UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE

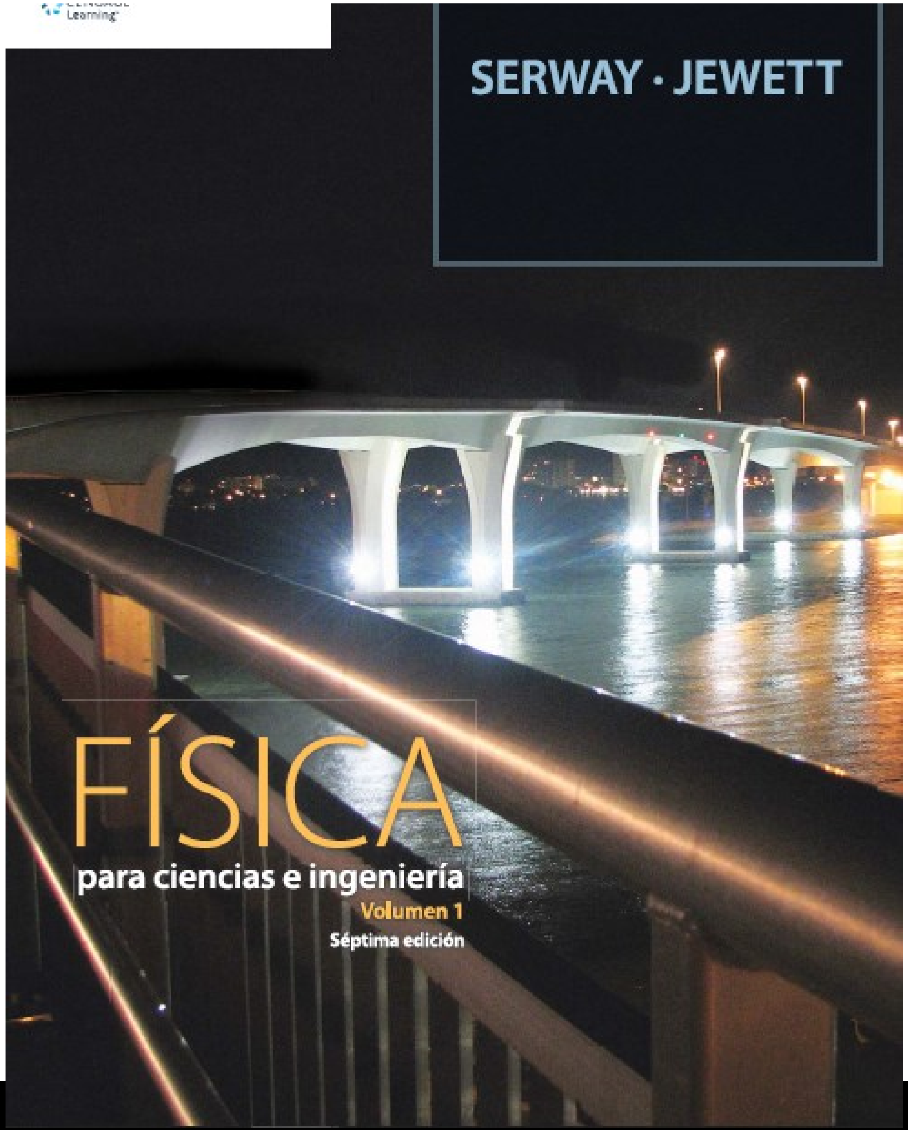
Facultad de Ciencias de la Ingeniería

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL MAULE

Ingeniería.

Física II

Ing. José Martí Jomarrón Garrido. M.Sc.
jose.jomarron@gmail.com


SERWAY · JEWETT
FÍSICA
para ciencias e ingeniería
Volumen 1
Séptima edición

Volumen 2

Portal del Docente Ingreso Ponderaciones Segundo Semestre 2019

ICI212-1 FISICA II

Rut	Nombre Profesor
24175179-1	JOMARRÓN GARRIDO JOSÉ MARTI

TIPO	PORC.	FECHA	CONTENIDO
N.Par-1	5	29/08/2019	Unidad 1. Evaluación 1. Presentaciones,
N.Par-2	10	20/09/2019	Unidad 1: Guía de prácticas de ejercicios
N.Par-3	20	04/10/2019	Unidad 1: Prueba escrita.
N.Par-4	5	08/11/2019	Unidad 2. Evaluación 1. Presentaciones,
N.Par-5	10	22/11/2019	Unidad 2: Guía de prácticas de ejercicios
N.Par-6	20	29/11/2019	Unidad 2: Prueba escrita.
N.Par-7	0		
N.Par-8	0		
P.FINAL-1	30	05/12/2019	Evaluación Unidades 1-2

A.- Electricidad de estados estacionarios

Cargas y campos eléctricos: ley de Coulomb, ley de Gauss.

Potencial y ecuaciones de la electrostática: potencial, gradiente, energía en cargas y campos, teoremas de Gauss y Stokes, ecuaciones de la electrostática.

Sistemas de conductores: conductores en campos eléctricos, problemas electrostáticos, capacidad.

Electrostática

Rama de la física que analiza los efectos mutuos que se producen entre los cuerpos →

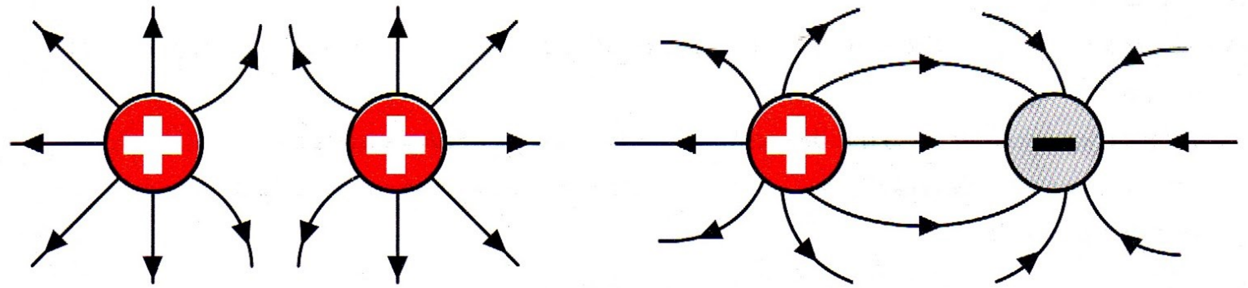
Estudio de las cargas eléctricas en equilibrio. →

La carga eléctrica es la propiedad de la materia responsable de los fenómenos electrostáticos. →

Históricamente, la electrostática fue la rama del electromagnetismo que primero se desarrolló. Con la postulación de la ley de Coulomb. →

En la segunda mitad del siglo XIX las leyes de Maxwell concluyeron definitivamente su estudio y explicación.

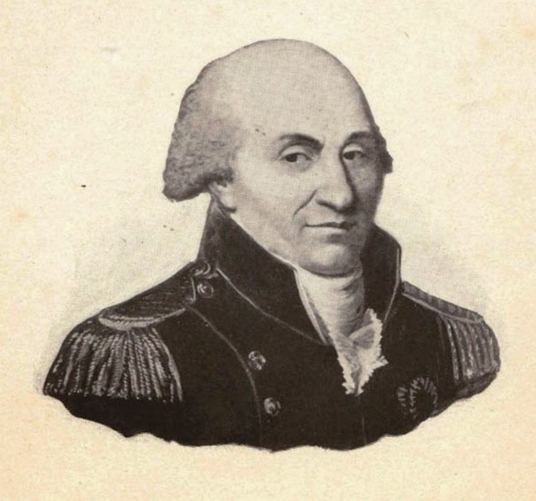
La electrostática es la rama de la física que analiza los efectos mutuos que se producen entre los cuerpos como consecuencia de sus cargas eléctricas, es decir, el estudio de las cargas eléctricas en equilibrio. La carga eléctrica es la propiedad de la materia responsable de los fenómenos electrostáticos



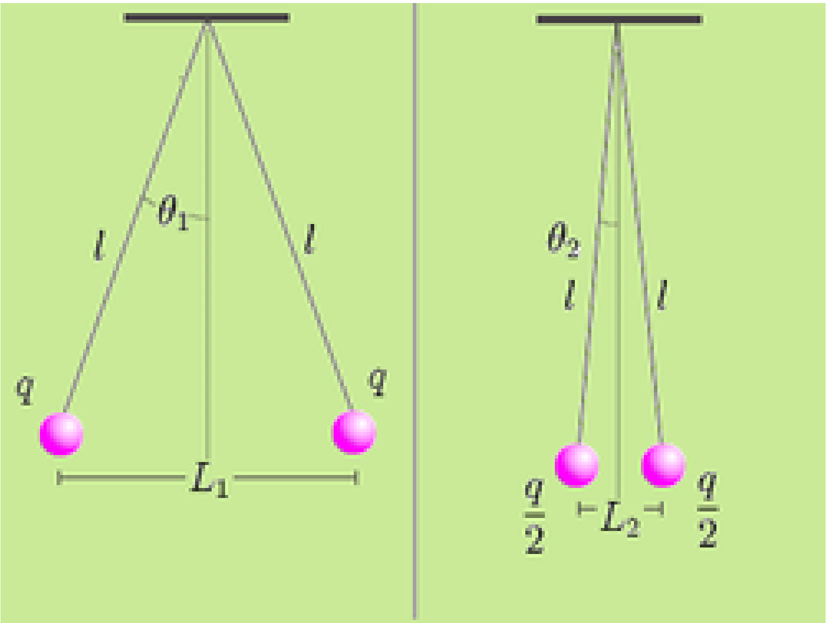
Electromagnetismo

Ley de Coulomb

Charles Coulomb



En 1777 invento la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre si dos cargas eléctricas, y estableció la función que liga esta con la distancia



www.cibertareas.com

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

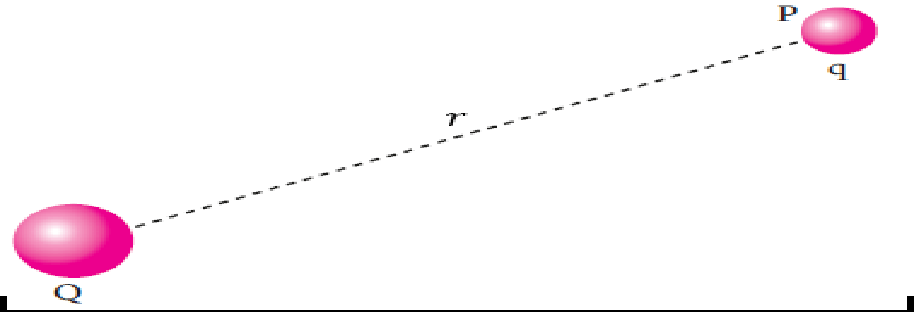
F: va en Newton(N)
K:Constante de la ley de Coulomb
Q y **q**:Cargas Puntuales (en Coulomb)
r^2: distancia que los separa

¿En que consiste la ley?

La ley de Coulomb es una serie de postulados propuestos por el físico Charles Coulomb como resultado de sus experimentos.

1. Existen solo dos tipos de cargas: Negativa y Positiva.
2. Dos cargas puntuales ejercen entre si fuerzas sobre la línea que las une y que son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa.
3. Las fuerzas son proporcionales al producto de las cargas, atractivas para cargas opuestas y repulsiva para cargas iguales.

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



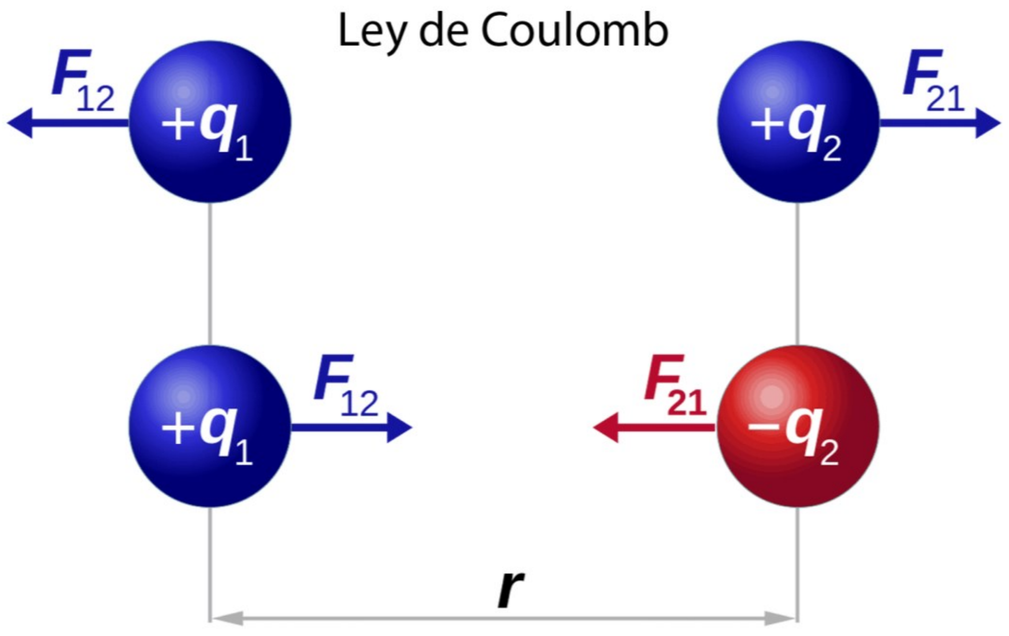
F12 = F21 = Fuerza ejercida entre las cargas
q1 = Carga 1
q2 = Carga 2
r = Distancia entre q1 y q2
k = Constante de proporcionalidad

ε_0 permitividad del vacío

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

$$k_e = 8.9876 \times 10^9 \ \mathrm{N \cdot m^2/C^2}$$

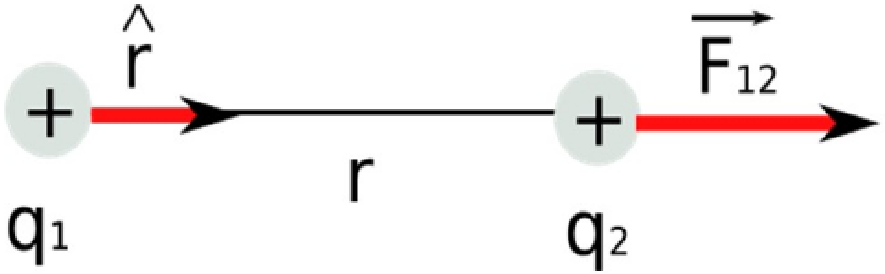
$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \mathrm{C^2/N \cdot m^2}$$



$$F_{12} = F_{21} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Forma Vectorial

$$\vec{F} = \frac{kq_1q_2}{r^2}\hat{r}$$



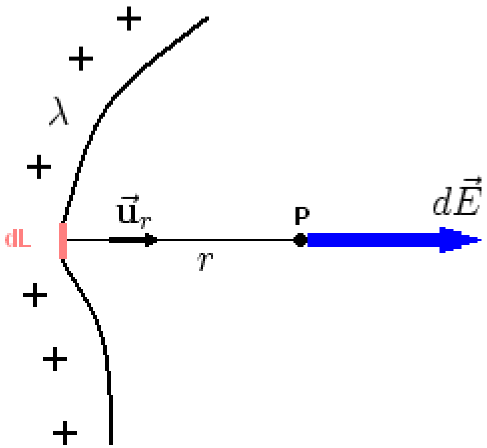
$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|r|}$$

$\vec{F}_{12}$ = Es la fuerza que ejerce la carga 1 sobre la carga 2.
$\hat{r}$ = es un vector unitario que va siempre desde el cuerpo que aplica la fuerza al que la recibe.
r = es la distancia de separación entre las cargas.

k = constante eléctrica tiene un valor de $8{,}9x10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}$

Campos Estacionarios

Se denomina a una situación estacionaria a aquella en la que no hay variación con el tiempo. Existen sin embargo movimientos de carga formando corriente denominadas estacionarias porque no varían con el tiempo.



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

Corriente Estacionaria

En las corrientes estacionarias sus cargas se mueven describiendo un círculo cerrado.

Pero el campo electroestático no cede energía en un círculo cerrado.
Sin embargo, las cargas en movimientos chocan con la red iónica del medio conductor cediéndole energía (EFECTO JAULE) que debe provenir del campo.

Por tanto para mantener una corriente estacionaria se requiere un campo no electroestático.

Para producir corrientes estacionarias se usan generadores, dispositivos que aportan energía que se pierde por efecto Joule.

La acción de estos generadores se pone de manifiesta a través de un campo equivalente E' no conservativo existente únicamente en el interior de los generadores.

En general se producirá también un campo electroestático E debido a la presencia de distribución de carga.

El campo Total será la suma. $\vec{E}_t = \vec{E}' + \vec{E}$

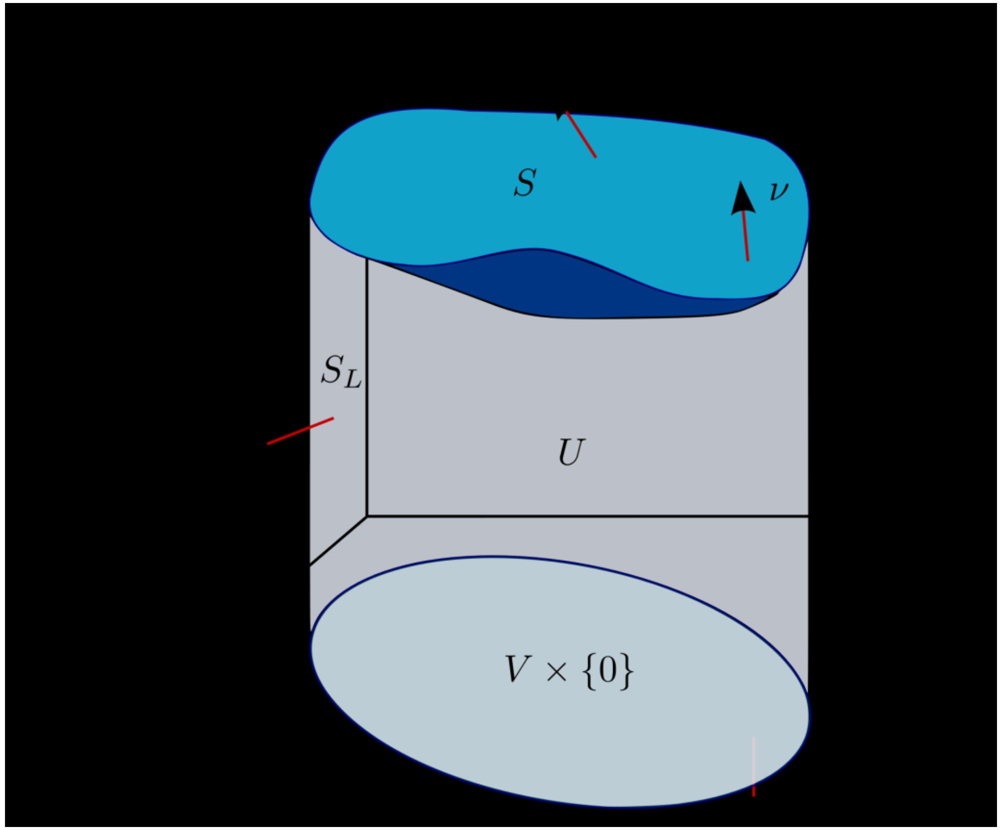
El segundo teorema fundamental del cálculo que nos permite calcular cualquier integral definida de una función continua a partir de cualquiera de las primitivas de la función.

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$$

Pasamos al teorema de Green, el cual básicamente toma este teorema y lo aplica para 2 dimensiones.

$$\iint_R \text{rot en 2 dimensiones}\, \mathbf{F}\, dA = \oint_C \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

Luego viene el teorema de Stokes, que piensa en una superficie 'S' en el espacio, en lugar de pensar en una superficie plana sobre el plano (x,y) como lo hace Green.



- En vez de ser una función de una sola variable o representar un campo en dos dimensiones,

F(x,y,x) representa un campo vectorial tridimensional.

Teorema de la divergencia

Se utiliza para calcular el flujo del campo vectorial F que sale del sólido limitado por superficies:

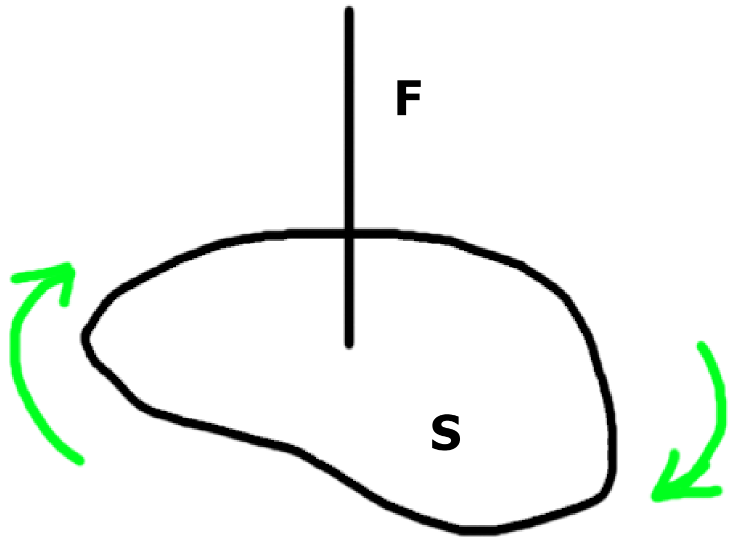
$$Flujo = \iint \vec{F} \cdot d\vec{S}$$ *(integral de superficie del campo vectorial F)*

Si la superficie es cerrada:

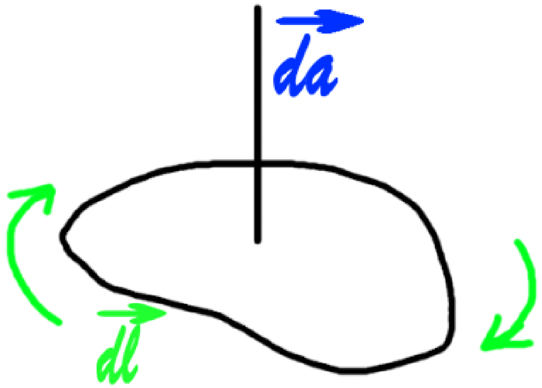
$$\boldsymbol{Flujo} = \oiint \vec{F} \cdot d\vec{S} = \iiint div\, \vec{F} \cdot dV = \iiint \vec{\nabla} \cdot \vec{F} \cdot dV$$

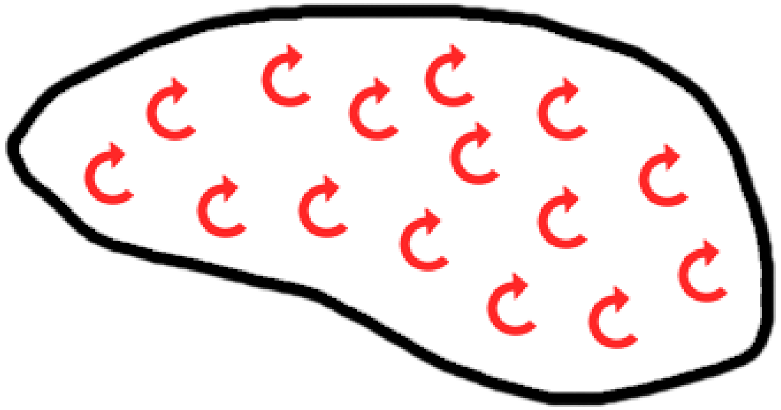
Teorema de Stokes

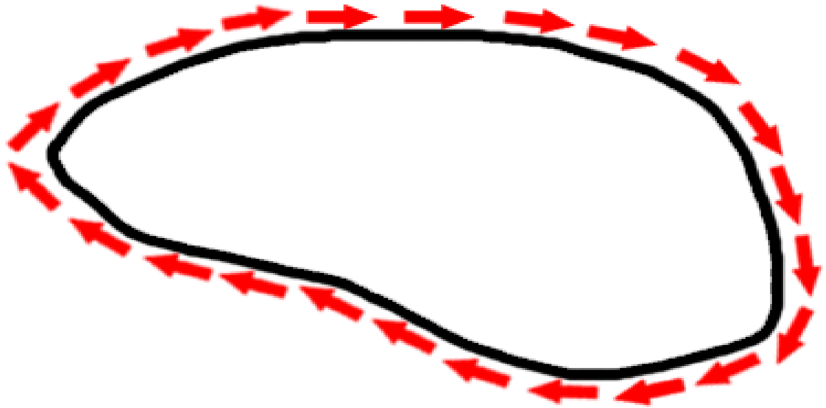
Considérese una superficie S abierta cuyo límite sea una curva cerrada C. El teorema de stokes establece que la integral de la componente tangencial de un campo vectorial F alrededor de C es igual a la componente normal de rotación F en S



$$\int (\nabla x\ \vec{v})\, d\bar{a} = \oint \bar{v} * d\bar{l}$$







Cantidad de giro total, sumando infinitos puntos de la superficie

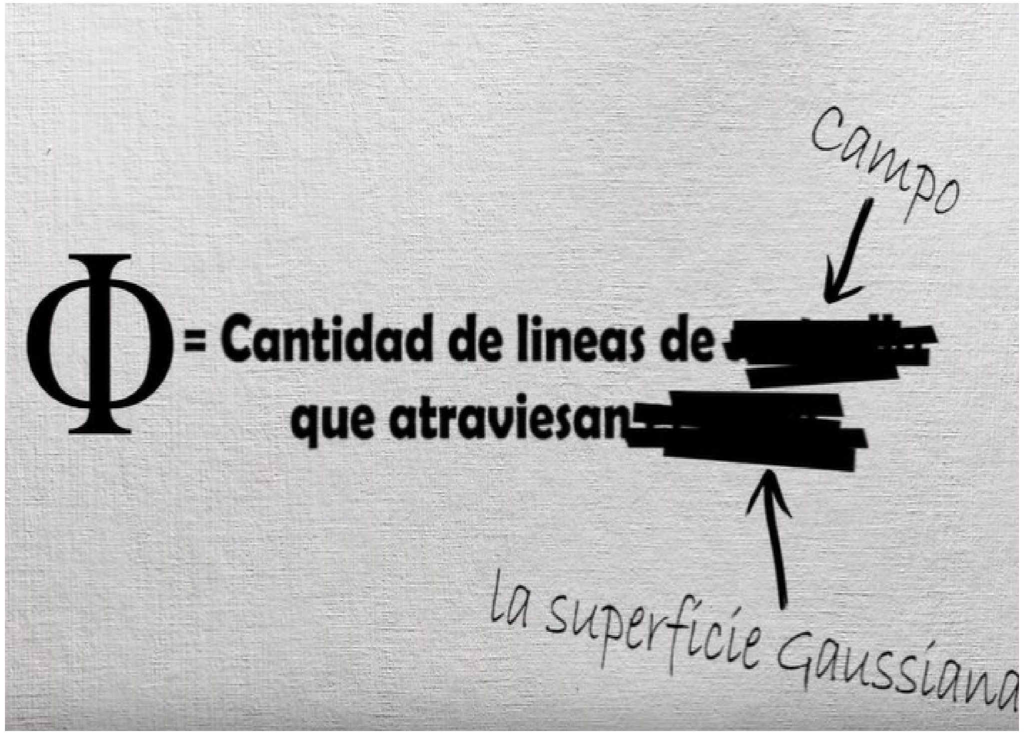
Suma total del giro , tomando en cuenta de cómo afecta el borde

Alguna vez te haz preguntado?

¿Cuánta agua pasa por una tuberia ?

¿Cuánto humo pasa por el tubo de escape de un auto?

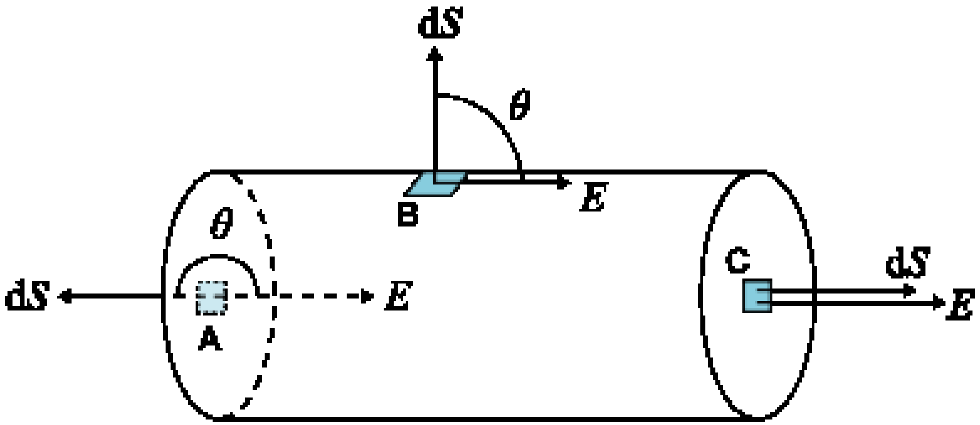
¿Qué relación tiene esto con la ley de gauss?



La ley de gauss es una adaptación matemática del concepto flujo, ya que, esta se ocupa para medir la cantidad de flujo del campo electromagnético emitido por una carga encerrada dentro de una superficie imaginaria denominada “superficie gaussiana”.

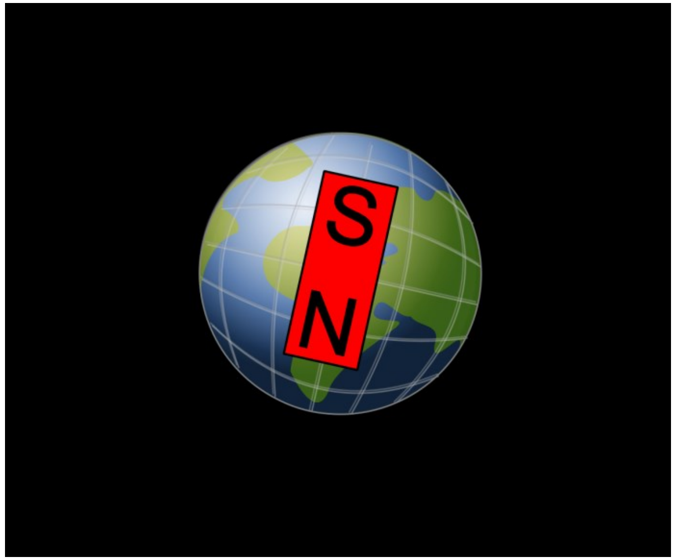
Teorema de Gauss

También conocido como teorema de la divergencia. Relaciona el flujo de un campo vectorial a través de una superficie cerrada con la integral de su divergencia en el volumen delimitado por dicha superficie.

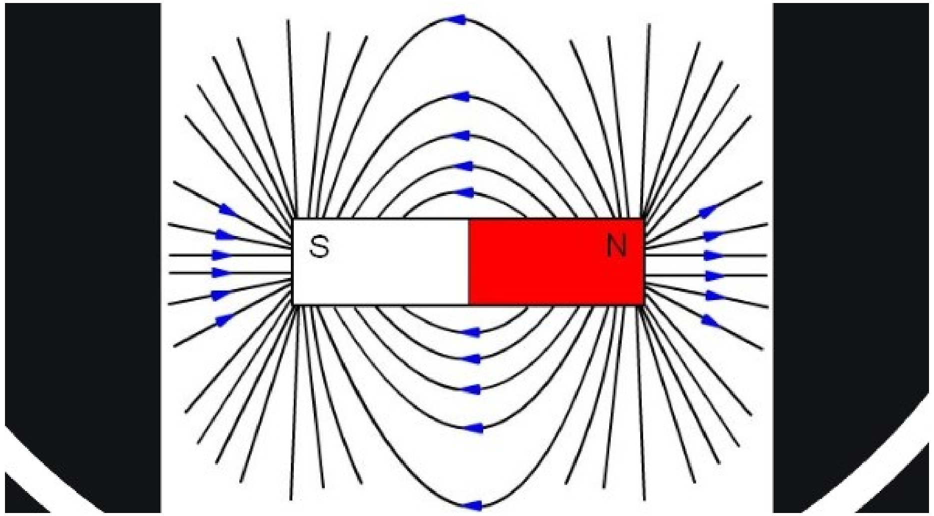


La **electricidad** es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas:

Se denomina **electromagnetismo** a la teoría física que unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos

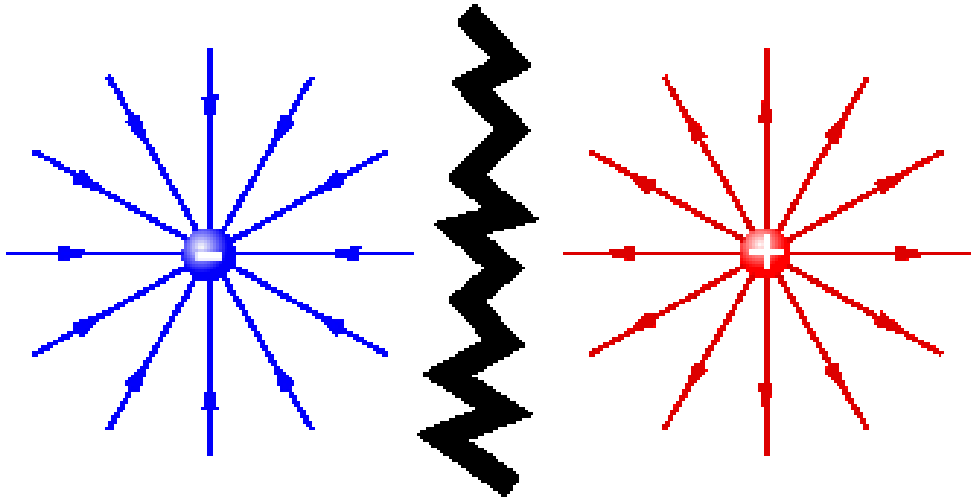


- Un campo eléctrico son líneas imaginarias pero presentes denominadas y llamadas "**líneas de campo**" , existe en todas las masas un campo eléctricos ya sea en mayor o menor cantidad y este flujo se puede calcular a través de las líneas de campo que pueden atravesar una determinada superficie



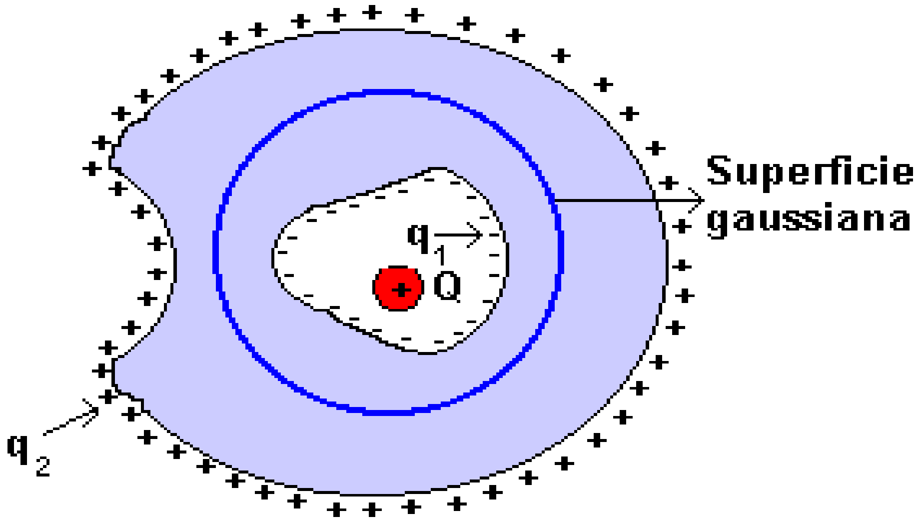
Ley de Gauss

- Esta ley puede interpretarse, en electroestática, entendiendo el flujo de las cargas como una medida del numero de líneas de campo que atraviesan la superficies de una masa

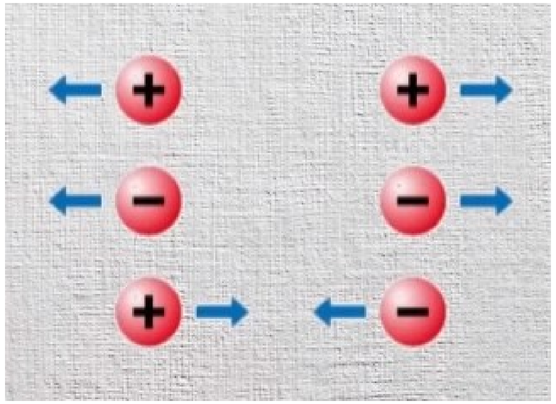


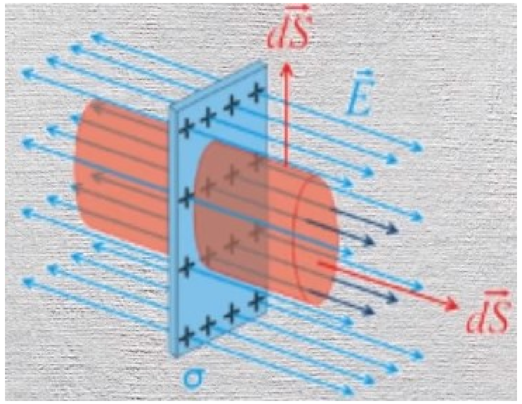
- El flujo de campo eléctrico a través de cualquier superficie cerrada o superficie gaussiana es igual a la carga neta encerrada, por la misma, entre la constante ε0

- Las superficies gaussianas **no son reales** (se elige para satisfacer las condiciones mencionadas en cada caso)



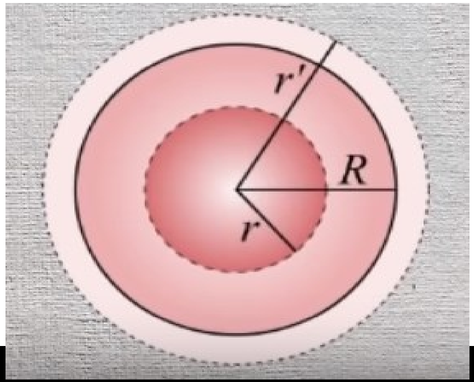
Las Diferencias

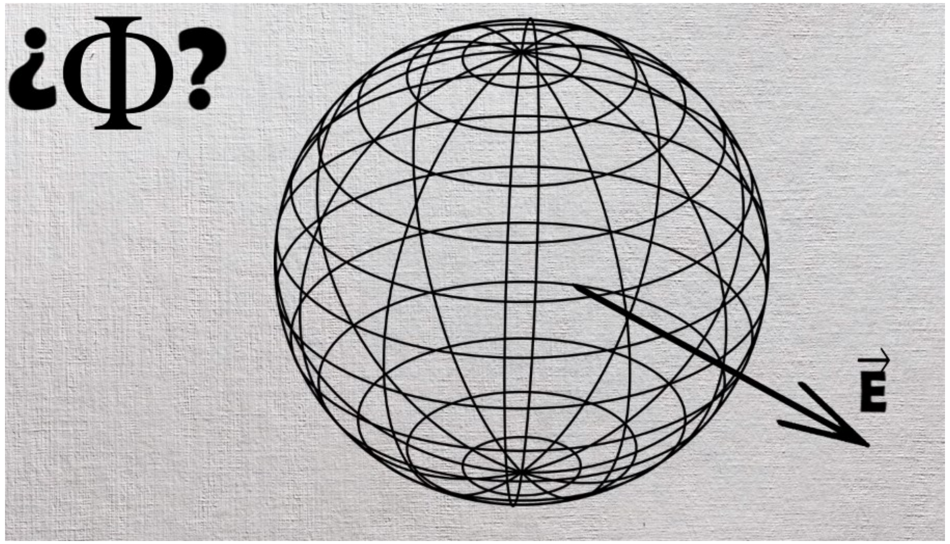




Líneas de campo

Superficie Gaussiana



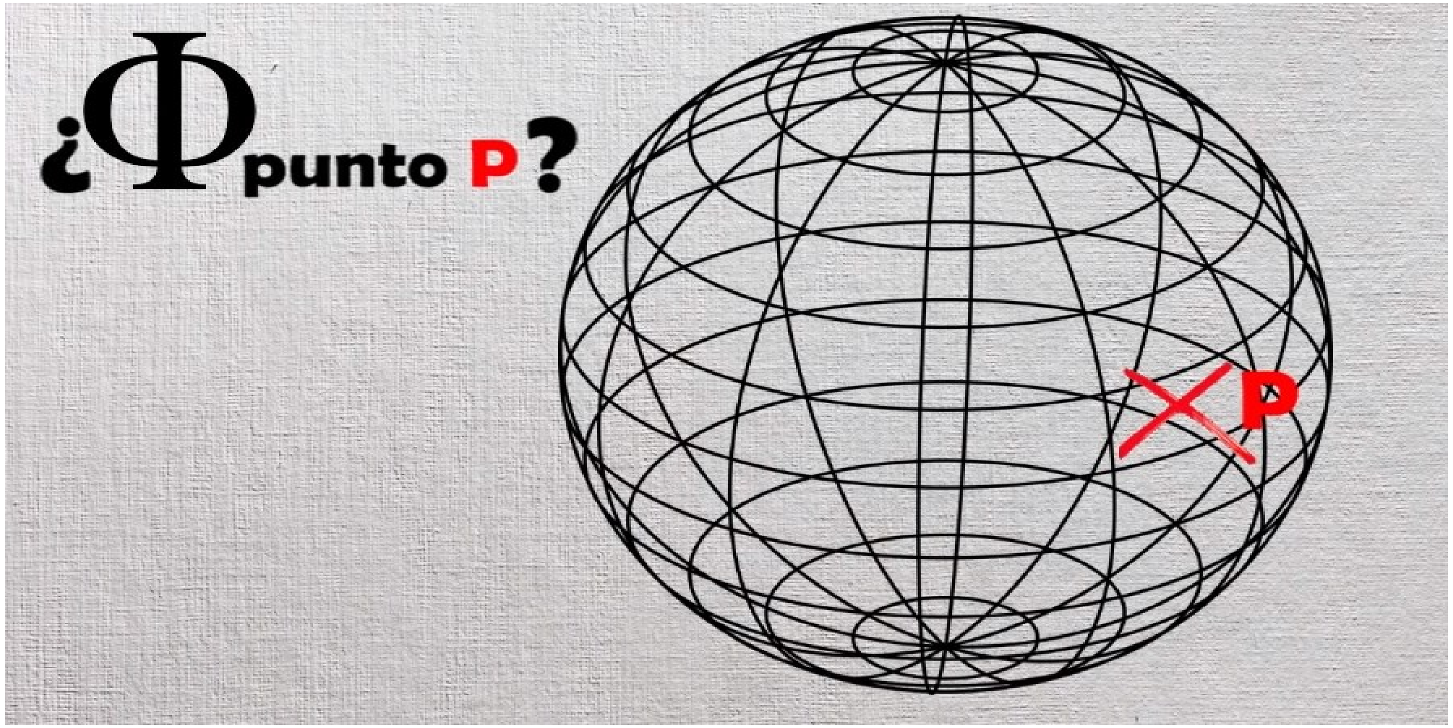


Queremos calcular el flujo de un campo que pasa a través de una esfera

Entonces la ley de Gauss nos dice que el flujo fuera de la esfera será

$$\Phi = \frac{Q_{\text{encerrada en la superficie}}}{\varepsilon_0}$$

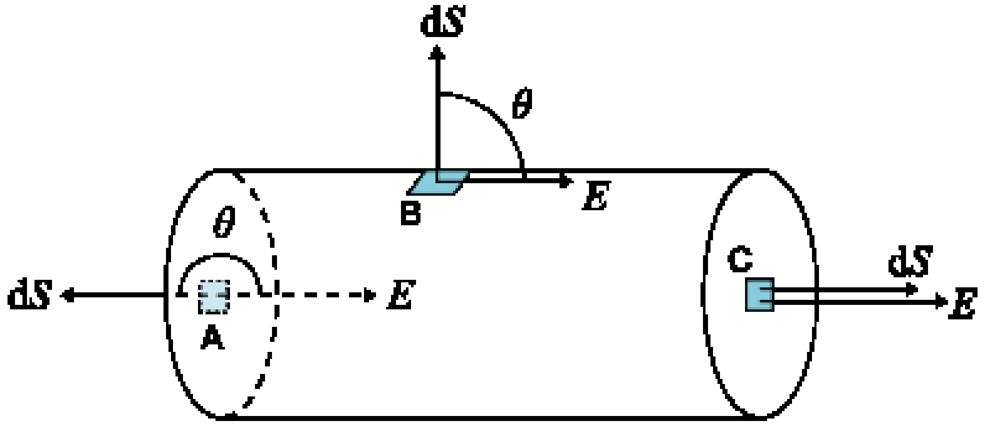
¿Qué pasa si queremos calcular el flujo en un punto x ?



Matemáticamente calcular algo en un punto infinitesimal es integrar

Flujo en un punto determinado

$$\Phi_P = \oint \vec{E}\, d\vec{S}$$

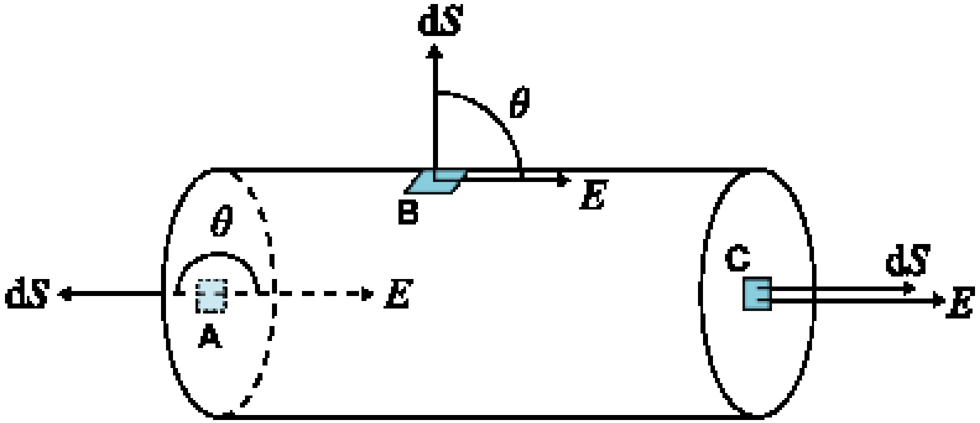


Donde Ds es el diferencial de superficie.

Ds es un vector perpendicular a la superficie en la cual pasa el campo

Flujo en toda la superficie

$$\Phi_s = \Phi_P$$



La ley de Gauss dice que flujo en la superficie será el mismo flujo calculado en ese punto

Fórmula de la ley de gauss

Se define como el flujo del campo eléctrico a través de cualquier superficie cerrada es igual a la carga Q contenida dentro de la superficie, dividida por la constante **ε**.

Matemáticamente sería:

$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

Potencial eléctrico

Es el trabajo que debe realizar una fuerza externa para traer una carga positiva unitaria q desde el punto de referencia hasta el punto considerado, en contra de la fuerza eléctrica y a velocidad constante. Aritméticamente se expresa como el cociente:

siendo W el trabajo que debe hacer un agente exterior para mover la carga de prueba desde el infinito al punto en cuestión.

$$V = \frac{w}{q_0}$$

Unidad de medida

Ya que el potencial eléctrico es una medida de la energía potencial por unidad de carga, la unidad del SI, tanto del potencial eléctrico como de la diferencia de potencial,es joules por cada coulomb, que se define como un volt (V):

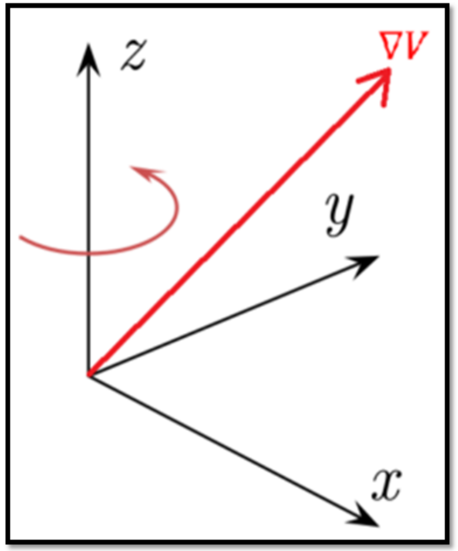
$$1\,V \equiv {}^{J}/_{C}$$

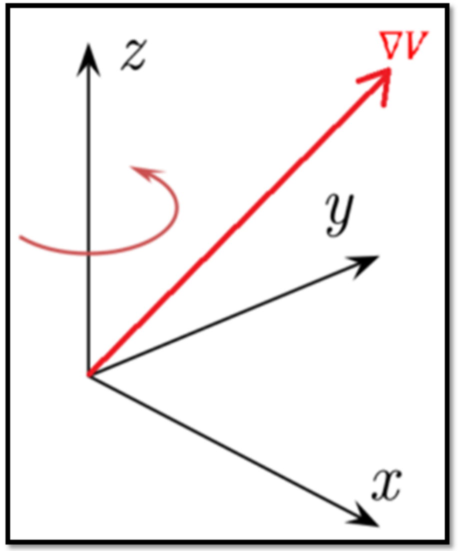
Gradiente potencial

El gradiente de potencial es un vector que representa la relación de cambio del potencial eléctrico con respecto a la distancia en cada eje de un sistema de coordenadas cartesiano. Así, el vector gradiente de potencial indica la dirección en la que la tasa de cambio del potencial eléctrico es mayor, en función de la distancia.

Ya que el gradiente de potencial es un vector en el espacio, tiene magnitudes direccionadas

En el sistema internacional de unidades (SI), las unidades de medición del gradiente de potencial son voltios/metros





$$V_2 - V_1 = -\int_1^2 E * cos\theta \, dl$$

V1: potencial eléctrico en el punto 1.

V2: potencial eléctrico en el punto 2.

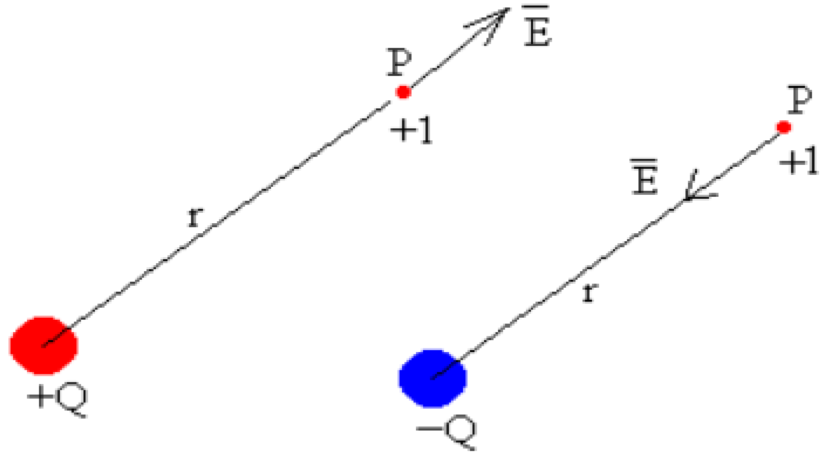
E: magnitud del campo eléctrico.

Ө: ángulo la inclinación del vector de campo eléctrico medido con relación al sistema de coordenadas.

Potencial Eléctrico en cargas Puntuales

Por ello el trabajo necesario para trasladar la carga q desde un punto A a otro B del campo se obtiene.

$$E = \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon 0 r^2}\right) * \hat{r}$$



E= campo eléctrico

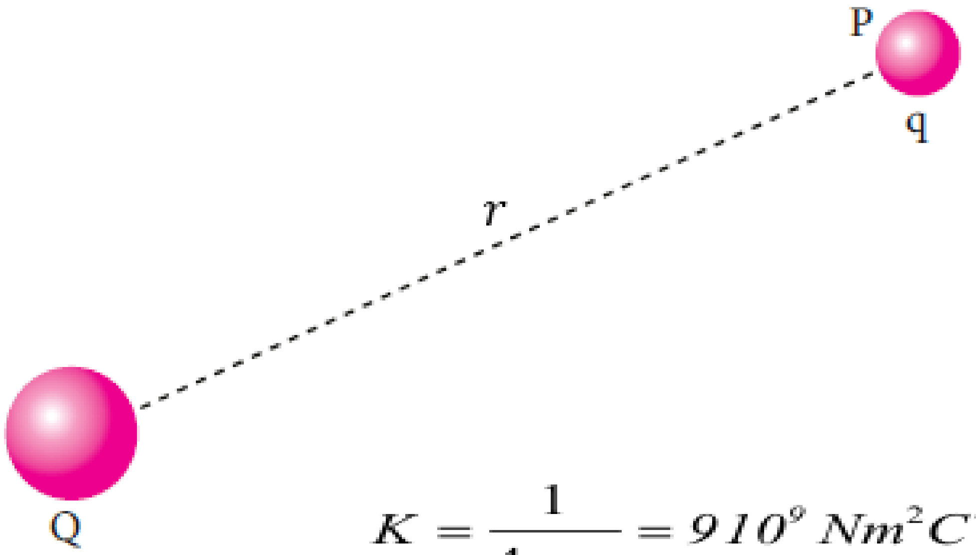
Q= carga que efectúa el campo

E0= constante dieléctrica

Energía potencial en un punto de Carga

Considere el campo eléctrico generado por una partícula electrizada con carga Q. Vamos a colocar una carga de prueba q en un punto P de ese campo, a una distancia d de Q.

$$\boxed{E_p = K\frac{Qq}{r}}$$



K es la constante electrostática del medio.
carga Q se encuentra fija,
carga de prueba q,
al desplazarse hasta el punto P, estará sujeta a una fuerza eléctrica de intensidad variable F, desplazándose una distancia r

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\,10^9\ Nm^2C^{-2}$$

$$\varepsilon_0 = 8.854\ 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$$

Campos eléctricos

los campos eléctricos de una carga se llama a la interacción de una carga con su entorno, en esta se presenta en forma de fuerza entre dos cargas:

$$fq = \frac{1}{4\pi\varepsilon 0} * \frac{q0 * q}{|r - rq|^3} * (r - rq)$$

e mpo electro se escribe de la siguiente forma:

$$\vec{E}(\vec{r}) \equiv \frac{\vec{F}_{q_0}}{q_0}$$

Ejemplos:

cantidad de electricidad $1\ C = 1\ A \cdot s$

En términos de capacidad y voltaje, se expresa:
$1\ C = 1\ F\ .\ V$

F Unidad de medida de capacidad eléctrica

Voltaje. Denominado también como tensión o diferencia de potencial es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica.

$F_{12} = F_{21}$ = Fuerza ejercida entre las cargas

q_1 = Carga 1

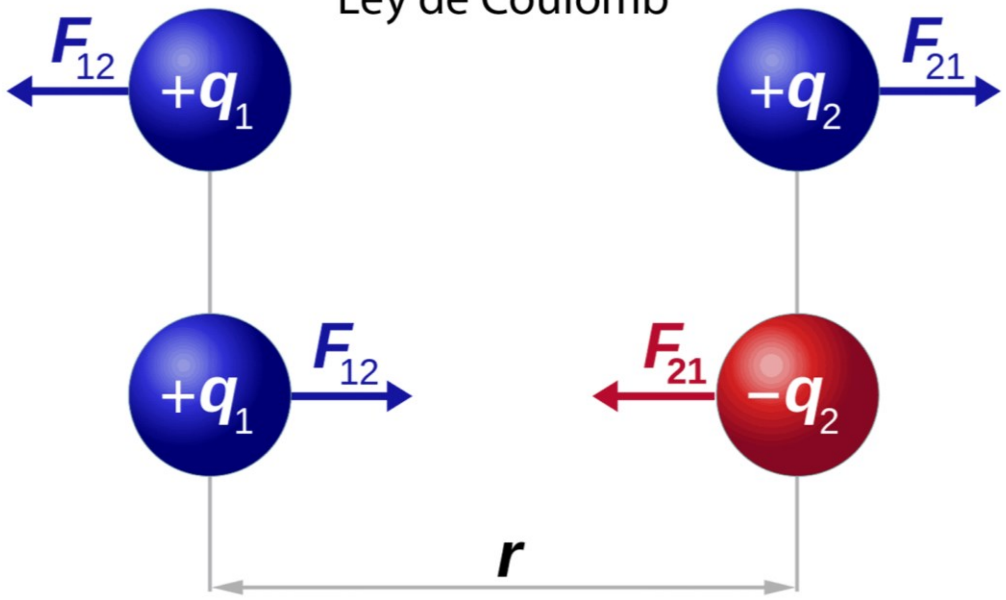
q_2 = Carga 2

r = Distancia entre q_1 y q_2

k = Constante de proporcionalidad

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Ley de Coulomb

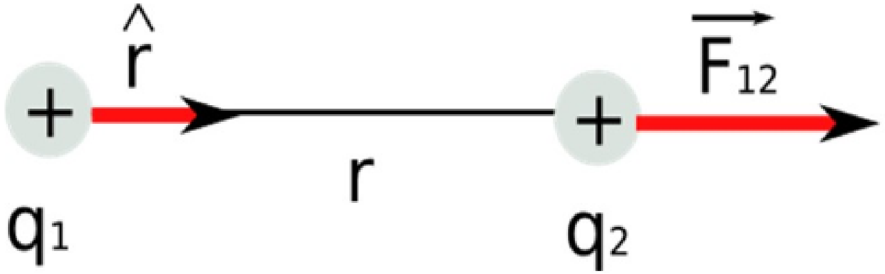


$$F_{12} = F_{21} = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Forma Vectorial

$$\vec{F} = \frac{kq_1q_2}{r^2}\hat{r}$$

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|r|}$$



$\vec{F}_{12}$ = Es la fuerza que ejerce la carga 1 sobre la carga 2.

$\hat{r}$ = es un vector unitario que va siempre desde el cuerpo que aplica la fuerza al que la recibe.

r = es la distancia de separación entre las cargas.

k = constante eléctrica tiene un valor de $8{,}9x10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}$

El electrón y el protón de un átomo de hidrógeno están separados (en promedio) por una distancia de aproximadamente 5.3 10 11 m. Encuentre las magnitudes de la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional entre las dos partículas.

Use la ley de Coulomb para encontrar la magnitud de la fuerza eléctrica:

TABLA 23.1

Carga y masa de electrones, protones y neutrones

Partícula	Carga (C)	Masa (kg)
Electrón (e)	$-1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$9.109\,4 \times 10^{-31}$
Protón (p)	$+1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$1.672\,62 \times 10^{-27}$
Neutrón (n)	0	$1.674\,93 \times 10^{-27}$

El electrón y el protón de un átomo de hidrógeno están separados (en promedio) por una distancia de aproximadamente 5.3 10 11 m. Encuentre las magnitudes de la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional entre las dos partículas.

Use la ley de Coulomb para encontrar la magnitud de la fuerza eléctrica:

TABLA 23.1

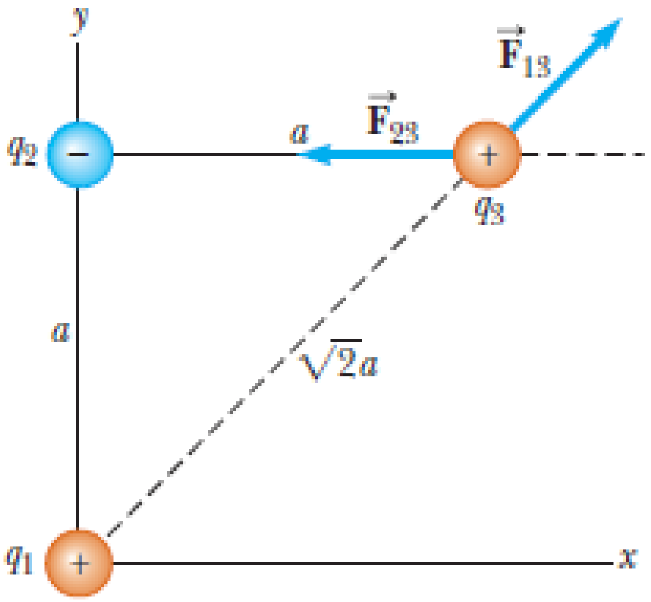
Carga y masa de electrones, protones y neutrones

Partícula	Carga (C)	Masa (kg)
Electrón (e)	$-1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$9.109\,4 \times 10^{-31}$
Protón (p)	$+1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$1.672\,62 \times 10^{-27}$
Neutrón (n)	0	$1.674\,93 \times 10^{-27}$

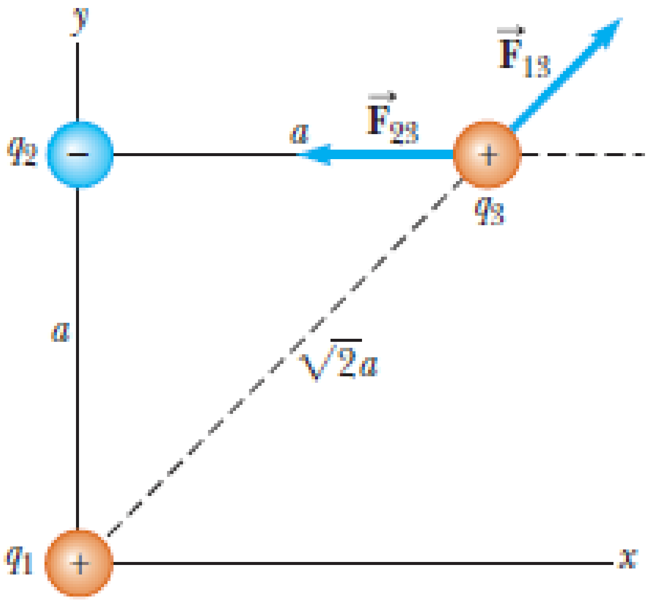
$$F_e = k_e \frac{|e||-e|}{r^2} = (8.99 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2/C^2}) \frac{(1.60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})^2}{(5.3 \times 10^{-11}\ \mathrm{m})^2}$$

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

Considere tres cargas puntuales ubicadas en las esquinas de un triángulo rectángulo, como se muestra en la figura 23.7, donde $q1$ $q3$ 5.0 mC, $q2$ 2.0 mC y a 0.10 m. Encuentre la fuerza resultante que se ejerce sobre $q3$.



Considere tres cargas puntuales ubicadas en las esquinas de un triángulo rectángulo, como se muestra en la figura 23.7, donde $q1$ $q3$ 5.0 mC, $q2$ 2.0 mC y a 0.10 m. Encuentre la fuerza resultante que se ejerce sobre $q3$.



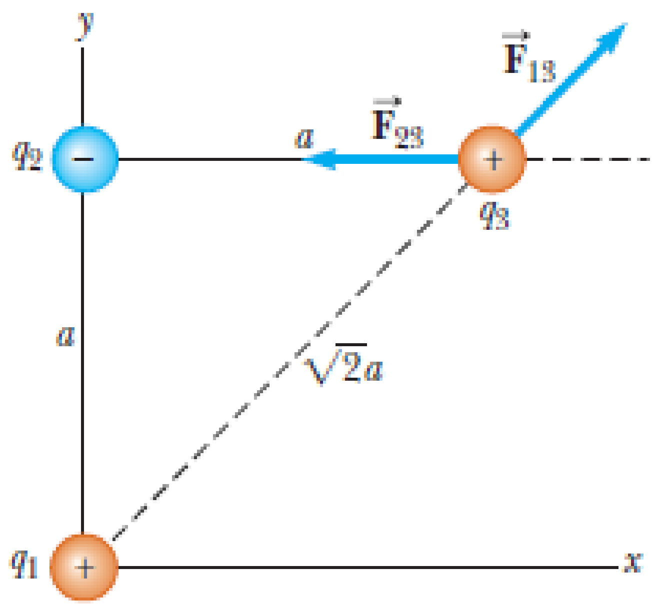
$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{a^2}$$

$$= (8.99 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2/C^2}) \frac{(2.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{C})(5.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{C})}{(0.10\ \mathrm{m})^2} = 9.0\ \mathrm{N}$$

$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2}a)^2}$$

$$= (8.99 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2/C^2}) \frac{(5.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{C})(5.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{C})}{2(0.10\ \mathrm{m})^2} = 11\ \mathrm{N}$$

Considere tres cargas puntuales ubicadas en las esquinas de un triángulo rectángulo, como se muestra en la figura 23.7, donde *q*1 *q*3 5.0 mC, *q*2 2.0 mC y *a* 0.10 m. Encuentre la fuerza resultante que se ejerce sobre *q*3.



$$F_{13x} = F_{13}\cos 45° = 7.9\text{ N}$$

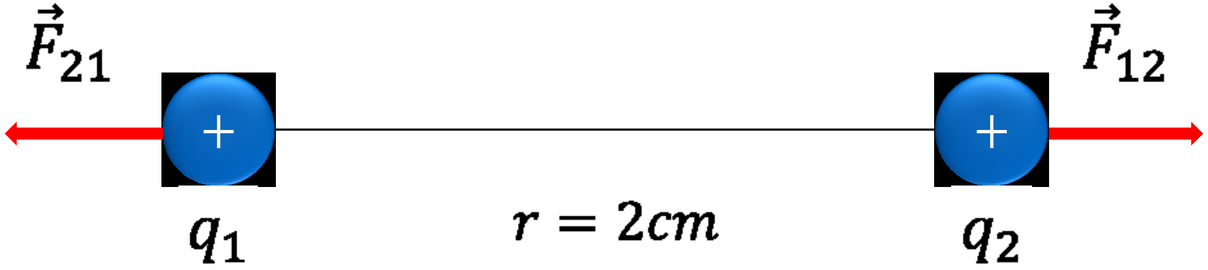
$$F_{13y} = F_{13}\operatorname{sen} 45° = 7.9\text{ N}$$

$$F_{3x} = F_{13x} + F_{23x} = 7.9\text{ N} + (-9.0\text{ N}) = -1.1\text{ N}$$

$$F_{3y} = F_{13y} + F_{23y} = 7.9\text{ N} + 0 = 7.9\text{ N}$$

$$\vec{F}_3 = \boxed{(-1.1\hat{\mathbf{i}} + 7.9\hat{\mathbf{j}})\text{ N}}$$

Ejemplo 1



Dos cargas puntuales se ubican a una distancia de 2cm. Si ambas tienen respectivamente 3μC y 6μC. ¿Qué fuerza experimenta la segunda carga?

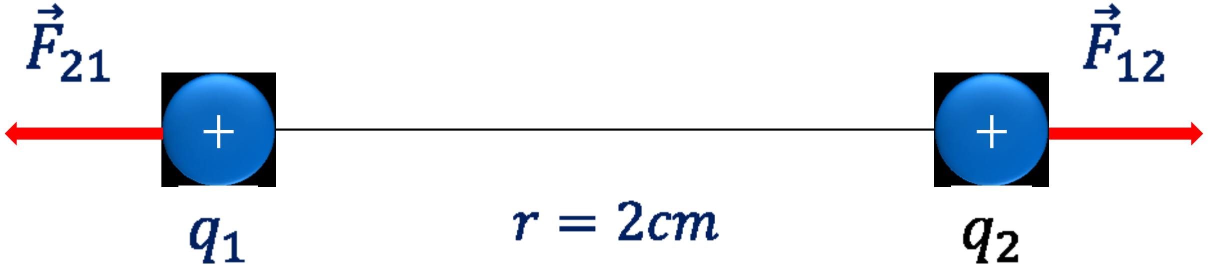
$$F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\,10^9\ Nm^2C^{-2}$$

$$\varepsilon_0 = 8.854\ 10^{-12}\,C^2N^{-1}m^{-2}$$

Ejemplo 1

Dos cargas puntuales se ubican a una distancia de 2cm. Si ambas tienen respectivamente 3μC y 6μC. ¿Qué fuerza experimenta la segunda carga?



$$F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{12} = \frac{9x10^9 * 3x10^{-6} * 6x10^{-6}}{(2x10^{-2})^2}$$

$$F_{12} = 405N$$

- 1. Determina la magnitud de la fuerza de atracción electrostática entre dos cargas de $-6 \mu C$ y $12 \mu C$, respectivamente, si están separadas 8 cm.

Determina la magnitud de la fuerza de atracción electrostática entre dos cargas de -6μC y 12μC, respectivamente, si están separadas 8 cm.

- Datos:
- Q1: -6μC
- Q2: 12μC
- r= 8 cm
- $\boldsymbol{Fe = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}}$
- k=$\boldsymbol{9 * 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}}$

$$\boldsymbol{Fe = \frac{9 * 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} * \left(-6 * 10^{-6}C\right) * \left(12 * 10^{-6}C\right)}{(0,08m)^2}}$$

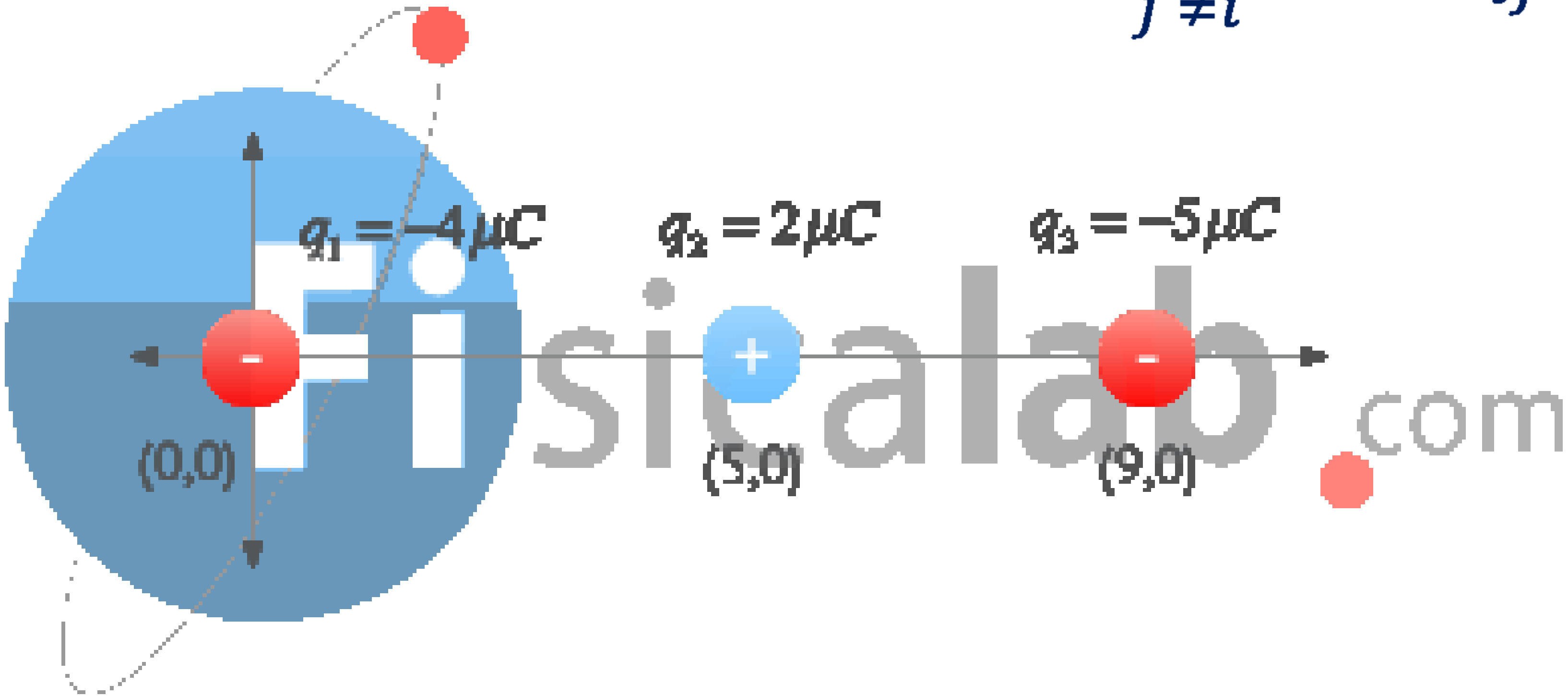
$$Fe = -101.25\ N$$

Para el caso de tener más de una carga puntual, la fuerza aplicada sobre una carga será:

$$\vec{F} = q_i \sum_{j \neq i}^{n} \frac{q_j}{4\,\pi\varepsilon_0} \frac{r_{ij}}{r_{ij}^3}$$

- Dado el sistema de cargas de la figura, determinar la fuerza que experimenta q_2 sabiendo que las tres cargas se encuentran en el vacío y el sistema de referencia está expresado en metros.

$$\vec{F} = q_i \sum_{j \neq i}^{n} \frac{q_j}{4\,\pi\varepsilon_0} \frac{r_{ij}}{r_{ij}^3}$$



Datos

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

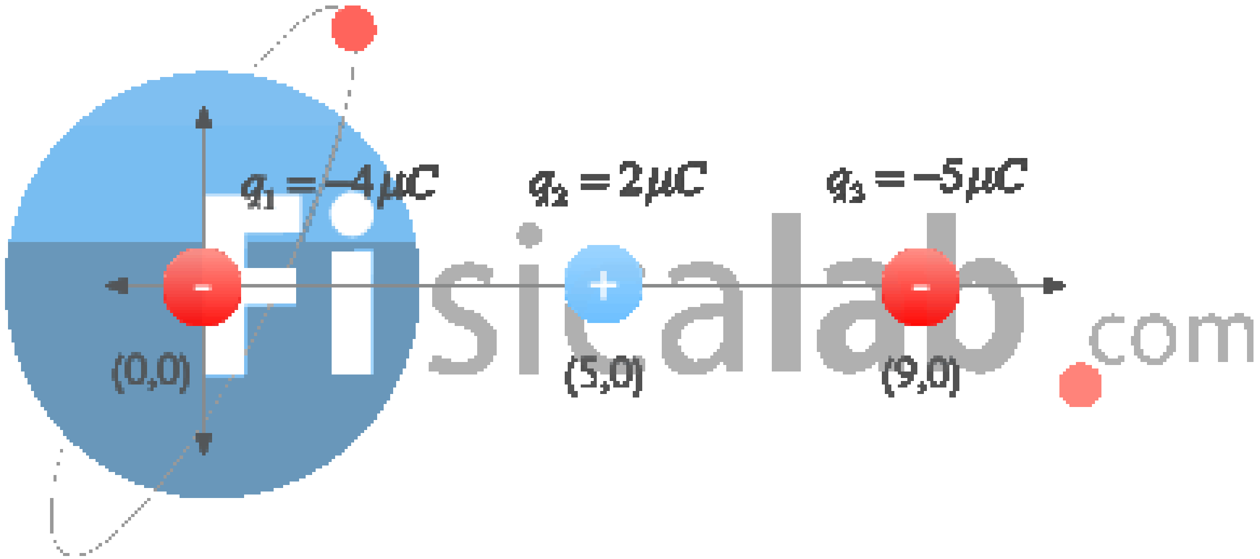
$q_2 = 2\ \mu C = 2 \cdot 10^{-6}\ C$

$q_3 = -5\ \mu C = -5 \cdot 10^{-6}\ C$

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

Distancia entre q_1 y q_2. $d_{1,2} = 5\ m$

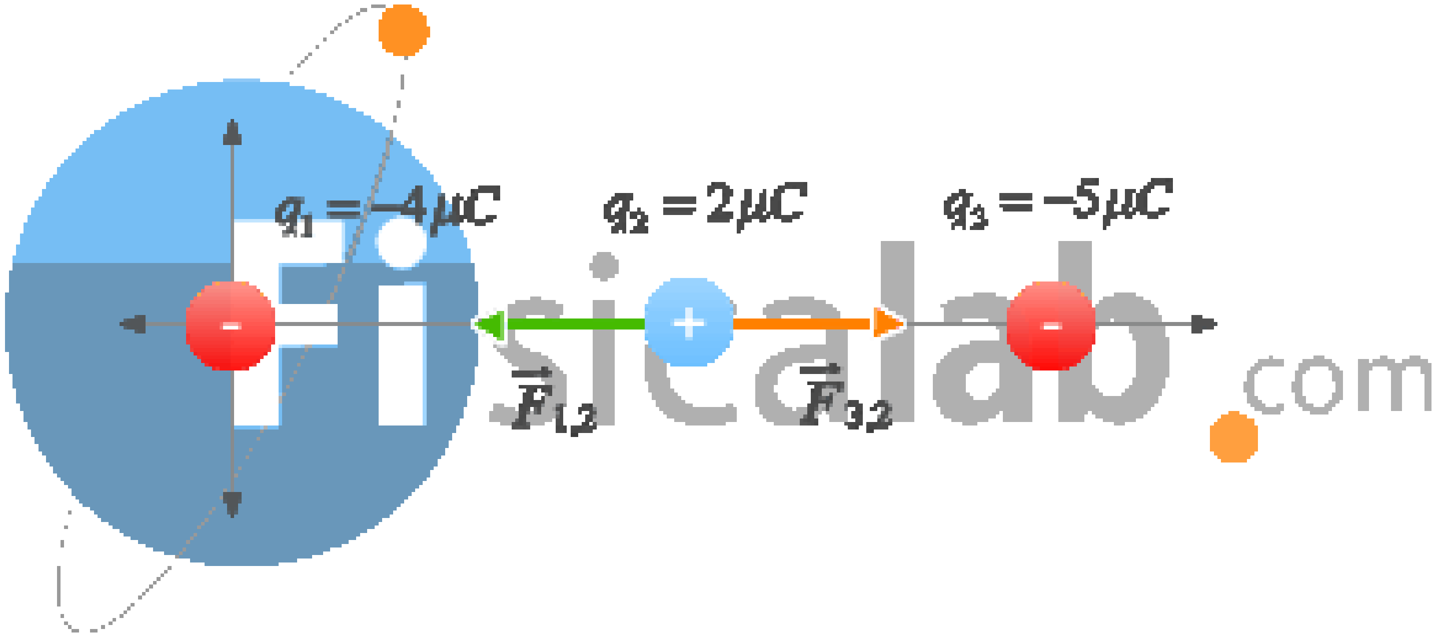
Distancia entre q_3 y q_2. $d_{3,2} = 9 - 5 = 4\ m$



Aplicando el principio de superposición de fuerzas eléctricas, la fuerza ($\vec{F}_2$) que actúa sobre q_2 será la suma vectorial de:

- la fuerza que ejerce q_1 sobre q_2 ($\vec{F}_{1,2}$). Como q_1 y q_2 tienen distinto signo, $\vec{F}$ 1,2 será atractiva.

- la fuerza que ejerce q_3 sobre q_2 ($\vec{F}$ 3,2). Como nuevamente q_3 y q_2 tienen distinto signo, $\vec{F}$ 3,2 será



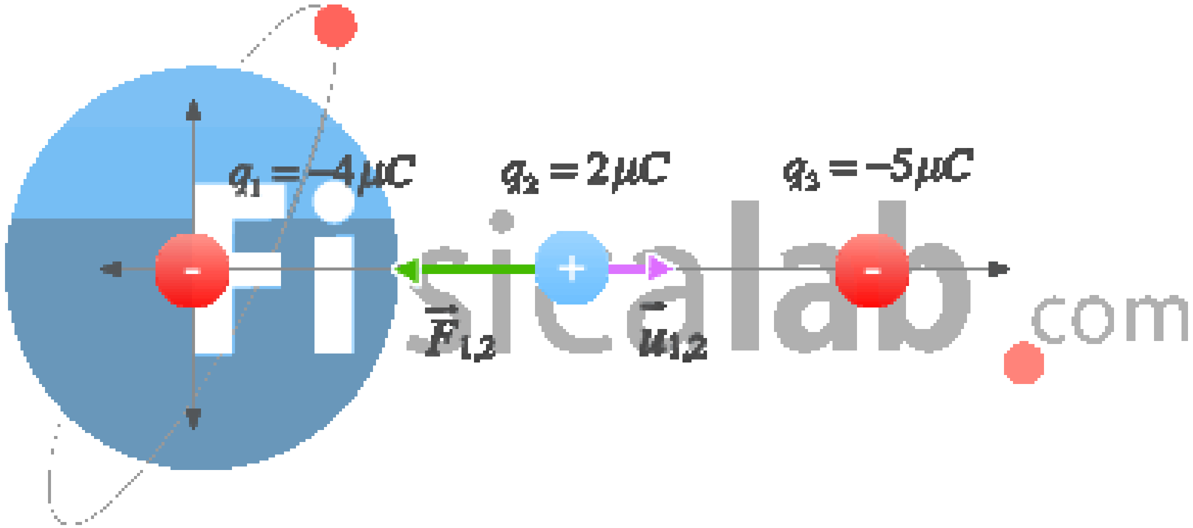
Por definición, $\vec{u}$1,2 es un vector unitario que tiene la misma dirección que la fuerza y el mismo sentido si q_1 y q_2 tienen el mismo signo y sentido opuesto si tienen signo distinto. En nuestro caso el signo es distinto, por lo que será un vector unitario que va en dirección y sentido del eje x.

Vamos a estudiar $\vec{F}$ 1,2 y $\vec{F}$ 3,2 por separado:

$$\vec{F}_{1,2} = K * \frac{q_1 * q_2}{{d_{1,2}}^2} * \vec{u}_{1,2}$$

Fuerza $\vec{F}$ 1,2

Aplicando la ley de Coulomb sobre las cargas q_1 y q_2 obtenemos que:



El vector $\vec{u}$ corresponde al vector unitario en x por tanto: $\vec{u} = \vec{i}$

$$\vec{F}_{1,2} = K * \frac{q_1 q_2}{{d_{1,2}}^2} * \vec{i}$$

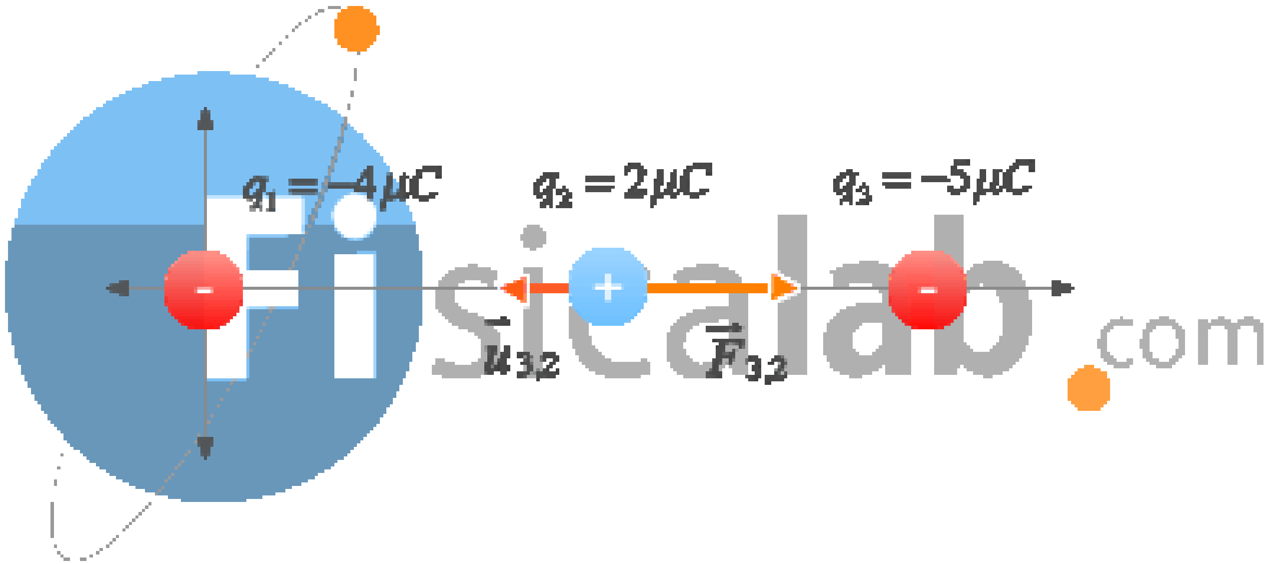
$$\vec{F}_{1,2} = 9 * 10^9 * \frac{-4 * 10^{-6} * 2 * 10^{-6}}{5^2} * \vec{i}$$

$$\boxed{\vec{F}_{1,2} = -2.88 * 10^{-3} * \vec{i} * N}$$

Fuerza $\vec{F}_{3,2}$

Al igual que con F1, vamos a utilizar la ley de Coulomb, pero esta vez para estudiar la fuerza que ejerce q_3 sobre q_2:

$$\vec{F}_{3,2} = K * \frac{q_3 * q_2}{r^2} * \vec{u}_{3,2}$$



En este caso $\vec{u}_{3,2}$ es precisamente el opuesto del vector $\vec{i}$, ya que "mira" en sentido opuesto al eje x. Por tanto:

$$\vec{F}_{3,2} = K * \frac{q_3 q_2}{{d_{2,3}}^2} * (-\vec{i})$$

$$\vec{F}_{3,2} = 9 * 10^9 * \frac{-5 * 10^{-6} * 2 * 10^{-6}}{4^2} * (-\vec{i})$$

$$\vec{F}_{3,2} = -5.62 * 10^{-3} * (-\vec{i})$$

$$\vec{F}_{3,2} = 5.62 * 10^{-3} * \vec{i}\ N$$

- Una vez que conocemos ambas fuerzas, podemos calcular la fuerza resultante que actúa sobre la carga q_2:

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{3,2}$$

$$\vec{F}_2 = -2.88 * 10^{-3} * \vec{i} + 5.62 * 10^{-3} * \vec{i}$$

$$\vec{F}_2 = 2,74 * 10^{-3} * \vec{i} * N$$

Distribuciones continuas de cargas

Densidad volumétrica de carga

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

$$F_q = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{r - r'}{|r - r'|^3} \rho(r') dv'$$

Densidad superficial de carga

$$\sigma = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta S}$$

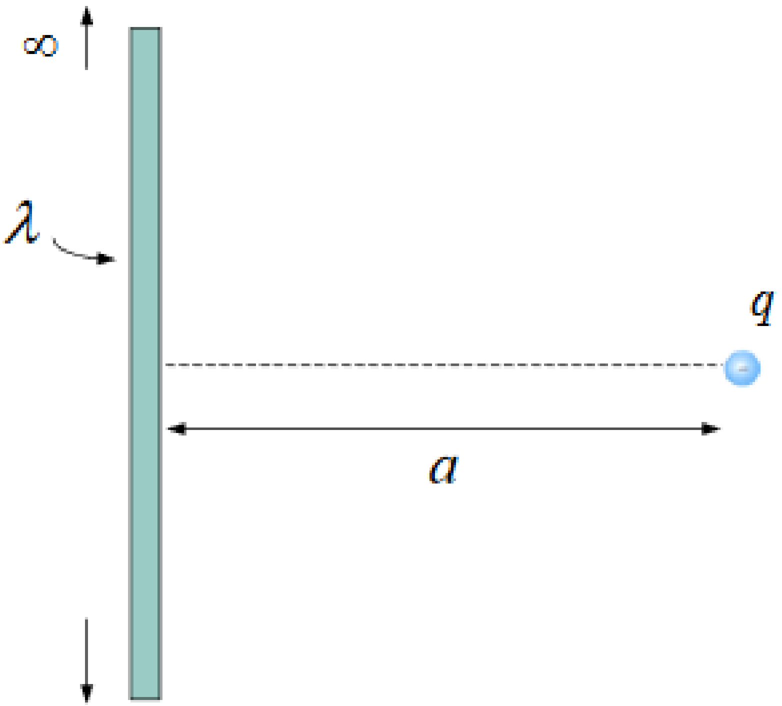
$$F_q = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int_s \frac{r - r'}{|r - r'|^3} \rho(r') da'$$

Densidad lineal de carga

$$\lambda = \lim_{\Delta L \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta L}$$

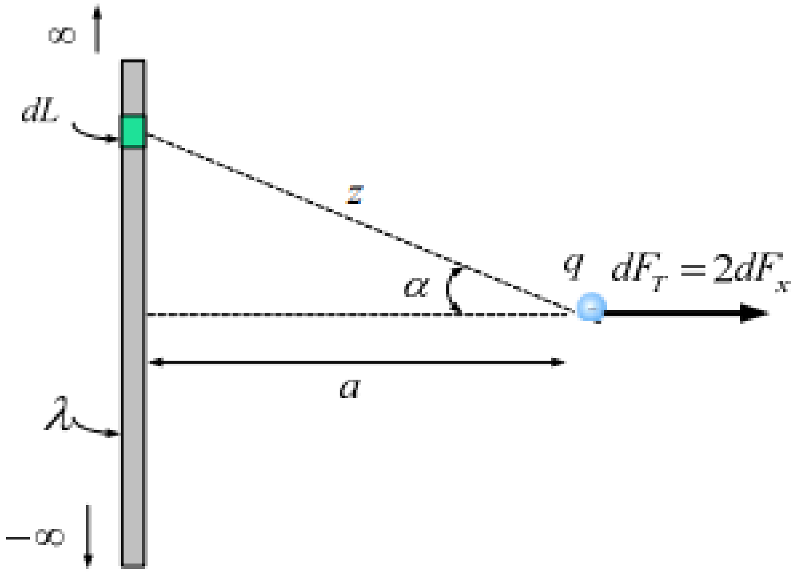
$$F_q = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int_L \frac{r - r'}{|r - r'|^3} \lambda(r') dL'$$

Ejemplo de integral de Coulomb



Ejemplo: Calcular la fuerza ejercida por una varilla de longitud n lineal constante λ infinita cargada con una distribución, sobre una carga puntual *q* situada en un punto P a una distancia *a*.

$$dq = \lambda dL \qquad dF = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{qdq}{z^2}\vec{z}$$



$$d\vec{F} = 2d\vec{F}_x = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{qdq}{z^2}\cos\alpha$$

$$\vec{F}_T = \int_L d\vec{F} = \int_{-\infty}^{\infty} 2d\vec{F}_x = \int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{qdq}{z^2}\cos\alpha$$

$$dq = \lambda dL$$

$$tg\alpha = \frac{L}{a} \Rightarrow L = a * tg\alpha \Rightarrow dL = \frac{a}{\cos^2\alpha} d\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{a}{z} \Rightarrow z = \frac{a}{\cos\alpha} \Rightarrow z^2 = \frac{a^2}{\cos^2\alpha}$$

$$\vec{F}_T = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{qdq}{z^2} \cos\alpha = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{q\lambda dL}{z^2} \cos\alpha = \frac{q\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dL}{z^2} \cos\alpha$$

$$\vec{F}_T = \frac{q\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{a}{\cos^2\alpha} d\alpha \frac{\cos^2\alpha}{a^2} \cos\alpha$$

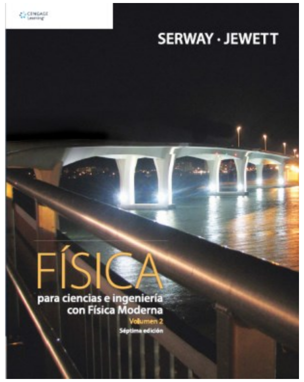
$$L \rightarrow \infty \Rightarrow \alpha \rightarrow \frac{\pi}{2} \qquad\qquad L \rightarrow -\infty \Rightarrow \alpha \rightarrow -\frac{\pi}{2}$$

$$\vec{F}_T = \frac{q\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\frac{a}{\cos^2\alpha}d\alpha\,\frac{\cos^2\alpha}{a^2}\cos\alpha = \frac{q\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\alpha\, d\alpha$$

$$\vec{F}_T = \frac{q\lambda}{2a\pi\varepsilon_0}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\alpha\, d\alpha = \frac{q\lambda}{2a\pi\varepsilon_0}\left(sen\frac{\pi}{2} - sen\left(\frac{-\pi}{2}\right)\right)$$

$$F_T = \frac{q\lambda}{2a\pi\varepsilon_0} * 2 = \frac{q\lambda}{a\pi\varepsilon_0}$$

$$F_T = \frac{q\lambda}{a\pi\varepsilon_0}$$



VII.- BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA

Edminister Joseph A., M.S.E (1992), Electromagnetismo, Ed. McGraw-Hill, España.

López Rodríguez, Victoriano (2003), Problemas resueltos de electromagnetismo, Editorial CERA, Madrid, España.

Reitz John R., Milford Frederick J., Christy Robert W. (1984), Fundamentos de la Teoría Electromagnética, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, México.

Romo K. Carlos. (2007), Ejercicios desarrollados de electricidad y magnetismo, Universidad Católica del Maule, Chile.

Serrano Domínguez, Víctor. (2001), Electricidad y magnetismo: estrategias para la resolución de problemas y aplicaciones, Editorial Pearson Educación, México.

Gracias.