo y Optica

Docentes de los prácticos:

efe de TP:

Adriana Gulisano

Ayudantes:

Agustina

Alejandro

Haremos un break
Luego de una hora
de clase

Departamen
de Física
Juan Jose
Giambiag

Facultad de Cien
Exactas y Natura
Universidad
de Buenos Aires

Guia de Electroestática

CARGA ELÉCTRICA

Una de las propiedades fundamentales de algunos objetos es que además de masa poseen otra propiedad denominada carga eléctrica.

Guia de Electroestática

CARGA ELÉCTRICA

Una de las propiedades fundamentales de algunos objetos es que además de masa poseen otra propiedad denominada carga eléctrica.

Como hay dos tipos de carga eléctrica: positiva y negativa, la fuerza con que interactúan los objetos cargados puede ser atractiva o repulsiva:

- Si dos objetos tienen igual carga eléctrica se repelen.
- Si dos objetos tienen distinta carga, uno positiva y otro negativa, se atraen.

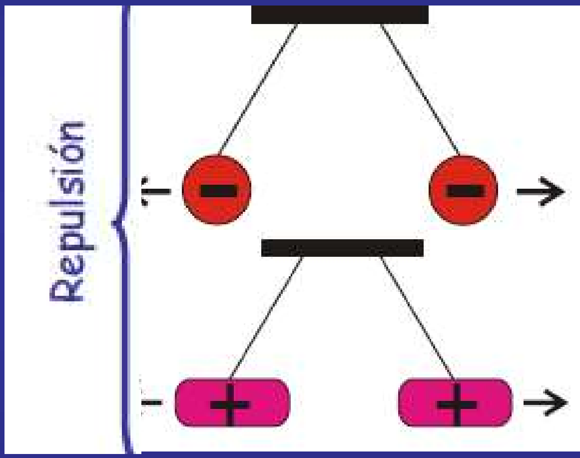
Guia de Electroestática

CARGA ELÉCTRICA

Una de las propiedades fundamentales de algunos objetos es que además de masa poseen otra propiedad denominada carga eléctrica.

Como hay dos tipos de carga eléctrica: positiva y negativa, la fuerza con que interactúan los objetos cargados puede ser atractiva o repulsiva:

- Si dos objetos tienen igual carga eléctrica se repelen.
- Si dos objetos tienen distinta carga, uno positiva y otro negativa, se atraen.



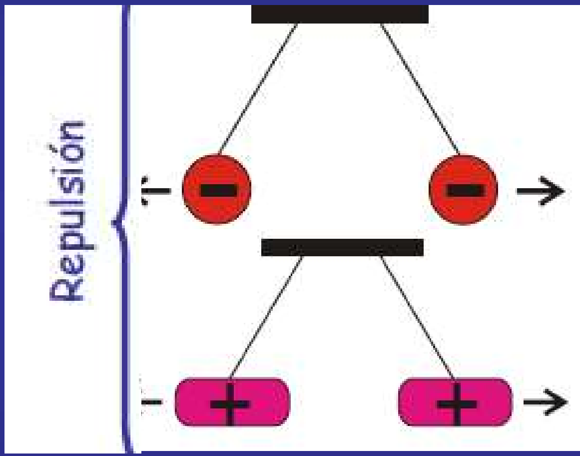
Guia de Electroestática

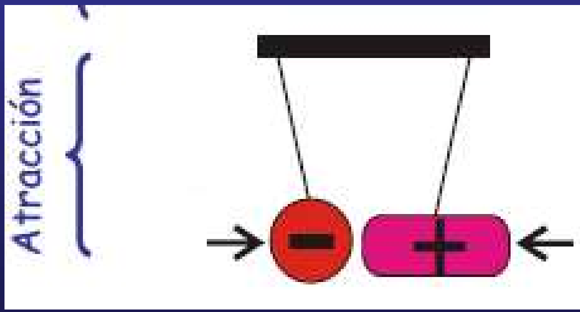
CARGA ELÉCTRICA

Una de las propiedades fundamentales de algunos objetos es que además de masa poseen otra propiedad denominada carga eléctrica.

Como hay dos tipos de carga eléctrica: positiva y negativa, la fuerza con que interactúan los objetos cargados puede ser atractiva o repulsiva:

- Si dos objetos tienen igual carga eléctrica se repelen.
- Si dos objetos tienen distinta carga, uno positiva y otro negativa, se atraen.





idad en que se mide la carga eléctrica en el Sistema Internacional es el **Culombio (C)**

nbién llamada **Coulomb**

La cantidad de carga

La cantidad de carga (q) se puede definir en términos del número de electrones, pero el Coulomb (C) es una mejor unidad para trabajo posterior. La siguiente puede ser una definición temporal:

Coulomb: $1\ C = 6.25 \times 10^{18}$ electrones

Esto significa que la carga en un solo electrón es:

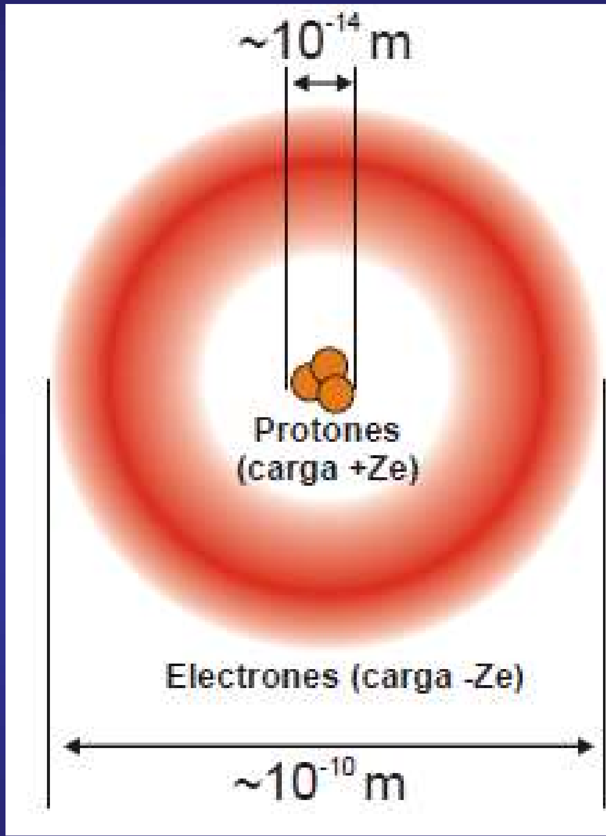
1 electrón: $e^- = -1.6 \times 10^{-19}\ C$

Guia de Electroestática

CARGA ELÉCTRICA

Un culombio de carga es una cantidad de carga muy grande. En nuestro entorno o en cualquier dispositivo electrónico, la cantidad de carga eléctrica que se manifiesta es pequeña. Por eso, se usan siempre fracciones de carga de un culombio, que se denominan:

Submúltiplos del Culombio
- 1 nC = 10^{-9} C = un nanoculombio
- 1 μC = 10^{-6} C = microculombio
- 1 mC = 10^{-3} C = miliculombio



ímero de protones en el núcleo es el ímero atómico Z del elemento

El número de electrones es el mismo (pues el elemento es neutro)

CONSERVACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA: Una de las leyes fundamentales de la naturaleza es conservación de la carga eléctrica. La carga eléctrica total de un sistema aislado siempre es la misma

Unidades de carga

El coulomb (que se selecciona para usar con corrientes eléctricas) en realidad es una unidad muy grande para electricidad estática. Por ende, con frecuencia es necesario usar los prefijos métricos.

$$\boxed{1\ \mu C = 1 \times 10^{-6}\ C}$$

$$\boxed{1\ nC = 1 \times 10^{-9}\ C}$$

$$\boxed{1\ pC = 1 \times 10^{-12}\ C}$$

La masa del electrón es unas 2000 veces menor que la del protón

Pero sus cargas son iguales y opuestas en signo

- Carga del electrón: -e
- Carga del protón: +e

Siendo e la unidad fundamental de carg de valor $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C

Conservación de la carga

La carga no puede crearse ni destruirse

Los objetos se cargan por transferencia de carga

Conductores y aislantes

- os materiales, como los metales, en los que los electrones pueden moverse libremente, se llaman *conductores* eléctricos.
- os materiales, como el plástico o la madera, en los cuales los electrones no se pueden mover fácilmente, se llaman *aislantes* eléctricos.
- os materiales, como el silicio, que pueden comportarse como conductores o aislantes bajo condiciones diferentes, se llaman *semiconductores*.

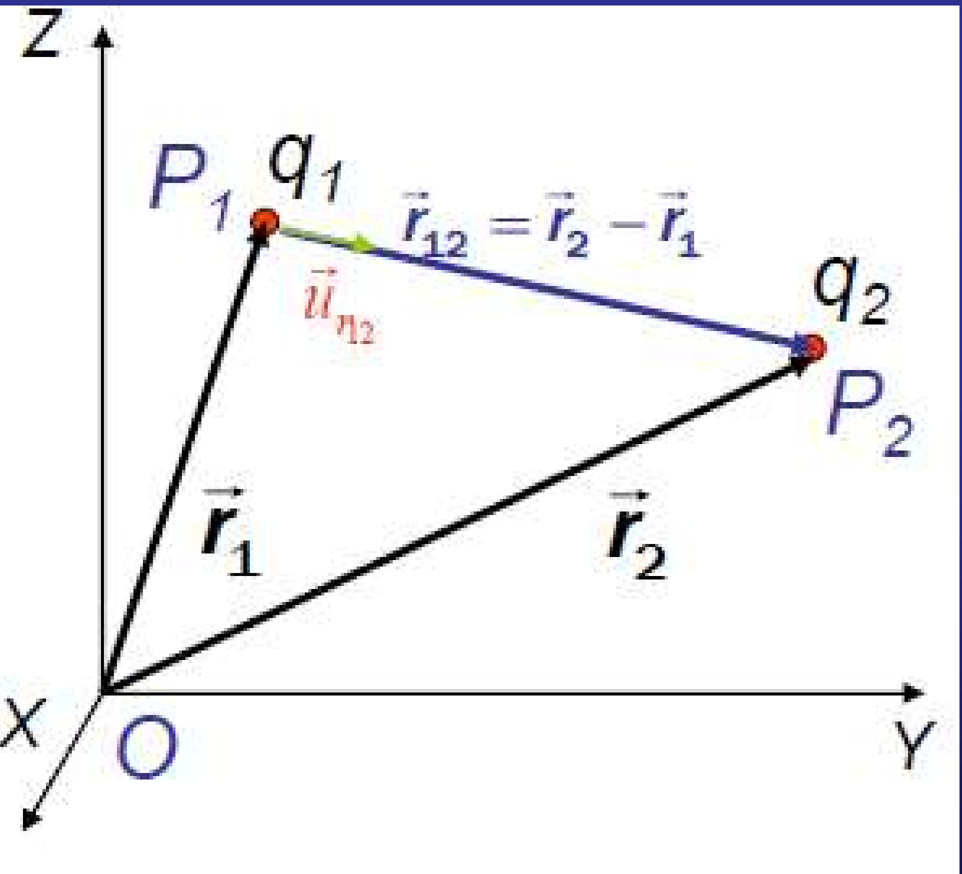
Ley de Coulomb

La fuerza ejercida por una carga puntual q_1 sobre otra q_2 está dirigida a lo largo de la línea que las une.

Y es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa

Fuerzas entre cargas eléctricas: Ley de Coulomb

a ley de Coulomb determina la fuerza que experimenta una rga eléctrica debido a la presencia de otra carga eléctrica. La erza que experimenta la carga q_2 en el punto P_2 debido a la esencia de la carga q_1 en la posición P_1 es:

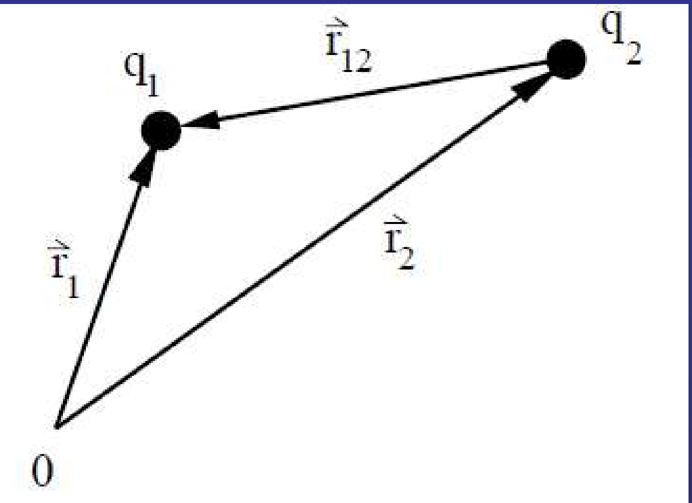


$$\vec{r}_1 = P_1 - O$$
$$\vec{r}_2 = P_2 - O$$

$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \ ; \ |\vec{r}_{12}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Guia de Electroestática

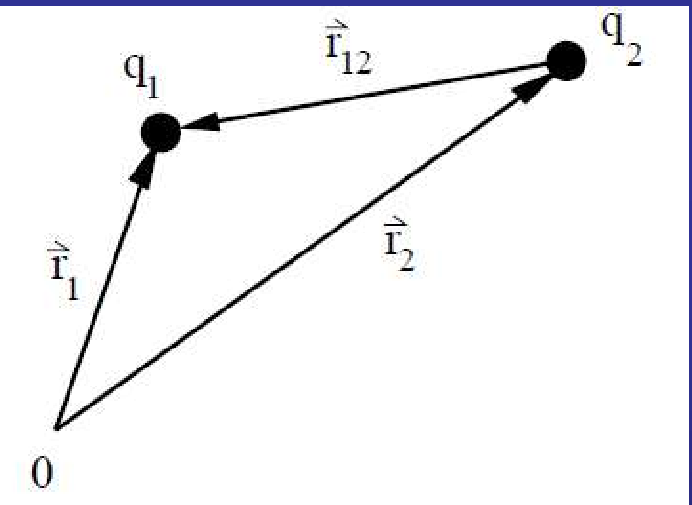
La Ley de Coulomb



$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^3}\vec{r}_{12}}$$

Guia de Electroestática

La Ley de Coulomb

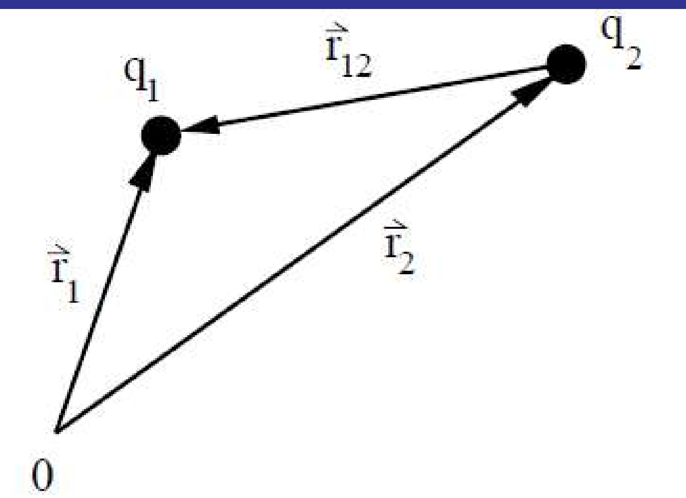


$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^3}\vec{r}_{12}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \times 10^9 \left[\frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}\right]$$

Guia de Electroestática

La Ley de Coulomb



$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^3}\vec{r}_{12}}$$

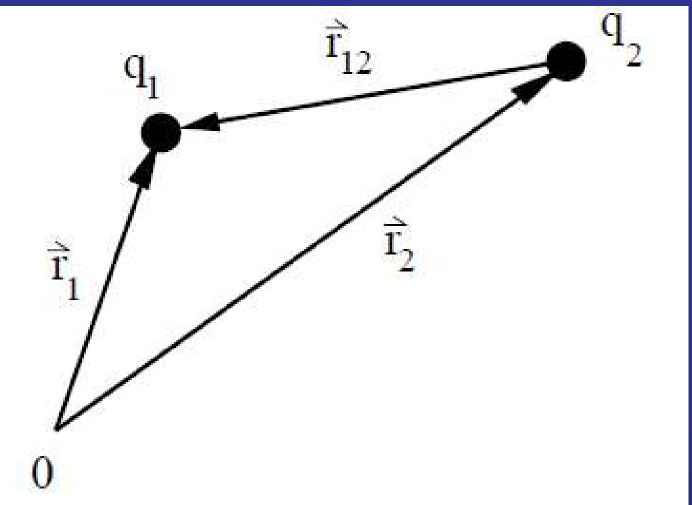
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \times 10^9 \left[\frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}\right]$$

onde $\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$, $r_{12} = |\vec{r}_{12}|$, $\hat{r}_{12} = \vec{r}_{12}/|\vec{r}_{12}|$, $\vec{F}_{12}$, es la fuerza sobre q_1 debido

or acción y reacción: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Guia de Electroestática

La Ley de Coulomb



$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} = \frac{kq_1q_2}{r_{12}^3}\vec{r}_{12}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \times 10^9 \left[\frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}\right]$$

onde $\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$, $r_{12} = |\vec{r}_{12}|$, $\hat{r}_{12} = \vec{r}_{12}/|\vec{r}_{12}|$, $\vec{F}_{12}$, es la fuerza sobre q_1 debido

ϵ_0 se conoce como constante dieléctrica o permitividad del vací

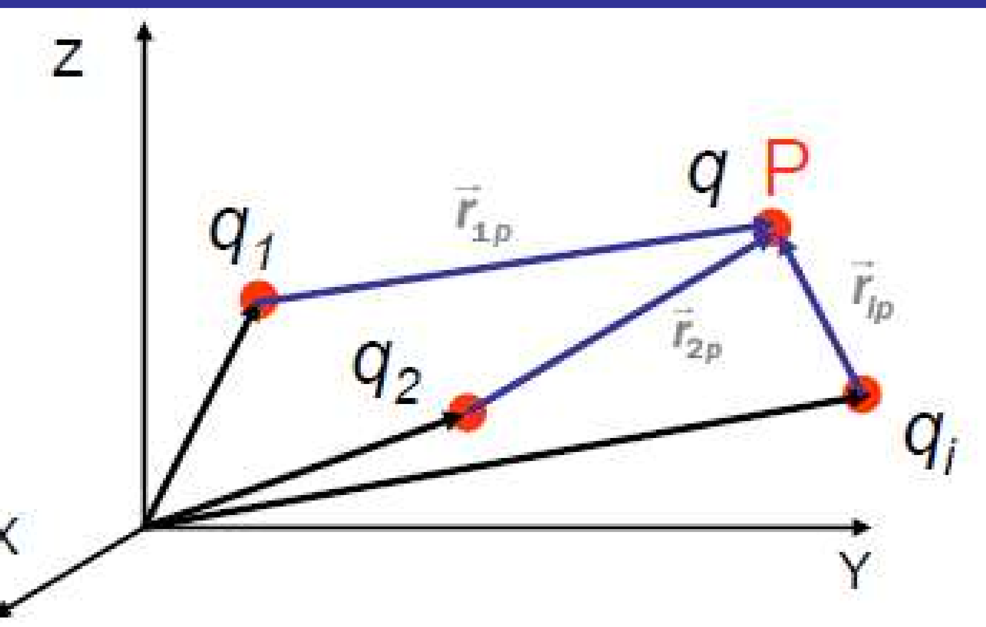
or acción y reacción: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \left[\frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{Nm}^2}\right]$$

a ley de Coulomb solo permite calcular la fuerza que una carga eléctrica ejerce sobre otra. ¿Qué
ucede cuando hay varias cargas eléctricas ejerciendo una fuerza resultante sobre otra carga?

Principio de superposición:

La fuerza total o resultante que experimenta una carga eléctrica q en el punto P debido a la presenci
de N cargas eléctricas q_i en los puntos P_i, es la suma vectorial de la fuerza que cada carga eléctrica q
ejerce sobre la carga q según la ley de Coulomb.



$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_{iP}$$

Otra forma de expresar el principio de superposición es:
La fuerza total experimentada por la carga q es la suma
de las fuerzas que por separado ejerce cada carga q_i
sobre la carga q.

Sobre los extremos de un segmento de 1m de longitud se encuentran ubicadas dos cargas, $q_1 = +4 \cdot 10^{-6}$ C y $q_2 = +1 \cdot 10^{-6}$ C. En qué punto se debe ubicar una tercera carga, $q_3 = +2 \cdot 10^{-6}$ C, para que quede en equilibrio bajo la acción simultánea de las cargas 1 y 2.

Datos

$$d = 1m$$

$$q_1 = +4 \cdot 10^{-6} C$$

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

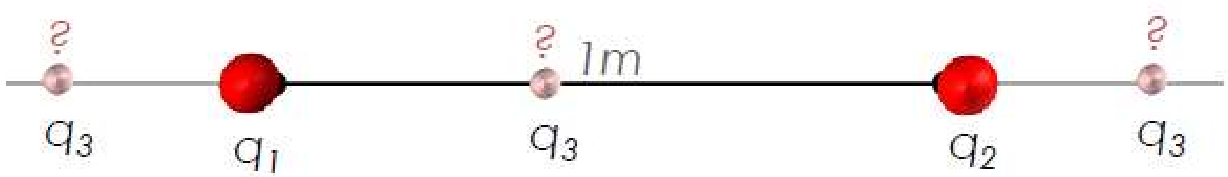
$$r = ?$$

$$q_3 = +2 \cdot 10^{-6} C$$

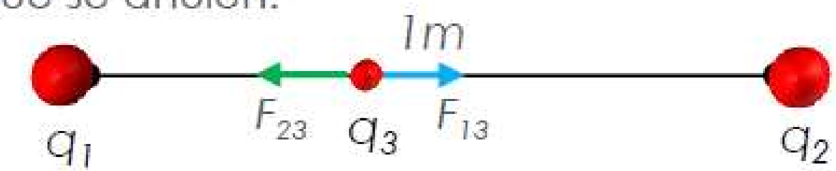
Sobre los extremos de un segmento de 1m de longitud se encuentran ubicadas dos cargas: esto da la distancia entre las cargas, d.

$q_1 = +4 \cdot 10^{-6}$ C y $q_2 = +1 \cdot 10^{-6}$ C: valores de las cargas.

En qué punto se debe ubicar una tercera carga, $q_3 = +2 \cdot 10^{-6}$ C: esto nos pide ubicación de otra carga, lo cual se indica con distancia, r. y también nos da el valor de la 3ra carga.



para que quede en equilibrio bajo la acción simultánea de las cargas 1 y 2.: para que q_3 quede en equilibrio bajo la acción de q_1 y q_2 debe ubicarse entre ellas, porque es como puede generarse fuerzas contrarias (igual medida y sentidos contrarios) que se anulen.



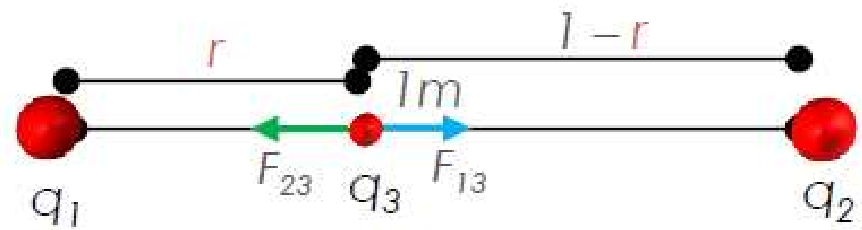
$$F_{13} = F_{23}$$

F_{13} : *Fuerza de repulsión*

F_{23} : *Fuerza de repulsión*

La distancia entre q_1 y q_2 es de 1m, representamos con r la distancia desconocida entre las cargas q_1 y q_3.

Entonces la distancia entre las cargas q_3 y q_2 es $1 - r$.



Ley de Coulomb: $F = K\dfrac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K = 9.10 a la 9 $N.m^2.C^{-2}$

Sabemos que $F_{13} = F_{23}$ porque están en equilibrio. Aplicamos Ley de Coulomb a cada fuerza e igualamos.

$$F_{13} = 9 \cdot 10^9 N.m^2C^{-2} \frac{4 \cdot 10^{-6}C \cdot 2 \cdot 10^{-6}C}{r^2} \qquad F_{23} = 9 \cdot 10^9 N.m^2C^{-2} \frac{2 \cdot 10^{-6}C \cdot 1 \cdot 10^{-6}C}{(1-r)^2}$$

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

Simplificamos factores iguales
e lado y lado de la igualdad.

$$\cancel{9 \cdot 10^9 N.m^2C^{-2}} \frac{4 \cdot \cancel{10^{-6}}C \cdot \cancel{2 \cdot 10^{-6}C}}{r^2} = \cancel{9 \cdot 10^9 N.m^2C^{-2}} \frac{\cancel{2 \cdot 10^{-6}C} \cdot 1 \cdot \cancel{10^{-6}}C}{(1-r)^2}$$

Nos queda una igualdad de fracciones
on la incógnita, r, en el denominador.

$$\frac{4}{r^2} = \frac{1}{(1-r)^2}$$

Nota: r debe ser distinto de cero y de uno. Si r = 0, q_3 estaría ubicada en el punto correspondiente a q_1, y si r = 1, q_3 estaría ubicada en el punto correspondiente a q_2.

Pasamos cada denominador multiplicando al otro lado.

$$4(1-r)^2 = r^2$$

Desarrollamos el producto notable.

$$4(1-2r+r^2) = r^2$$

Aplicamos propiedad distributiva

$$4-8r+4r^2 = r^2$$

Ahora reunimos todos los términos en el 1er lado, de la igualdad.

$$4-8r+4r^2-r^2 = 0$$

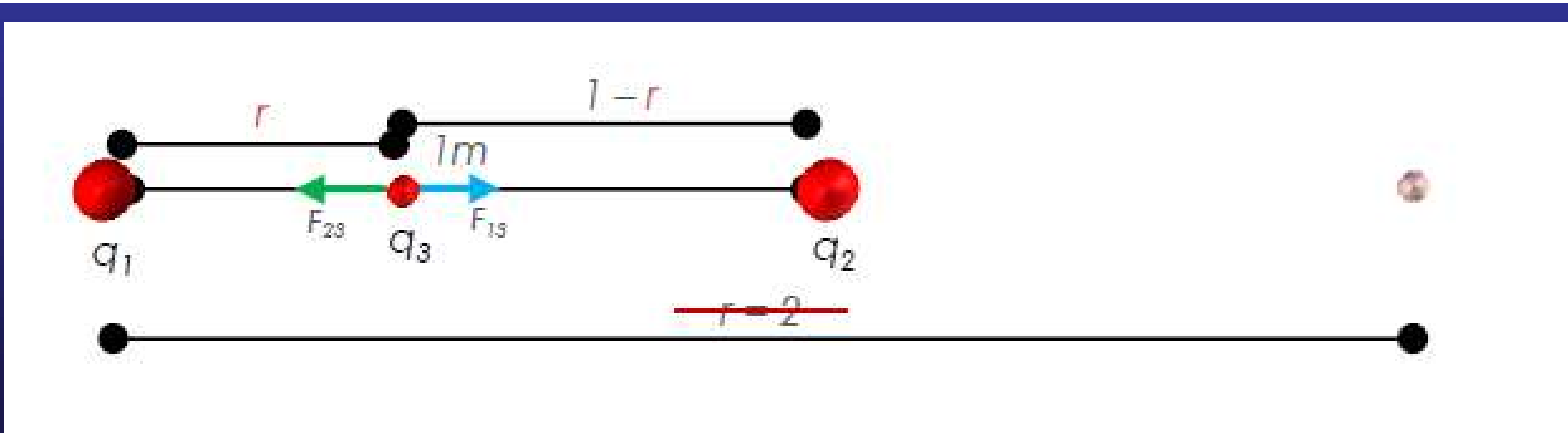
Simplificamos y ordenamos para llevarlo a la forma general de una ecuación de 2do grado.

$$3r^2-8r+4 = 0$$

Aplicamos la fórmula resolvente obtenemos dos valores.

$$r = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a} \qquad r = \frac{-(-8) \pm \sqrt{(-8)^2-4\cdot 3\cdot 4}}{2\cdot 3}$$

$$r = 2 \qquad r = \tfrac{2}{3}$$



Campo eléctrico

ómo puede ejercerse una fuerza a distancia?

ra explicarlo se introduce el concepto de campo ctrico

a carga crea un campo eléctrico E en todo el pacio, y este campo ejerce una fuerza sobre la otra rga

decir, la fuerza la ejerce el campo eléctrico E stente en la posición de la segunda carga, más que r la propia primera carga que está a cierta distancia

upongamos que tenemos 3 cargas dispuestas bitrariamante en el espacio.

colocamos una carga $+q_o$ en las cercanías, se verá ometida a una fuerza neta resultante debida a las tres rgas

omo cada una de estas fuerzas es proporcional a q_o, fuerza neta será proporcional a q_o

El campo eléctrico E en un punto se define por es fuerza dividida por q_o

$$\mathbf{E}=\mathbf{F}/q_o$$

¡Ojo que es un vector!

Un conjunto de cargas $\{q_i\}_{i=1}^{N}$ fijas en el espacio y una carga q_0 en la posición (x, y, z), l
ıerza sobre q_0 es

$$\vec{F}_0 = \sum_{j=1}^{N} \frac{q_0 q_j}{r_{0j}^2} \hat{r}_{0j} \ .$$

Dividamos la ecuación anterior por q_0 obteniendo una magnitud vectorial que depende d
ı estructura del sistema de cargas y de la posición (x, y, z).

A este vector, el cual es función de (x, y, z), lo llamamos **el campo eléctrico** originad
or las cargas ($\{q_i\}$) y lo denotamos por $\vec{E}$.

$$\vec{E}(x, y, z) = \sum_{j=1}^{N} \frac{q_j \hat{r}_{0j}}{r_{0j}^2}$$

l concepto de campo eléctrico, ***E***, surge de la necesidad de comprender como se transmiten l
ıerzas eléctricas entre las cargas eléctricas. La interacción entre cargas eléctricas no es instantánea.

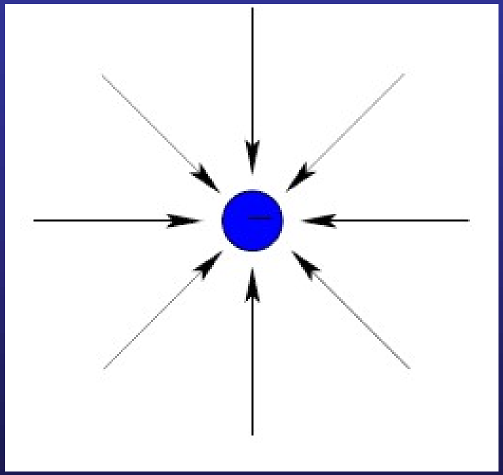
neas de campo

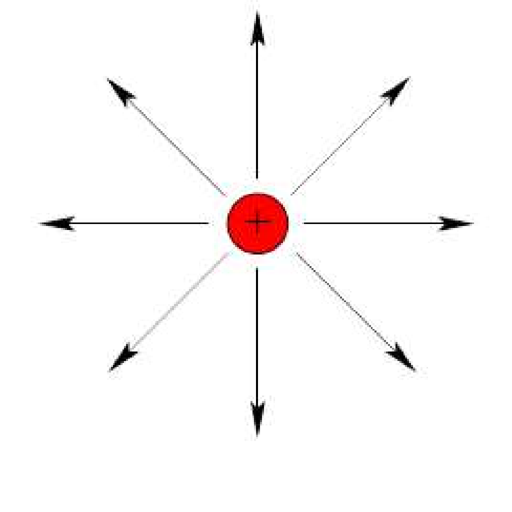
Una manera de visualizar un campo eléctrico son las líneas de campo. Su relación con el campo eléctrico es la siguiente

i) La tangente de estas líneas tiene la dirección del campo en ese punto.

ii) Estas líneas convergen cuando nos aproximamos a una región de campo intenso y se separan en una región de campo débil.

ibujando líneas de Campo





Para el trazado de líneas se debe tener en cuenta:

- Las líneas deben partir de las cargas positivas y terminar en las cargas negativas o bien en el infinito en el caso de un exceso de carga.
- El número de líneas que partan de las cargas positiva o lleguen a la negativa es proporcional a la magnitud de la carga.
- Dos líneas de campo no pueden cruzarse.

eas de campo de una par de cargas con distinto signo.

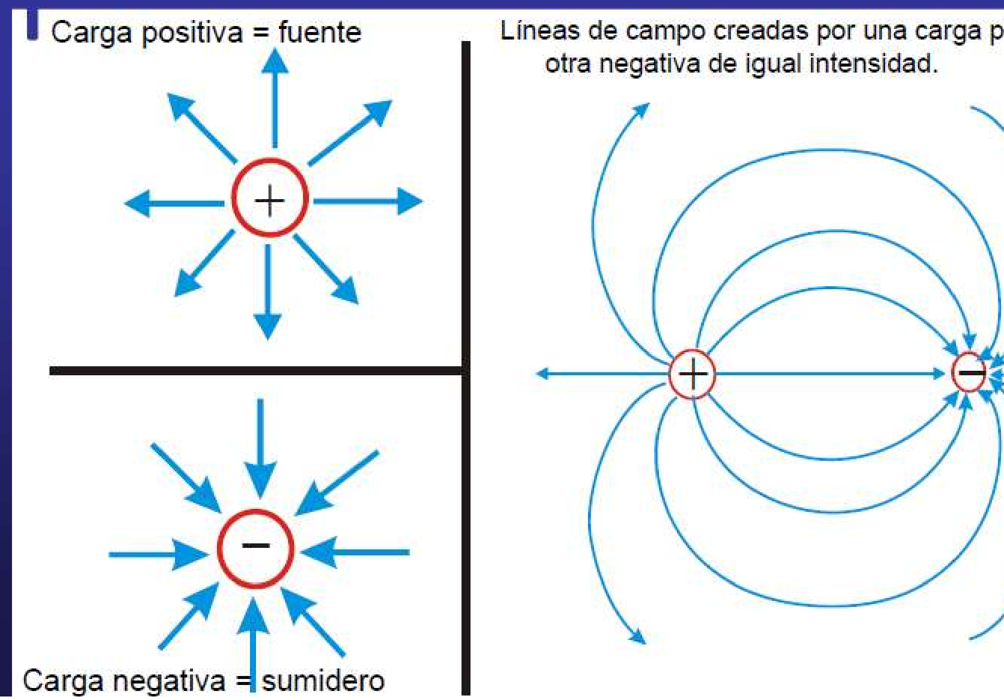
Las líneas del campo eléctrico son una forma gráfica de representar un campo vectorial para poder

visualizarlo. Se dibujan de forma que el vector sea tangente a ellas en cada punto. Además su sentido

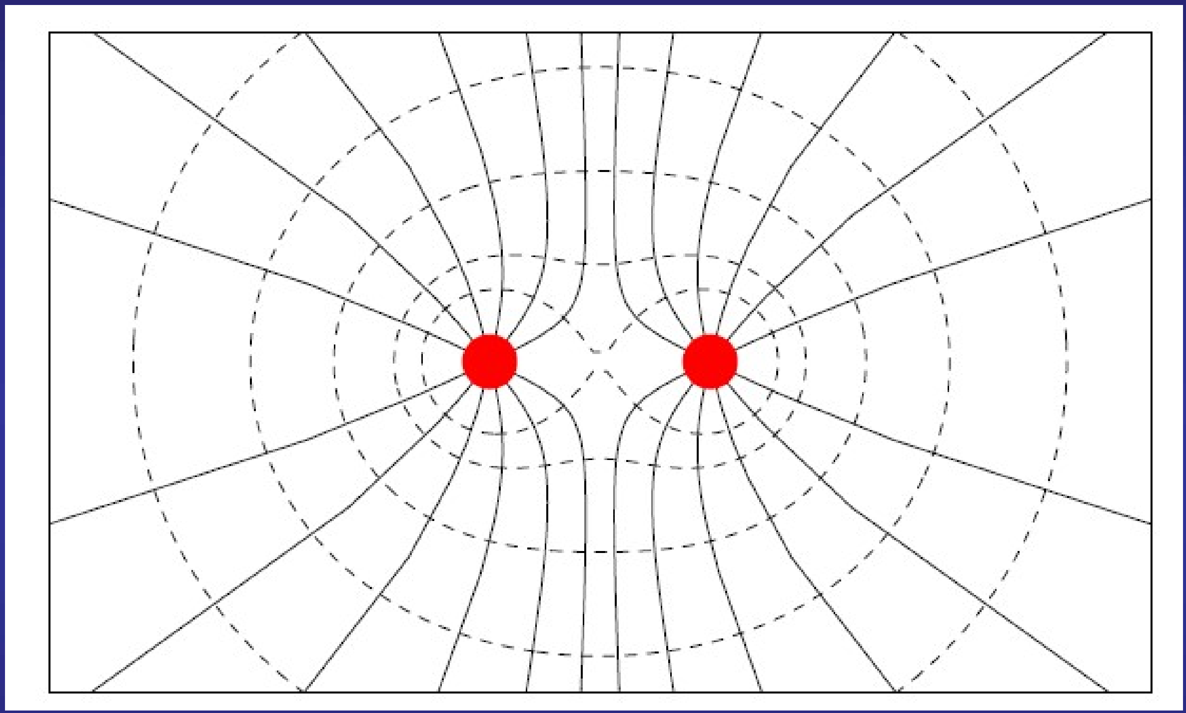
debe coincidir con el de dicho vector ***E***.

Reglas para dibujar las líneas de campo

- Las líneas salen de las cargas positivas y entran en las negativas.
- El número de líneas que entran o salen es proporcional al valor de la carga.
- Las líneas se dibujan simétricamente.
- Las líneas empiezan o terminan sólo en cargas eléctricas.
- La densidad de líneas es proporcional al valor del campo eléctrico.
- Nunca pueden cortarse dos líneas de campo.



Líneas de campo de una par de cargas con igual signo



Ejemplo

¿Cuál es la fuerza que actúa sobre un electrón situado en un punto donde hay un campo eléctrico

$E=(4\cdot10^4 \text{ N/C})\ \mathbf{i}$?

- Sol: $-6.4\cdot10^{-15}$ N **i**

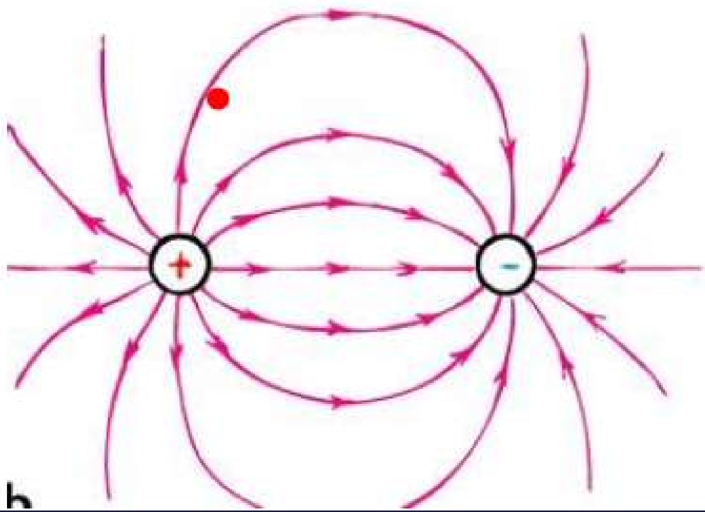
Cuando una partícula con carga qo se coloca en un campo eléctrico **E**, experimenta la acción de una fuerza q**E**

Y por lo tanto sufrirá una aceleración dada por:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{q}{m}\vec{E}$$

Lineas de campo

Las líneas del campo eléctrico indican la dirección de la fuerza eléctrica si se sitúa una carga positiva en dicho campo eléctrico.



nemos una carga q1 de +2 10-6 C en el punto (0,0). Otra carga q2 de -3 10-6 C está en el punto (3,0
cular el valor de la intensidad de campo eléctrico **E** en el punto (3,3) (unidades en SI)

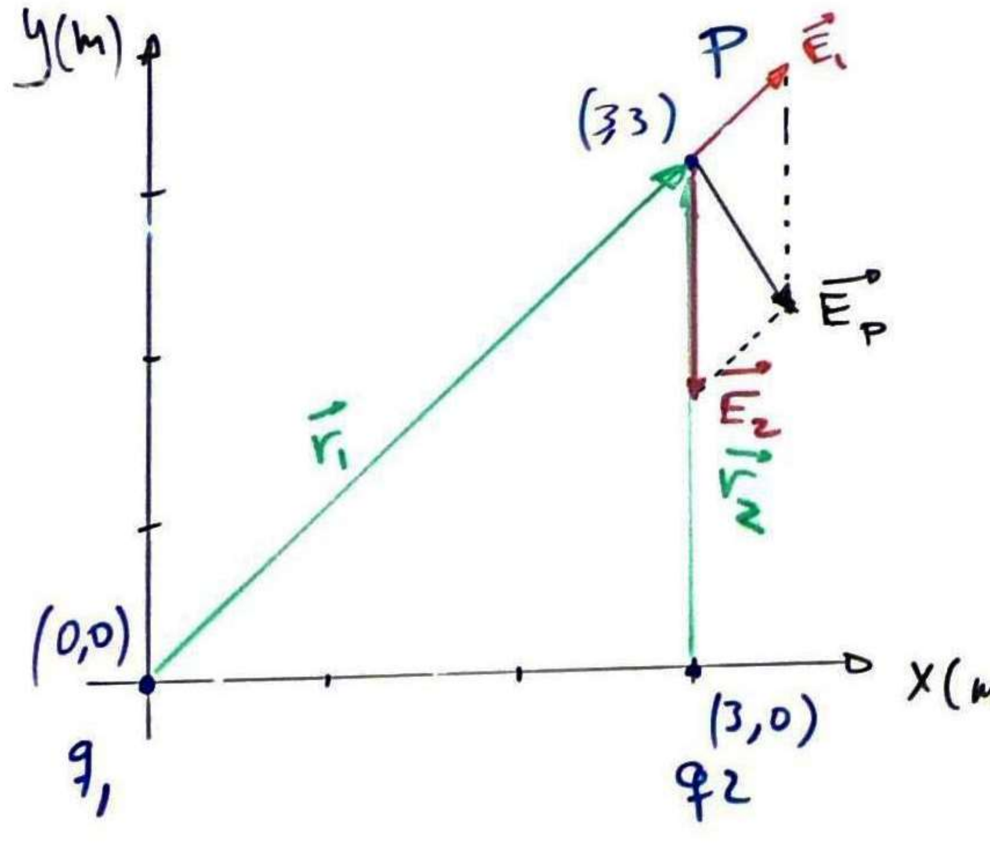
Hipótesis y modelo

- cargas puntuales y estáticas
- no influyen otras cargas
- situadas en el vacío
- Modelo electrostático de Coulomb

principio de superposición

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Esquema



– Cálculo de $\vec{E}_1$

$$\vec{r}_1 = (3-0)\,\vec{i} + (3-0)\,\vec{j} = 3\vec{i} + 3\vec{j}$$

$$|\vec{r}_1| = \sqrt{3^2+3^2} = \sqrt{18}\ (m)$$

$$\vec{u}_{r_1} = \frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{i} + \frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{j}$$

$$\vec{E}_1 = k\,\frac{q_1}{|r_1|^2}\cdot\vec{u}_{r_1} =$$

$$= 9\cdot 10^9\,\frac{\cdot 2\cdot 10^{-6}}{(\sqrt{18})^2}\cdot\left(\frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{i} + \frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{j}\right) =$$

$$= 10^3\cdot\left(\frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{i} + \frac{3}{\sqrt{18}}\,\vec{j}\right) = 707{,}1\,\vec{i} + 707{,}1\,\vec{j}\ (N/C)$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{|r_2|^2}\cdot\vec{u}_{r_2} = 9\cdot10^9\,\frac{(-3)\cdot10^{-6}}{3^2}\cdot\vec{j} = -3000\,\vec{j}\ (N/C)$$

Por tanto

$$E_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 707{,}1\,\vec{i} + (707{,}1 - 3000)\,\vec{j} =$$

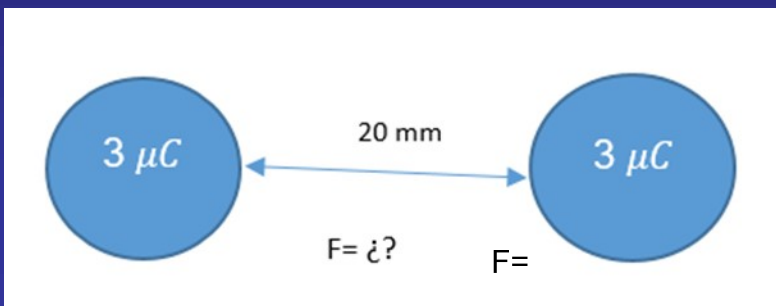
$$= 707{,}1\,\vec{i} - 2292{,}8\,\vec{j}$$

Trabajen en los ejercicios de la guía 1

- Si tienen dificultades
- Los ayudantes van a ayudarlos con la resolución si no les sale

Ejemplos:

Dos esferas c/u con una carga de 3 microcoulomb están separadas a 20 mm. ¿Cuál es la fuerza er
ellas?



DATOS

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

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

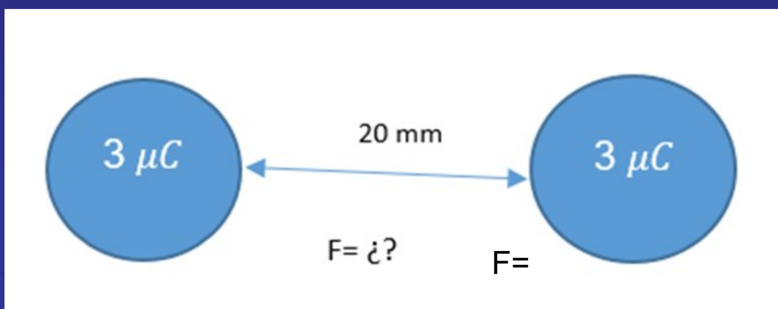
r= $20 \times 10^{-3} m$

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

F= ¿?

Ejemplos:

Dos esferas c/u con una carga de 3 microcoulomb están separadas a 20 mm. ¿Cuál es la fuerza en ellas?



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

DATOS

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

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

r= $20 \times 10^{-3} m$

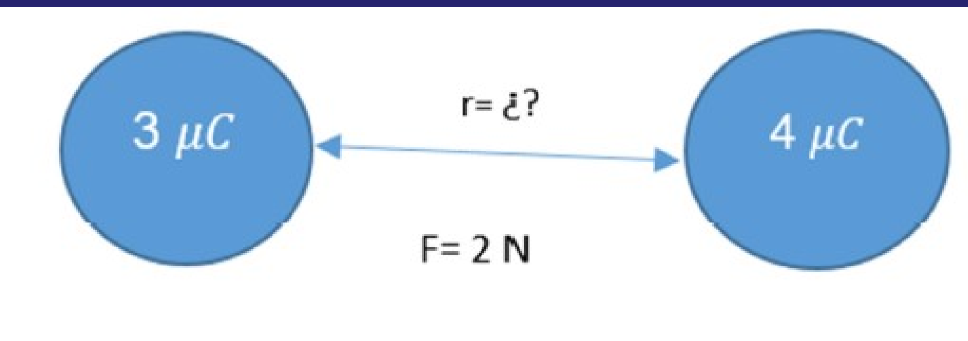
K=$9 \times 10^{9} \frac{Nm^2}{C^2}$

F= ¿?

$$F=\frac{(9\times10^{9}\frac{Nm^2}{C^2})(3\times10^{-6}C)(3\times10^{-6}C)}{(20\times10^{-3}m)^2}$$

F= 202.5 N

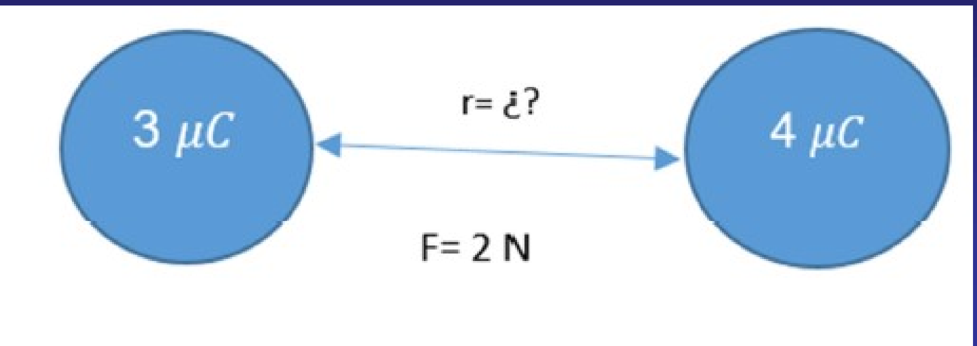
Dos cargas de 3 y 4 microcoulombs de signos iguales se repelen con una Fuerza de 2 Newtons. ¿Cuál es la distancia de separación entre ellas?



DATOS

$q_1 = 3 \times 10^{-6} C$
$q_2 = 4 \times 10^{-6} C$
r= ¿?
$K = 9 \times 10^{9} \frac{Nm^2}{C^2}$
F= 2 N

Dos cargas de 3 y 4 microcoulombs de signos iguales se repelen con una Fuerza de 2 Newtons. ¿Cuál es la distancia de separación entre ellas?



DATOS

q_1= $3 \times 10^{-6} C$
q_2= $4 \times 10^{-6} C$
r= ¿?
K=$9 \times 10^{9} \frac{Nm^2}{C^2}$
F= 2 N

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

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

$$r = \sqrt{\frac{(9 \times 10^{9} \frac{Nm^2}{C^2})(3 \times 10^{-6} C)(4 \times 10^{-6} C)}{2\ \text{N}}}$$

r= 0.2323 m

Ahora obtenemos las componentes en Y:

$F_y = F_{12y} + F_{13y}$

La componente en y de $F_{12} = 0$

$F_y = 0 + (-F_{13} \cos 32°)$

$F_y = -2.10$ N

la fuerza resulta negativa porque la carga q1 y q3 tienen el mismo signo

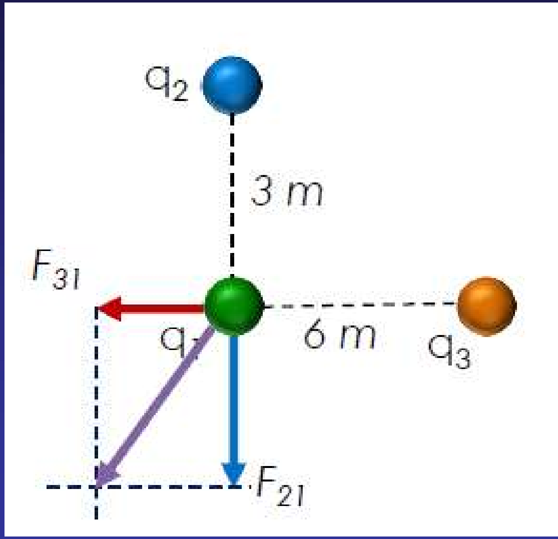
por lo tanto se repelen.

La fuerza total ejercida por las cargas q2 y q3 sobre q1 se obtiene:

$F = \sqrt{(3.09^2)+(-2.10^2)}$

$F = 3.74$ N

En el diagrama de la figura se ven 3 cargas: $q_1 = 1x10^{-3}$ C, $q_2 = 3x10^{-4}$ C, $q_3 = 16x10^{-4}$ C. Calcular la fuerza resultante que actúa sobre q_1.



Datos:

$q_1 = 1 \cdot 10^{-3}\ C$

$q_2 = 3 \cdot 10^{-4}\ C$

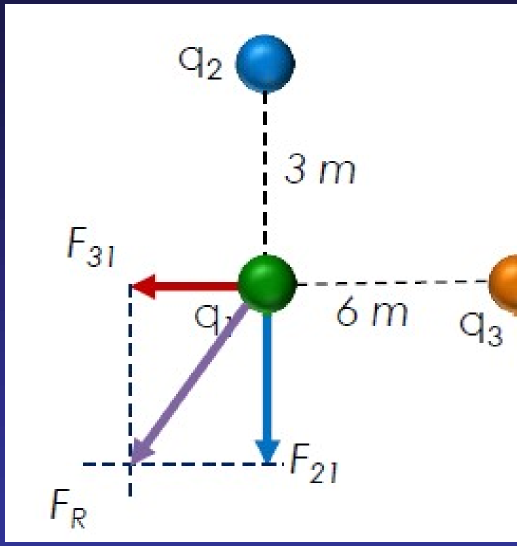
$q_3 = 16 \cdot 10^{-4}\ C$

$d_{12} = 3\ m$

$d_{13} = 6\ m$

$F_R = ?$

Calcularemos el valor de cada fuerza, para luego hallar el vector suma.



q2
3 m
F31
q1
6 m
q3
F21
FR

Fuerza 21:

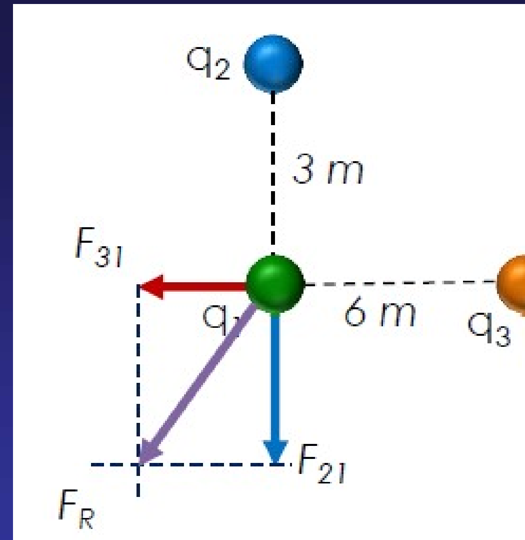
$$F_{21} = 9\cdot 10^{9} N.m^{2}C^{-2}\,\frac{1\cdot 10^{-3}C\cdot 3\cdot 10^{-4}C}{(3m)^{2}}$$

$$F_{21} = 3\cdot 10^{2} N$$

Fuerza 31:

$$F_{31} = 9\cdot 10^{9} N.m^{2}C^{-2}\,\frac{1\cdot 10^{-3}C\cdot 16\cdot 10^{-4}C}{(6m)^{2}}$$

$$F_{31} = 4\cdot 10^{2} N$$



Fuerza 21:

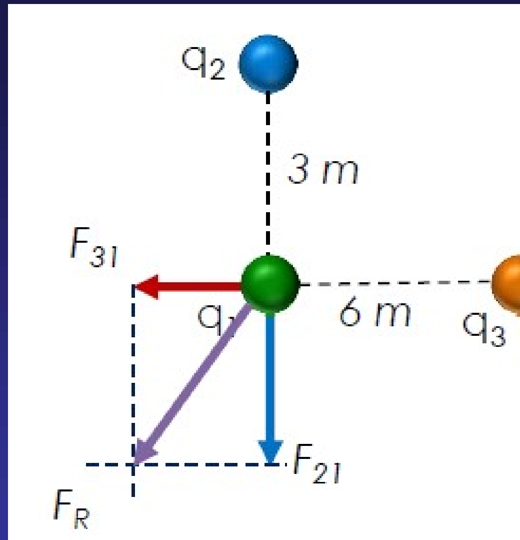
$$F_{21} = 9 \cdot 10^{9} N.m^{2}C^{-2}\,\frac{1 \cdot 10^{-3}C \cdot 3 \cdot 10^{-4}C}{(3m)^{2}}$$

$$F_{21} = 3 \cdot 10^{2} N$$

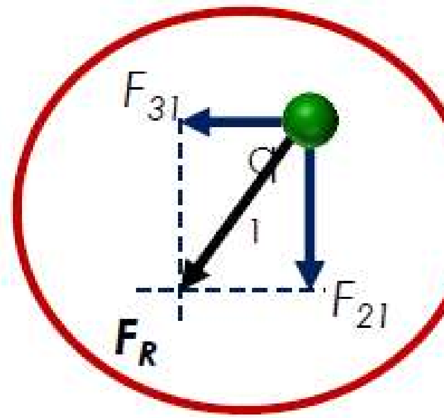
Fuerza 31:

$$F_{31} = 9 \cdot 10^{9} N.m^{2}C^{-2}\,\frac{1 \cdot 10^{-3}C \cdot 16 \cdot 10^{-4}C}{(6m)^{2}}$$

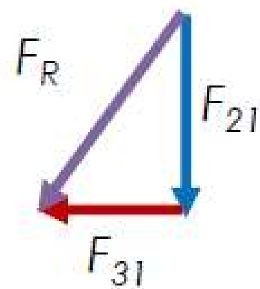
$$F_{31} = 4 \cdot 10^{2} N$$



Ahora centraremos nuestra atención en la suma de las dos fuerzas que actúan sobre q_1, para obtener la fuerza resultante



Debemos visualizar el triángulo de fuerzas para aplicar Pitágoras, donde la hipotenusa es F_R, y los catetos son F_{21} y F_{31}.



Teorema de Pitágoras $h^2 = a^2 + b^2$

$$F_R^2 = F_{21}^2 + F_{31}^2$$

$$F_R = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2}$$

$$F_R = \sqrt{\left(3 \cdot 10^2\right)^2 + \left(4 \cdot 10^2\right)^2}$$

$$F_R = 3 \cdot 10^2 N$$

La siguiente figura muestra tres partículas cargadas:

¿Qué fuerza electrostática, debida a las otras dos cargas, actúa sobre q1?

Considere que:

q1= -1.2 μC

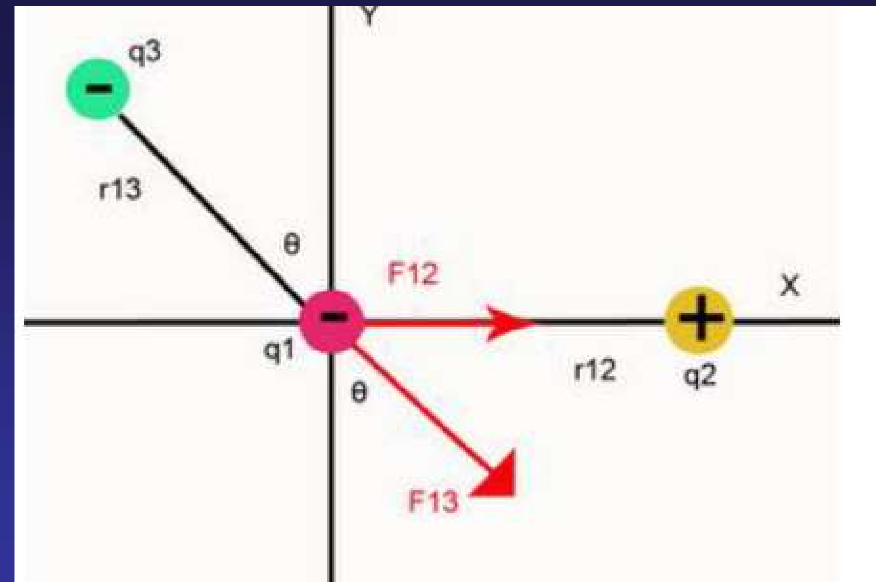
q2= 3.7 μC

q3= -2.7 μC

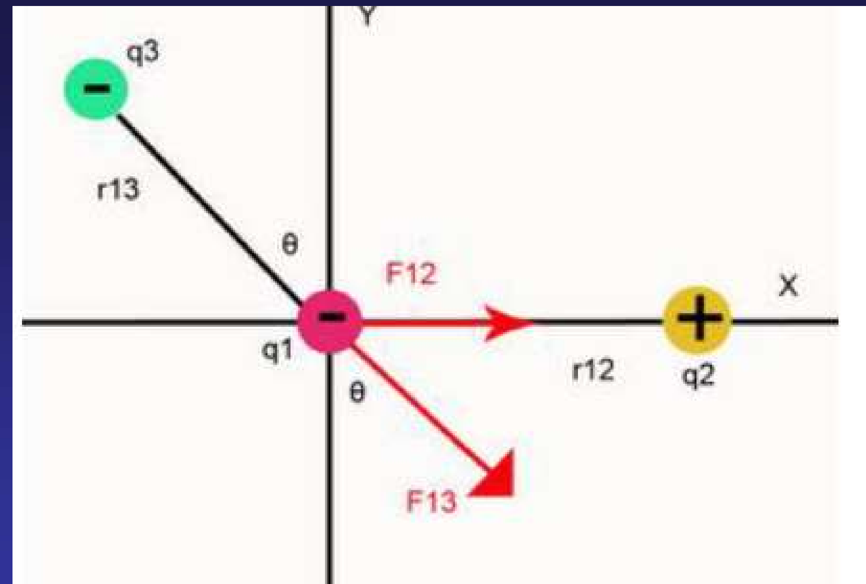
r12= 15 cm

r13= 10 cm

θ= 32°



La siguiente figura muestra tres partículas cargadas:



¿Qué fuerza electrostática, debida a las otras dos cargas, actúa sobre q1?

Considere que:

q1= -1.2 μC

q2= 3.7 μC

q3= -2.7 μC

r12= 15 cm

r13= 10 cm

θ= 32°

Recordemos que μ (micro) significa 10 elevado a la menos 6

o sea que -1.2 μC es igual a -1.2x10^-6 C

Por la Ley de Coulomb sabemos que la fuerza que va a ejercer la carga q2 sobre q1 es igual a:

$F12= K (q1q2)/(r12)^2$

donde la constante $k= 9x10^9\ Nm^2/C^2$

F12= 1.776 N

Ahora calculamos la fuerza que ejerce la carga q3 sobre la carga q1:

F13= K(q1q3)/r13

La componente en x de F12 es igual a la magnitud de la fuerza que obtuvimos anteriormente, es decir Fx12= 1.77

Y la componente F13x= F13 sen 32°

Fx= Fx12 + Fx13= 3.09 N

Potencial eléctrico

El potencial eléctrico es la energía potencial eléctrostática por unidad de carga

$$V=U/q_o$$

siendo U la energía potencial eléctrostática

Sus unidades son voltios (V)

Y por definición, 1 V= 1 J/C

Nota: se usa U y no la E para designar a la energía potencial electrostática por no confundirlo con el campo eléctrico

De aquí viene la unidad para medir la energía, electrón voltio, que se define como:

$$[U]=[\text{Energía}]=e\cdot V$$

siendo e la carga del electron (en valor absoluto)

Es decir, es la energía que tiene un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 V.

Muy usada en ciertos campos de la física, como la física atómica o la física nuclear.

Como la relación entre fuerza electrostática y campo eléctrico en que se mueve la carga es:

$$\vec{F} = q\,\vec{E}(\vec{r})$$

Introduciendo esta relación en la definición anterior del trabajo:

$$W = \int_{r_A}^{r_B} \vec{F}(r)\cdot d\vec{r} = \int_{r_A}^{r_B} q\,\vec{E}(\vec{r})\cdot d\vec{r} = q\int_{r_A}^{r_B} \vec{E}(\vec{r})\cdot d\vec{r} = -\Delta U$$

Se define una nueva magnitud física denominada **potencial electrostático** *V(r)* creado por las cargas eléctricas que producen el campo eléctrico ***E*** como:

$$\int_{r_A}^{r_B} \vec{E}(\vec{r})\cdot d\vec{r} = -\frac{\Delta U}{q} = -V(\vec{r})$$

$$\boxed{V(\vec{r}) = -\int_{r_A}^{r_B} \vec{E}(\vec{r})\cdot d\vec{r}}$$

En el SI la unidad de medida del potencial electrostático es el voltio: $V = J/C = \mathrm{V}$ voltios í definido, la energía potencial que tiene una carga eléctrica q en punto del espacio ***r*** por estar sometida a un campo eléctrico ***E***

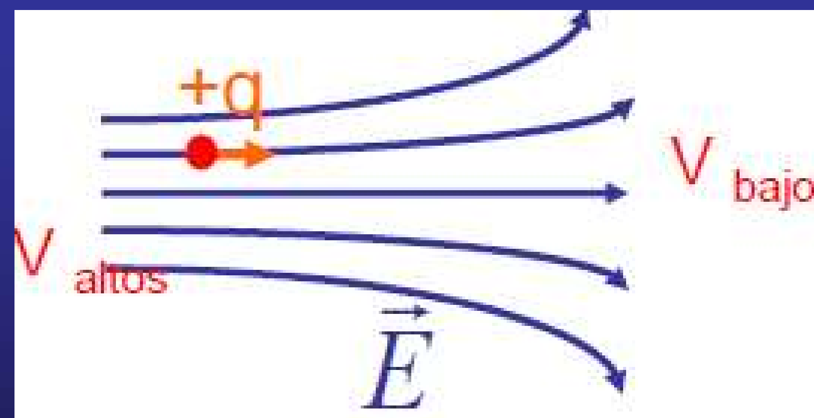
$$U(\vec{r}) = qV(\vec{r})$$

r tanto, el trabajo necesario para desplazar la carga de un nto A a un punto B del espacio será:

$$W = q\ V(\vec{r}_A) - qV(\vec{r}_B)$$

Relación entre las líneas de campo E y el potencial eléctrico:

Si dejamos en libertad una carga de prueba en el seno de un campo eléctrico, se acelerará en el sentido de dicho campo a o largo de las líneas del campo eléctrico. Al acelerarse la carga varía su energía cinética, disminuyendo su potencial. Esto quiere decir que ***las líneas de campo señalan en la dirección en la que disminuye el potencial eléctrico***.



s ideas fundamentales son:
a interacción electrostática, igual que la gravitatoria, conserva la ergía.
l trabajo necesario par a llevar una carga q de un punto A a otro B igual a diferencia de energías de la carga en A y en B:

$$U_{A\to B} = -\Delta W_{A\to B}$$

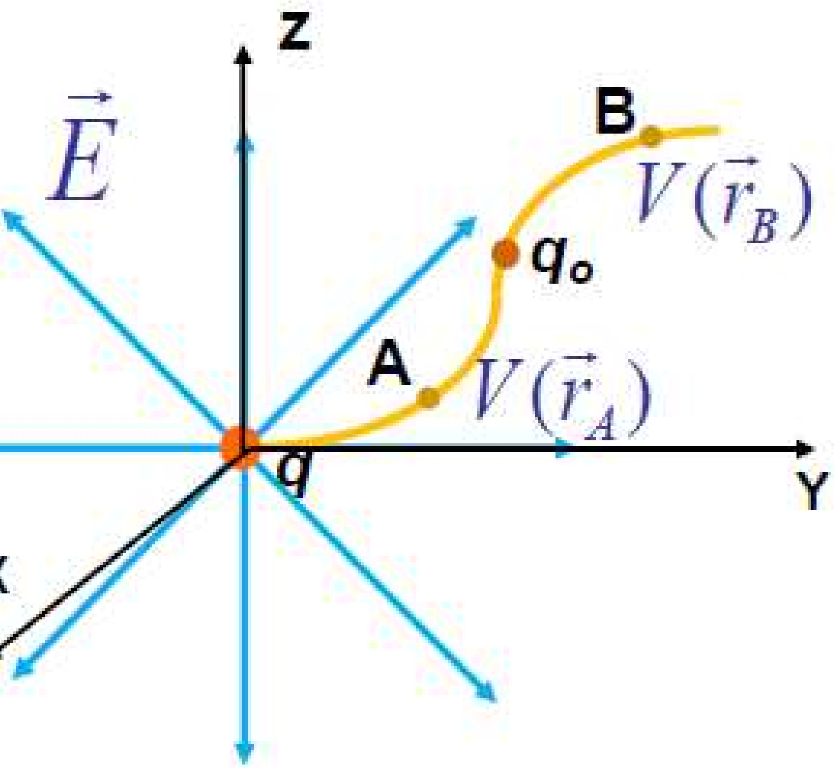
$$\Delta W_{A\to B} = q\Delta V_{A\to B} = q\left(V(\vec{r}_A) - V(\vec{r}_B)\right)$$

l potencial eléctrico es una nueva magnitud física que nos permite calcular la energía potencial que rga q tiene por encontrarse en un campo eléctrico:

$$\text{Energía Potencial}(\vec{r}_A) = U(\vec{r}_A) = qV(\vec{r}_A)$$

bajo y energía: Potencial electrostático

Es sencillo obtener la expresión del **potencial electrostático creado por una carga puntual *q*** a partir del campo eléctrico que produce.



Para ello calculamos el trabajo que se realiza para llevar otra carga de prueba q_o de un punto A a otro B:

$$V(\vec{r}_B) - V(\vec{r}_A) = -\int_{\vec{r}_A}^{\vec{r}_B} \vec{E}(\vec{r}) \bullet d\vec{r}$$

Si ponemos la expresión del campo eléctrico creado por la carga puntual q, la integral es sencilla:

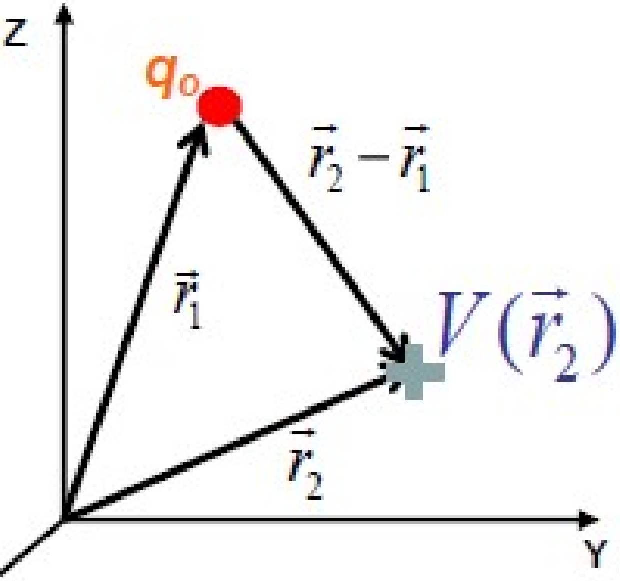
$$-\int_{\vec{r}_A}^{\vec{r}_B} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\,dr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r_B} - \frac{q}{r_A}\right)$$

Tomando como origen de potenciales el infinito, podemos identificar el punto B= r y A= ∞:

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{|\vec{r}|}$$

Fijarse en que **|r|** *es la distancia de la carga q que produce el potencial, al punto donde se calcula.*

resión general del potencial de una carga puntual:



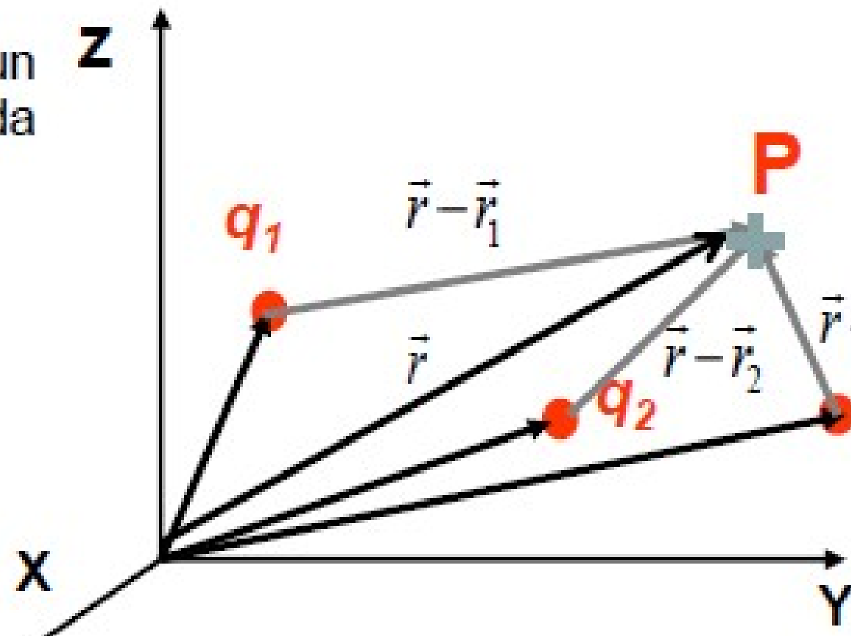
Una carga q situada en el punto dado por el vector de posición
crea un potencial eléctrico en un punto del espacio r_2 dado por:

$$V(\vec{r}_2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|}$$

Principio de superposición:

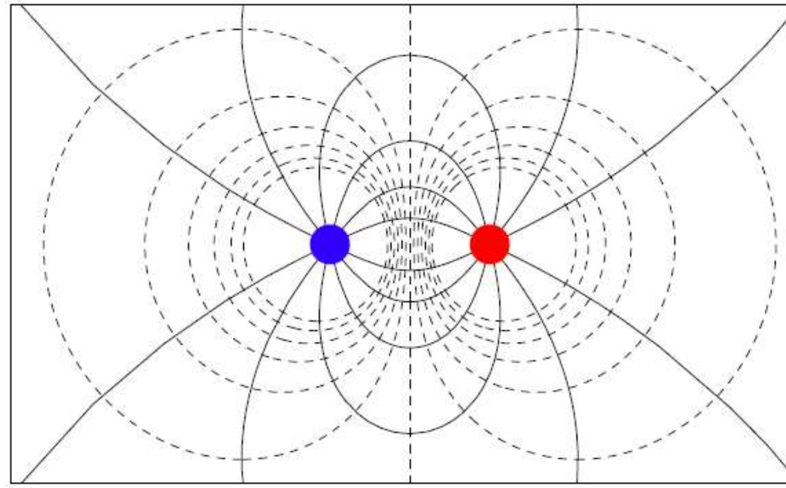
potencial eléctrico creado por *N cargas eléctricas* q_i, en un
unto del espacio r, es la suma del potencial creado por cada
na de ellas en el punto r.

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|}$$



Potencial eléctrico debido a cargas puntuales

$$V = k\frac{q}{r}$$



iendo r la distancia que hay entre la carga que origina el potencial y el punto donde se calcula

¡Notar que es un escalar!

Es positivo o negativo dependiendo de la carga que origine el potencial

Equipotenciales son perpendiculares a las lineas de Campo E

Ejemplo

La distancia media que hay de un protón a un electrón en el átomo de Hidrógeno es $0.529 \cdot 10^{-10}$ m.

¿Cuál es el potencial eléctrico debido al protón al que se ve sometido el electrón?

- Sol: 27.2 V

Trabajo y energía: Potencial electrostático

uando en una región del espacio donde hay un campo eléctrico situamos un objeto con una car
léctrica q, éste experimenta una fuerza, $\boldsymbol{F=q\,E}$. Si deseamos mover dicha carga de un punto A a otro
el espacio habrá que realizar un trabajo.

sto es igual que cuando en presencia del campo gravitatorio se desea mover un objeto de masa m.

n general, calcular el trabajo W para desplazar una carga léctrica en presencia de un campo eléctrico $\boldsymbol{E}$ es tarea omplicada. Pero se simplifica al tener en cuenta que el campo léctrico, igual que el campo gravitatorio, conserva la energía. Por anto, el campo eléctrico es un campo conservativo.

sto permite calcular el W necesario para desplazar una carga de n punto A a un punto B como la diferencia de energía, U, de dicha arga en ambos puntos.

Variación de energía

$$\underset{\text{Trabajo para ir de A a B}}{W} = \underbrace{\int_{r_A}^{r_B} \vec{F}(r)\cdot d\vec{r}}_{\text{Ecuación general. Difícil de calcular}} = -\Delta U = \underbrace{U(\vec{r}_A) - U(\vec{r}_B)}_{\text{Energías potenciales en los puntos inicial y final}}$$

Trabajo
para ir de A a B

Ecuación general
Difícil de calcular

Energías potenciales
en los puntos inicial y final

Dipolos eléctricos

Un sistema de dos cargas iguales y opuestas q separadas por una pequeña distancia L se denomina **dipolo eléctrico**

Su intensidad y orientación se describen mediante el **momento dipolar eléctrico p**

Es un vector que apunta de la carga negativa a la positiva, y cuyo módulo es el producto q**L**

$$\mathbf{p} = q\mathbf{L}$$

siendo **L** es un vector cuyo origen está en la carga negativa y su extremo en la carga positiva

Ejemplo

Una carga +q se encuentra en q=a y una segunda carga -q se encuentra en x=-a.

Determinar su momento dipolar eléctrico

$\mathbf{p} = 2aq\mathbf{i}$

Comiencen a trabajar en la Guia 1, noten las ayudas al comienzo de la misma

Guía 1. Electrostática

<u>Constantes</u>: $\varepsilon_0 = 8{,}85\times10^{-12}\,\dfrac{C^2}{N.m^2}$; $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\,\dfrac{N.m^2}{C^2}$;

$e^- = -1{,}6\times10^{-19}\,C$; $m_e = 9{,}1\times10^{-31}\,kg$; $m_p = 1836 m_e$

<u>Geometría</u>: **Esfera de radio R**. Superficie: S **=** $4\pi R^2$; volumen: V **=** $4\pi R^3/3$

Cilindro de radio R y largo L. Superficie lateral: S **=** $2\pi R L$; volumen: V **=** $\pi R^2 L$

A. Fuerza de Coulomb