



Electrostática

Es el área de la física que se encarga de estudiar fenómenos asociados a cargas eléctricas en reposo

Electromagnetismo



INTRODUCCIÓN

- Por los años 600 A.C. Thales descubrió que al frotar una barra de ámbar con una paño, esta adquiría la propiedad de atraer objetos livianos.
- En el año 1600 Gilbert introdujo el termino electricidad y descubrió que no solo el ámbar se electriza por frotamiento, sino también muchos otros materiales.
- Posteriormente se descubrió que los cuerpos cargados tenían la propiedad de atraerse o repelerse. Y fue en el año 1752 que Benjamín Franklin, quien les asigno el nombre de cargas positivas y negativas.

Carga Eléctrica (Q)

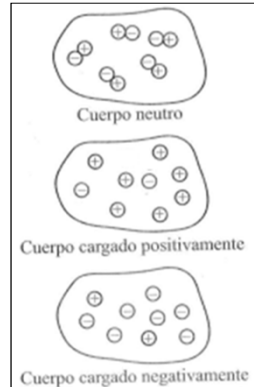
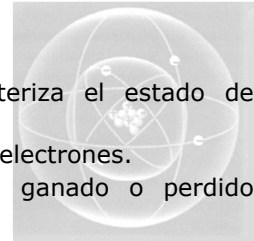
- Propiedad básica de la materia que caracteriza el estado de electrización de un cuerpo.
- La carga eléctrica mide el exceso o defecto de electrones.
- Cuando un objeto se carga es porque ha ganado o perdido electrones.

No cargado (descargado o neutro)	Igual cantidad de electrones y protones
Carga positiva	Le faltan electrones (defecto)
Carga negativa	Le sobran electrones (exceso)

Unidades de carga eléctrica en el S.I.

Coulomb (C)

Partícula	Carga (C)	Masa (Kg.)
Electrón	-1.60×10^{-19}	9.11×10^{-31}
Protón	$+1.60 \times 10^{-19}$	1.67×10^{-27}
Neutrón	0	1.67×10^{-27}

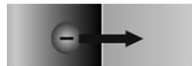
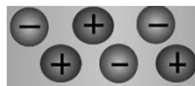


Procesos de electrización

Por fricción:



Por contacto:



Conexión a tierra

En muchas ocasiones se necesita que un cuerpo esté neutro eléctricamente. El procedimiento que se emplea es el que se conoce como conexión a tierra. Se trata de que el cuerpo, que se supone está cargado, se conecte a la tierra mediante un conductor.

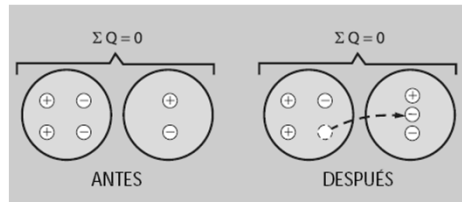
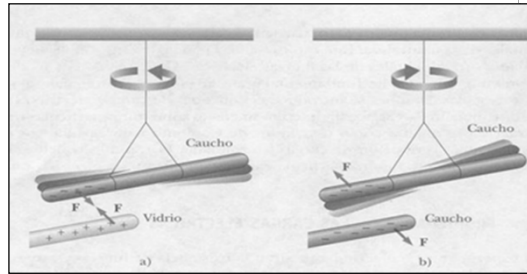
La tierra tiene la propiedad de atraer los electrones que están en exceso en un cuerpo cargado negativamente o de proveerle de electrones si está cargado positivamente.

Por inducción:



Algunas propiedades de un cuerpo cargado eléctricamente

- Las cargas opuestas se atraen y las iguales se repelen.
- a) Cargas opuestas
- b) Cargas iguales
- Alrededor de un cuerpo o partícula cargada eléctricamente se forma una zona que se llama campo eléctrico.
- La carga eléctrica siempre se conserva.



Descarga Eléctrica



Estos fenómenos son descargas eléctricas que se producen por saturación de cargas en las nubes, se dirigen a tierra y si nos fijáramos donde caen, veríamos puntas sobresalientes en alguna zona de campo o de ciudad.

Una descarga eléctrica dura hasta que el cuerpo desde donde se produce la descarga queda en equilibrio electrostático, es decir se neutraliza eléctricamente.

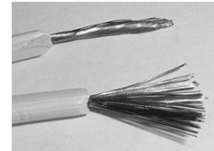


¿Dónde se acumula la carga eléctrica que adquiere un cuerpo?

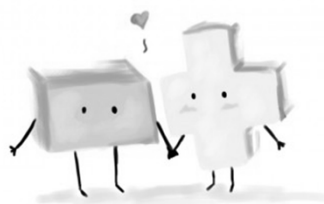
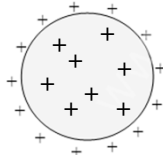
Más adelante mencionaremos que existen cuerpos malos conductores de la electricidad (aislantes) y otros que son buenos conductores (como los metales por ejemplo).

En un material mal conductor de la electricidad la carga que adquiere se distribuye uniformemente en todo el cuerpo.

En su superficie y en su interior



En un buen conductor la carga que adquiere se distribuye en toda su superficie, y el cómo se distribuye depende de la forma de la superficie del cuerpo.

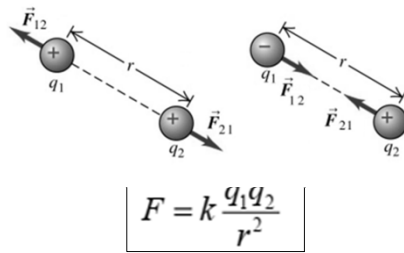


Ley de Coulomb

Electrostática

Ley de Coulomb

En 1785, Charles Coulomb (1736-1806) estableció la ley fundamental que establece la fuerza eléctrica de interacción entre dos partículas cargadas en reposo. En el caso de cargas puntuales (cuerpos con carga eléctrica que son muy pequeños en comparación con la distancia que los separa)



LEY DE COULOMB

"La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas con que interactúan dos cargas puntuales, es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa"

Experimentalmente encontró que la fuerza eléctrica tiene las siguientes propiedades:

- La fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la separación entre las dos partículas, y está dirigida a lo largo de la línea que las une.
- La fuerza es proporcional al producto de las cargas **q1** y **q2** de las partículas.
- La fuerza atrae las partículas si las cargas son de signo opuesto y las rechaza si las cargas tienen el mismo signo.

Expresión de la Ley de Coulomb

Ley fundamental de la fuerza eléctrica entre dos cargas cuya magnitud esta dada por:

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

Expresión escalar de la Ley de Coulomb

donde :

F_{21} = Magnitud de la fuerza en q_2 debido a q_1

q_1, q_2 = Carga 1 y carga 2

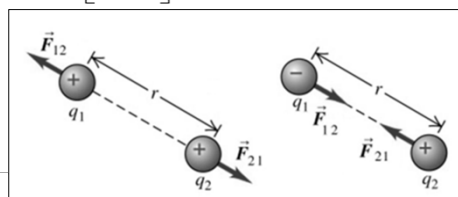
r = Distancia entre cargas

k = Constante de Coulomb

⇒

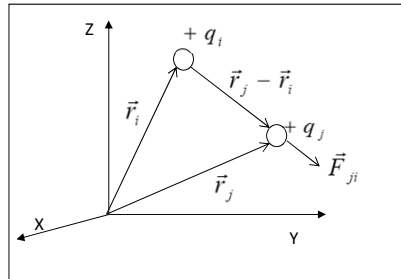
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \left[\frac{Nm^2}{C^2} \right]$$

Siendo $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Nm^2} \right]$ ⇨ Permitividad eléctrica en el vacío



Expresión de la Ley de Coulomb

a) Para dos cargas puntuales: Consideremos el siguiente grafico.



Donde:

\vec{F}_{ji} : Fuerza que ejerce q_i sobre q_j , o fuerza en q_j debido a q_i [N].

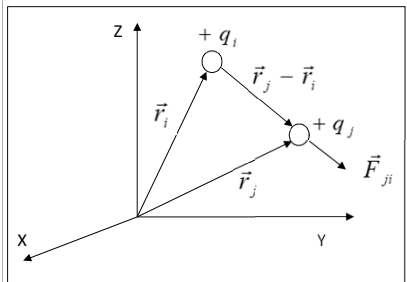
q_j : Carga objeto (carga que recibe la acción de q_i)

q_i : Carga fuente (carga que ejerce la acción de q_j)

$\vec{r}_j - \vec{r}_i$: Vector que indica sobre quien se realiza la fuerza [m].

\hat{r}_{ji} : Vector unitario en la dirección y sentido de $\vec{r}_j - \vec{r}_i$

Expresión de la Ley de Coulomb



La Ley de Coulomb se puede escribir vectorialmente como:

$$\vec{F}_{ji} = |\vec{F}_{ji}| \hat{r}_{ji}$$

$$\vec{F}_{ji} = k \frac{q_j q_i}{r_{ji}^2} \cdot \hat{r}_{ji}$$

Siendo:

$$\vec{r}_{ji} = \vec{r}_j - \vec{r}_i \quad \hat{r}_{ji} = \frac{\vec{r}_j - \vec{r}_i}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|}$$

Reemplazando:
$$\vec{F}_{ji} = k \frac{q_j q_i}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|^2} \cdot \frac{\vec{r}_j - \vec{r}_i}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|}$$

Finalmente:

$$\vec{F}_{ji} = k \frac{q_j q_i (\vec{r}_j - \vec{r}_i)}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|^3}$$

Expresión vectorial de la Ley de Coulomb

Expresión de la Ley de Coulomb

- b) Para "n" cargas puntuales: Como la Ley de Coulomb es para dos cargas puntuales, en el caso de tener mas de 2 cargas se utiliza el principio de superposición

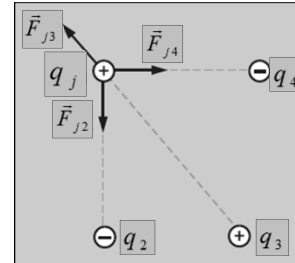
Principio de Superposición:

Permite determinar la fuerza eléctrica de mas una carga sobre otra carga puntual. Se debe determinar la fuerza que ejerce cada carga sobre q_j quedando:

$$\vec{F}_{ji} = k \frac{q_j q_i (\vec{r}_j - \vec{r}_i)}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|^3}$$

Siendo la fuerza total la suma de todas las fuerzas individuales que se ejercen sobre q_j .

$$\vec{F}_j = k q_j \sum_{i=1}^n \frac{q_i (\vec{r}_j - \vec{r}_i)}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|^3}$$

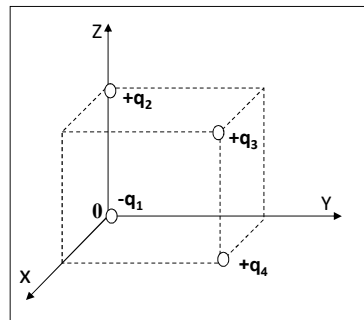


$$\vec{F}_j = \vec{F}_{j1} + \vec{F}_{j2} + \dots + \vec{F}_{jn}$$

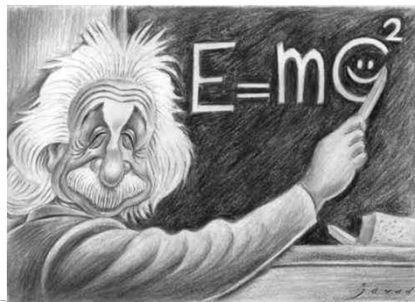
Ley de Coulomb, en forma vectorial para n cargas

Ejercicio

- Cuatro cargas puntuales $q_1 = -2q$, $q_2 = q_3 = q_4 = +q$ se ubican en los vértices de un cubo de lado 1(m). Determinar la fuerza resultante sobre q_3



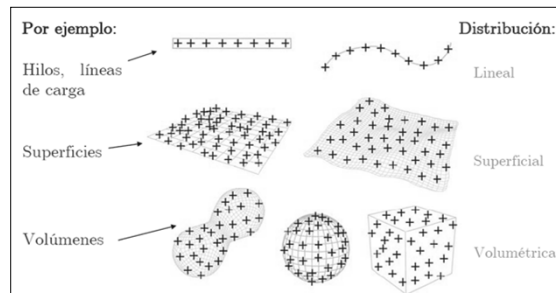
Ley de Coulomb para distribuciones de cargas continuas



Electrostática

Distribución continua de carga

Las cargas se encuentran tan próximas entre si que ya no se pueden estudiar de manera independiente sino como una línea, un área o un volumen.



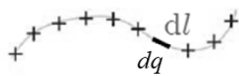
Densidad de carga

La densidad de carga eléctrica es una medida de la concentración de carga eléctrica en una región determinada.

Densidad de carga Lineal (λ)

Es la cantidad de carga eléctrica que hay contenida en una longitud. Ejemplo: un alambre muy delgado o varilla.

A lo largo de una línea:



$$\lambda = \frac{dq}{dL} \left[\frac{C}{m} \right]$$

Donde dq es la cantidad de carga en un pequeño elemento longitud

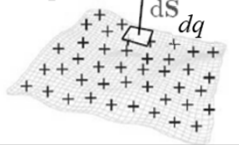
Si λ es contante: $\rightarrow \lambda = \frac{Q}{L} \Rightarrow Q = \lambda L$

Si λ no es constante: $\rightarrow \lambda = \frac{dq}{dL} \Rightarrow Q = \int_{\varrho} \lambda dL$

Densidad de carga Superficial (σ)

Es la cantidad de carga eléctrica que hay contenida en un área o superficie. Ejemplo: Lamina delgada.

Sobre una superficie:



$$\sigma = \frac{dq}{dS} \left[\frac{C}{m^2} \right]$$

Donde dq es la cantidad de carga en un pequeño elemento de superficie o área

Si σ es contante: $\rightarrow \sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow Q = \sigma S$

Si σ no es constante: $\rightarrow \sigma = \frac{dq}{dS} \Rightarrow Q = \iint_{\varrho} \sigma dS$

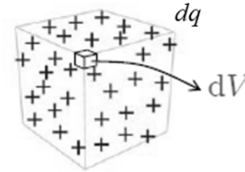
Densidad de carga Volumétrica (ρ)

Es la cantidad de carga eléctrica que hay contenida en un volumen.
Ejemplo: Cubo cargado.

$$\rho = \frac{dq}{dV} \left[\frac{C}{m^3} \right]$$



En un volumen:

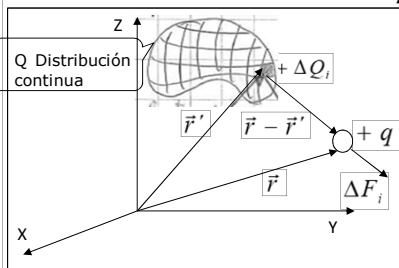


Donde dq es la cantidad de carga en un pequeño elemento de volumen.

Si ρ es constante: $\rightarrow \rho = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = \rho V$

Si ρ no es constante: $\rightarrow \rho = \frac{dq}{dV} \Rightarrow Q = \iiint_Q \rho dV$

Ley de Coulomb entre una carga continua y una discreta



Aplicando la Ley de Coulomb se tiene:

$$\Delta \vec{F}_i = k \frac{q \Delta Q_i (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

Donde:

\vec{r} : Vector posición de la carga objeto "q"

\vec{r}' : Vector posición de la carga fuente " ΔQ_i "

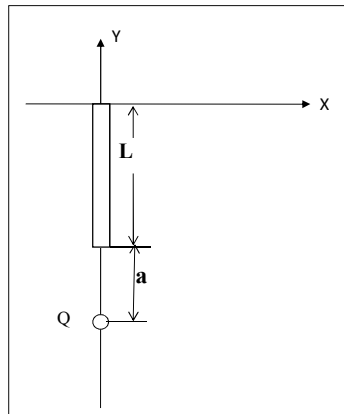
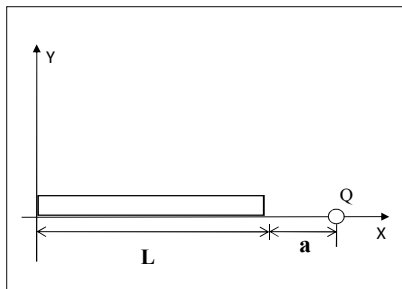
Aplicando el principio de superposición para cada ΔQ_i y además haciendo el limite de la expresión $\Delta Q_i \rightarrow 0$, nos queda:

R: Región que contiene carga eléctrica. Puede ser:
-Volumen
-Longitud
-Superficie

$$\vec{F}_q = kq \int_R \frac{dq(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \left\{ \begin{array}{l} dq = \lambda dL \\ dq = \sigma dS \\ dq = \rho dV \end{array} \right.$$

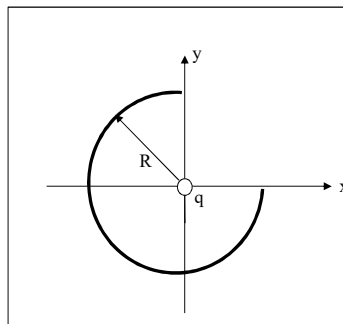
Ejercicio

- De las figuras mostradas, determinar la fuerza en la carga Q debida a la distribución lineal de carga, (con $\lambda = \text{cte.}$).



Ejercicio

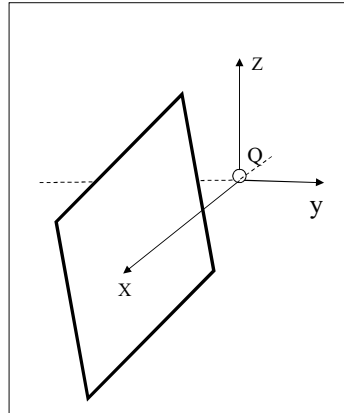
- Calcular la fuerza eléctrica que ejerce un trozo de aro con distribución de carga uniforme λ sobre la carga " q " ubicada en el origen del sistema de coordenadas, tal como se muestra en la figura.



Ejercicio

De la figura mostrada, calcular la fuerza que se ejerce sobre la carga Q debido al plano cargado con distribución superficial, ubicado en $y=-4[m]$ entre $-2 \leq x \leq 2$, $-2 \leq z \leq 2$ [m], considere:

$$\sigma = 10^{-9}(x^2 + z^2 + 16)^{3/2} [C/m^2]$$



Ejercicio

- Calcule la fuerza que ejerce la distribución superficial de carga de la figura de radio $R=0,3$ [m] y densidad de carga $\sigma=A/r$ sobre una carga puntual $q=50[\mu C]$ ubicada en el eje del círculo y a una distancia $h=0,4$ [m] de su centro cuando $A=60[\mu C/m]$

