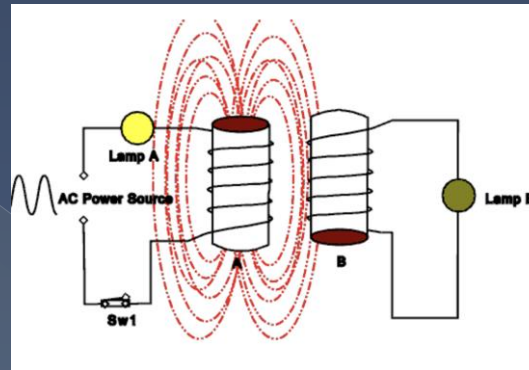


- CAMPO ELÉCTROSTATICO Y FUERZAS ELECTROSTATICAS
- <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/electrostatica/html/contenido.html>
- <http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3229/html/index.html>
- <https://www.fisicalab.com>

La **electricidad** es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas.

Se manifiesta en fenómenos: rayos, la electricidad estática, la inducción electromagnética o el flujo

Aplicaciones: transporte, climatización, iluminación y computación

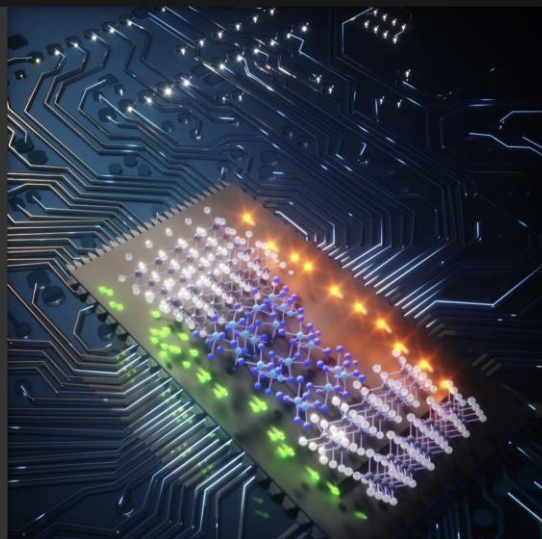


PRESENTE

CIENCIA

Consiguen un superconductor 'imposible' que podría abrir la puerta a los ordenadores más rápidos del mundo

Cuando los superconductores se descubrieron en 1911 se dijo que sería imposible que solo llevaran la corriente en una dirección. Pero solo lo era con los materiales equivocados. Ahora que se ha logrado, se abren nuevas posibilidades con los superordenadores.



El Maglev japonés, el tren bala más rápido del mundo

11 de Abril, 2018



Trenes y Transporte

ELECTRICIDAD

Conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas.

Es una forma de energía tan versátil que tiene un sinnúmero de aplicaciones, por ejemplo: transporte, climatización, iluminación y computación.

La electricidad se manifiesta mediante varios fenómenos y propiedades físicas:

Carga Eléctrica

Una propiedad de algunas partículas subatómicas, que determina su interacción electromagnética.

Potencial Eléctrico

Capacidad que tiene un campo eléctrico de realizar trabajo. Se mide en voltios.

Corriente Eléctrica

Un flujo o desplazamiento de partículas cargadas eléctricamente por un material conductor.

Magnetismo

La corriente eléctrica produce campos magnéticos, y los campos magnéticos variables en el tiempo generan corriente eléctrica.

Campo Eléctrico

Un tipo de campo electromagnético producido por una carga eléctrica, incluso cuando no se está moviendo.

Movimiento, mediante motores que transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

La electricidad se usa para generar:

Luz, mediante lámparas.

Calor, aprovechando el efecto Joule.

Señales, mediante sistemas electrónicos, compuestos de circuitos eléctricos que incluyen componentes activos y componentes pasivos.

ELECTROSTÁTICA

Es la parte de la física que estudia las cargas eléctricas en reposo

Ley de Coulomb

En 1784, Coulomb realizó sus primeras mediciones de la fuerza entre cargas eléctricas

Distribución de carga en diversas configuraciones

Propiedades eléctricas de los materiales:

- Conductores
- No conductores
- Semiconductores
- Superconductores

Campo eléctrico

Se representan mediante las líneas de flujo eléctrico, estas salen de las cargas positivas y entran en las cargas negativas

Ley de Gauss

Gauss enuncia que:
El número de líneas de flujo que cruzan normalmente una superficie cerrada es numéricamente igual a la carga contenida dentro de la misma

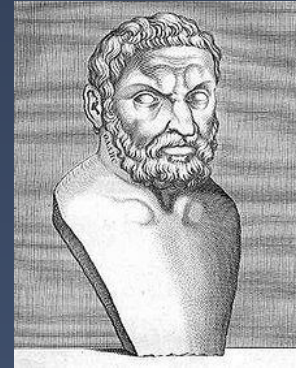
Potencial eléctrico y diferencia de potencial

El trabajo desarrollado para lograr una configuración o distribución de cargas se almacena en el sistema en forma de energía potencial

- <http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/historia.htm>

- **INTRODUCCIÓN HISTÓRICA**

- Antigua Grecia



- **Tales de Mileto (Filosofo y matemático**

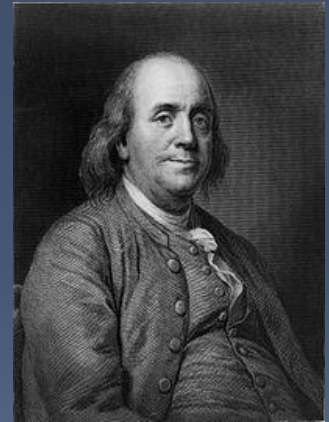
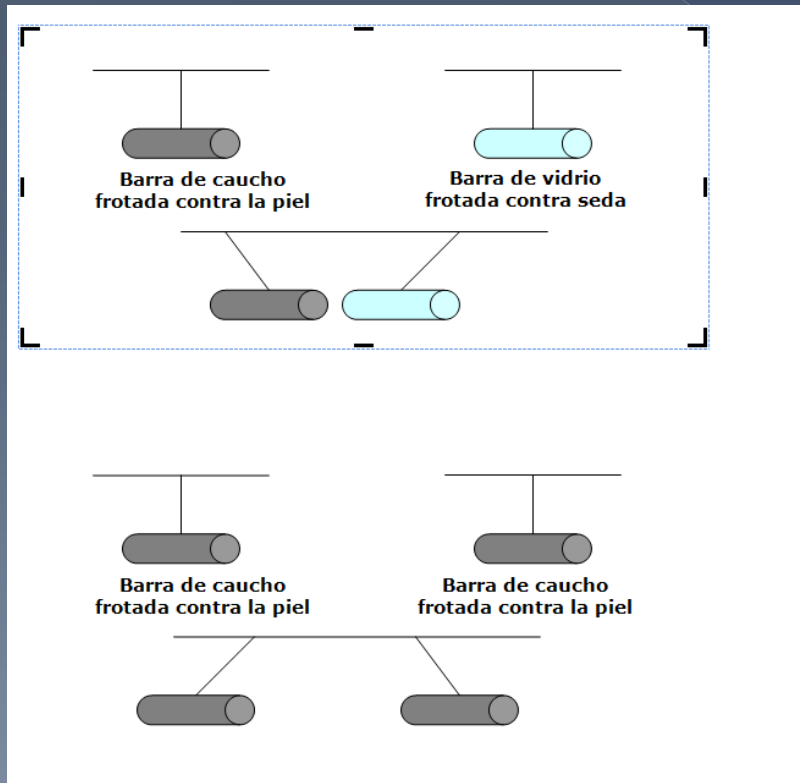
630 - 545 a. C.) fundador de la escuela jónica, considerado como uno de los siete sabios de Grecia.

- Desde el punto de vista de la electricidad,

1. fue el primero en descubrir que si se frota un trozo de ámbar este atrae objetos más livianos,
2. la electricidad residía en el objeto frotado.

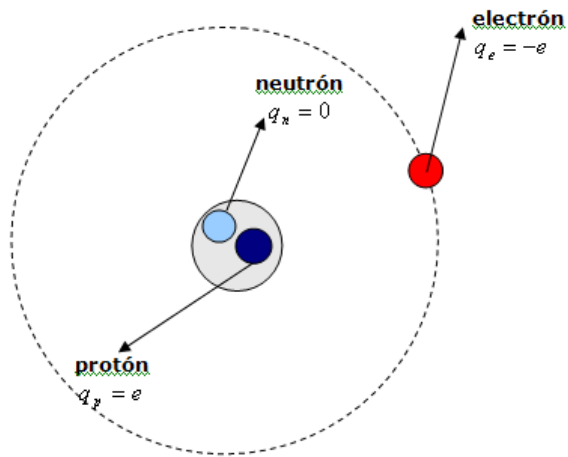
- **Electricidad** proviene de la palabra *elektron*, que en griego significa ámbar, la empezó a emplear hacia el año 1600 d. C., el físico y médico inglés William Gilbert, cuando encontró esta propiedad en otros muchos cuerpos.

- **Benjamín Frankly:** político, impresor, editor y físico, investigo los fenómenos eléctricos e invento el pararrayos.
- Teoría: La electricidad es un fluido único existente en toda materia, dividiéndose está en sustancias eléctricamente positivas y eléctricamente negativas, de acuerdo con el exceso o defecto de ese fluido.
- Las tormentas son fenómenos de tipo eléctrico y demostró que los rayos son descargas eléctricas de tipo electrostático.



• Conclusión:

- Hay dos tipos de carga (por convenio: positiva y negativa)
- Las cargas iguales se repelen y las cargas de signo contrario se atraen



	Masa	Carga
Electrón	$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Protón	$m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutrón	$m_n = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$q_n = 0 \text{ C}$

UNIDAD DE CARGA ELÉCTRICA (SI):

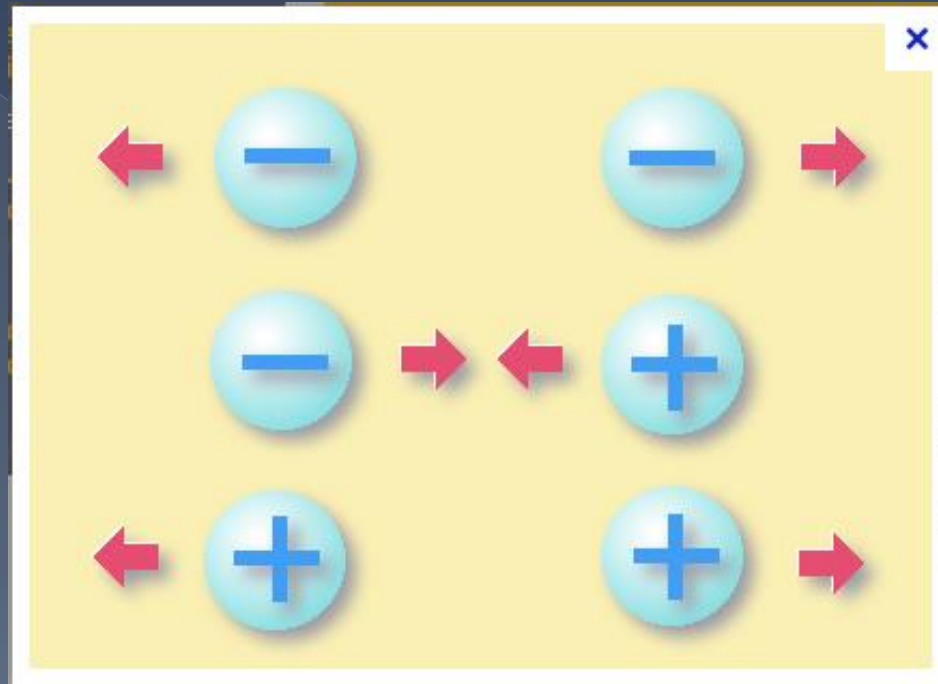
Culombio (C)

• CARGAS ELÉCTRICAS

• PROPIEDADES DE LA CARGA ELÉCTRICA

- Principio de Cuantificación de la Carga Eléctrica
- *Todas las cargas se presentan en cantidades enteras de la unidad fundamental de carga*
- *Principio de Conservación de la Carga*
- *La carga neta de un sistema aislado siempre se conserva*

CARGAS ELECTRICAS



- *La interacción entre cargas depende del signo de las mismas:*
- *Cargas del mismo signo se repelen mientras que cargas de signo opuesto se atraen*

CAMPOS Y FUERZAS ELECTROSTÁTICAS



- **Campo electrostático:** perturbación en el espacio debida a la presencia de una carga eléctrica en reposo.
- Las cargas eléctricas inmóviles alteran su entorno, se produce un campo electroestático.
- *¿Cómo se aprecia la alteración de una carga eléctrica? Mediante la fuerza que ejerce sobre otra carga situada en su entorno.*

- Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)



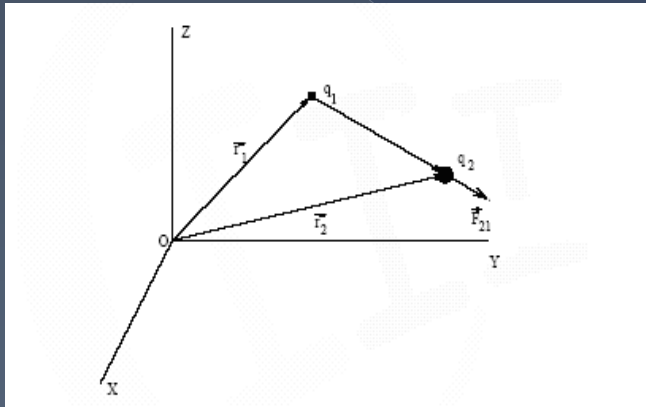
En 1777 inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre sí dos cargas eléctricas, y estableció la función que liga esta fuerza con la distancia. Con este invento, culminado en 1785, Coulomb pudo establecer el principio, que rige la interacción entre las cargas eléctricas, actualmente conocido como ley de Coulomb

Fue el primer científico en establecer las leyes cuantitativas de la electrostática, además de realizar muchas investigaciones sobre: magnetismo, fricción y electricidad. Sus investigaciones científicas están recogidas en siete memorias, en las que expone teóricamente los fundamentos del magnetismo y de la electrostática.

Descubrió y propuso el modelo matemático de la ley de atracción entre cargas eléctricas

La unidad de carga eléctrica lleva el nombre de culombio

LEY DE COULOMB



$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

- La fuerza de origen electrostático que dos cargas experimentan es:
- Proporcional al producto de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.
- Está dirigida según la recta que une a las dos cargas.
- Es atractiva si las cargas son de signos opuestos, y repulsiva si son de signos iguales

- *Constante de Coulomb:*

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

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

- Permitividad eléctrica del vacío:

$$[\vec{F}_{21}] = M \frac{L}{T^2}$$

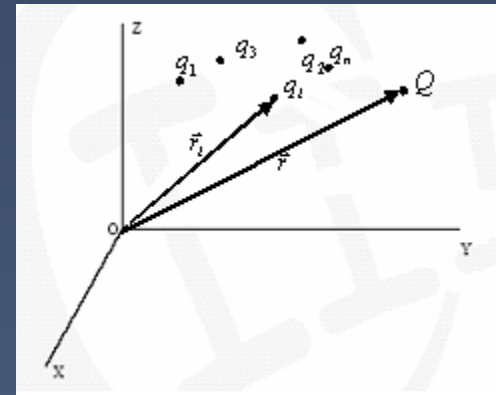
- Dimensión:

- Fuerza de origen electrostático: **acción a distancia**

• LEY DE ACCIÓN Y REACCIÓN:

$$\left. \begin{aligned} \vec{F}_{21} &= k \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \\ \vec{F}_{12} &= k \frac{q_2 q_1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

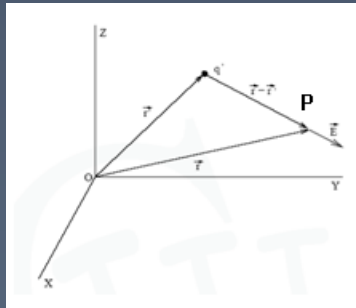
PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN:



$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q \cdot q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} (\vec{r} - \vec{r}_i)$$

CAMPO ELECTROSTÁTICO

Si situamos una carga (q testigo) en P:



$$\vec{E} = k \frac{q'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} (\vec{r} - \vec{r}')$$

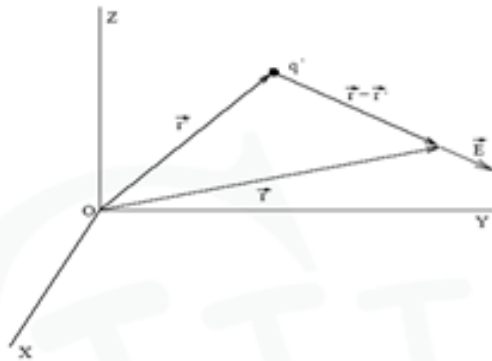
Características:

- Campo Vectorial (módulo, dirección y sentido).
- Unidades (SI): N/C .
- Dimensión: $[\vec{E}] = M \frac{L}{AT}$

$$\left. \begin{aligned} \vec{F}_{elect} &= k \frac{q' q_0}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} (\vec{r} - \vec{r}') \\ \vec{E} &= k \frac{q'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} (\vec{r} - \vec{r}') \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{F}_{elect} = q_0 \vec{E}$$

CÁLCULO DEL CAMPO ELECTROSTÁTICO MEDIANTE LA LEY DE COULOMB

DEFINICIÓN DE CAMPO A PARTIR DE LA LEY DE COULOMB

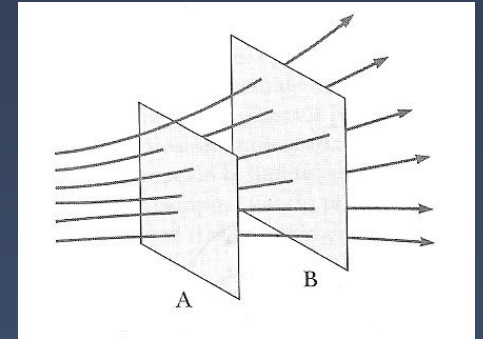


$$\vec{E} = k \frac{q'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} (\vec{r} - \vec{r}')$$

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} (\vec{r} - \vec{r}_i)$$

LÍNEAS DE CAMPO ELECTROSTATICO



Líneas tangentes al vector campo en cada punto

Propiedades:

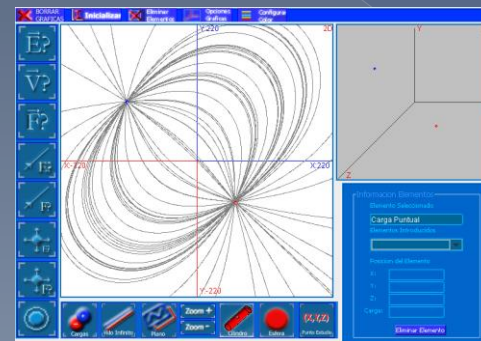
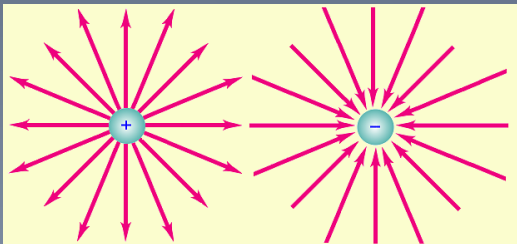
El número de líneas por unidad de superficie a dichas líneas es proporcional al módulo del campo en esa región del espacio.

Las líneas de campo salen de las cargas positivas (fuentes) y entran en las cargas negativas (sumideros).

Las líneas de campo no se pueden cortar. Líneas abiertas

Salen de las cargas positivas y entran en las negativas. Cualquier carga q' que se dejase libre en el interior de un campo electrostático se movería, teniendo como trayectoria una línea de fuerza.

Marcan la dirección de máximo crecimiento de la intensidad de campo electrostático.



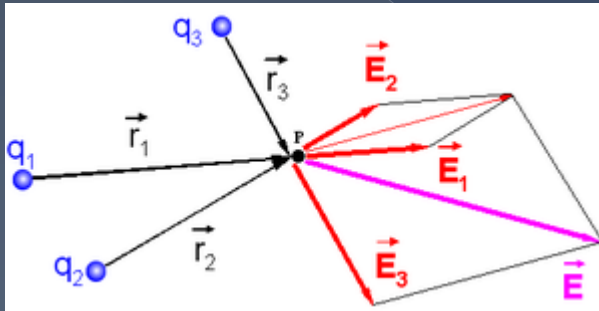
• COMPARACIÓN CAMPO GRAVITATORIO Y ELECTROSTÁTICO

<i>Característica</i>	Interacción electrostática	Interacción gravitatoria
Propiedad relacionada	Carga	Masa
Partículas a la que afecta	Partículas cargadas	Todas las partículas
Carácter de la fuerza	Atractiva si la carga es la misma Repulsiva si la carga es de signo contrario	Siempre atractiva
Dirección de la fuerza	La de la línea que une ambas cargas	La de la línea que une ambas masas
Dependencia	Directa del producto de las cargas e inversa al cuadrado de la distancia	Directa del producto de las masas e inversa al cuadrado de la distancia
Expresión matemática	$\vec{F} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r$	$\vec{F} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r$
Valor de la constante en el vacío	$K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
Dependencia del medio	Depende de la permitividad ϵ del mismo	Es una constante universal

De esta información puedes observar que, cuando los valores de masa y carga de un objeto son comparables, la interacción gravitatoria del mismo es siempre mucho menor que su interacción electrostática correspondiente.

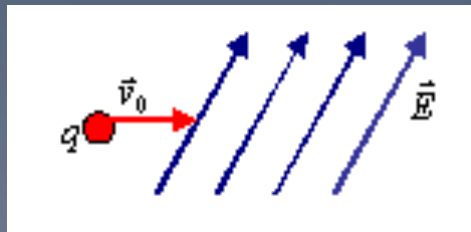
CAMPO ELECTROSTÁTICO

○ PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN



$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} (\vec{r} - \vec{r}_i)$$

○ MOVIMIENTO DE PARTÍCULAS CARGADAS EN EL SENO DE UN CAMPO electrostático



Primera Ley de newton:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ q\vec{E} &= m\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \end{aligned}$$

- El movimiento depende de:
 - > La aceleración (campo electrostático)
 - > Las condiciones iniciales del movimiento

MOVIMIENTO DE PARTÍCULAS CARGADAS EN EL SENO DE UN CAMPO electrostático

CAMPO electrostático UNIFORME \Rightarrow aceleración constante.

Condiciones iniciales

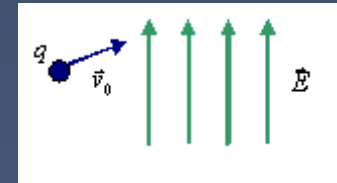
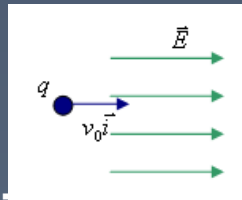
Velocidad inicial paralela al campo

velocidad:

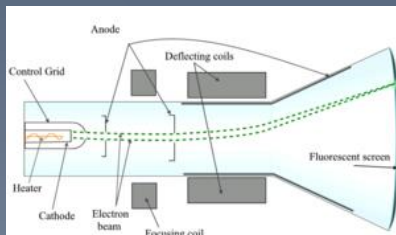
Movimiento rectilíneo uniforme

Cualquier otra

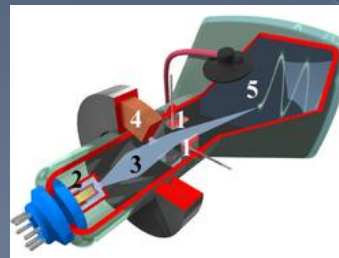
Movimiento parabólico



Aplicación: Tubo de rayos catódicos



Tubo de rayos catódicos

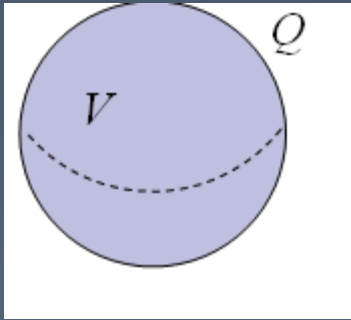


Esquema osciloscopi



DISTRIBUCIONES CONTÍNUAS DE CARGA

◎ DENSIDAD VOLÚMICA DE CARGA

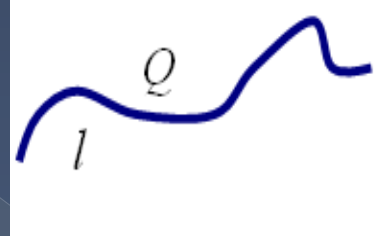


$$\rho = \frac{Q}{V}$$

$$\text{Unidades: } \frac{C}{m^3}$$

$$\text{Dimensiones: } [\rho] = \frac{AT}{L^3}$$

◎ DENSIDAD LINEAL DE CARGA

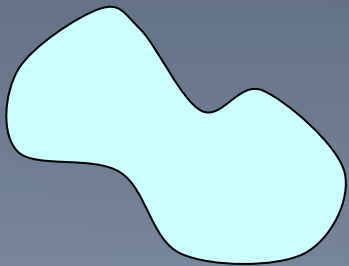


$$\lambda = \frac{Q}{l}$$

$$\text{Unidades: } \frac{C}{m}$$

$$\text{Dimensiones: } [\lambda] = \frac{AT}{L}$$

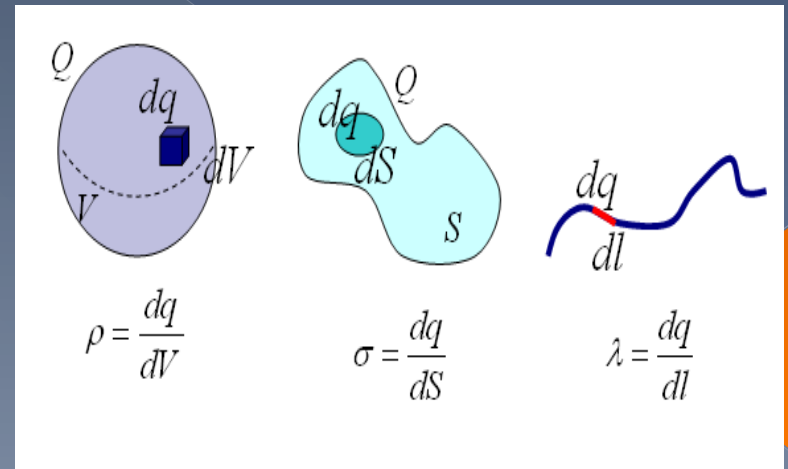
◎ DENSIDAD SUPERFICIAL DE CARGA



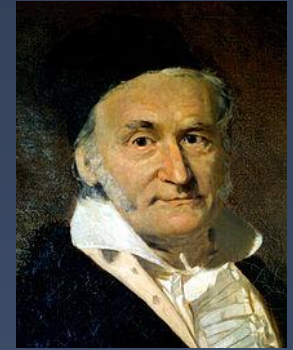
$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$\text{Unidades: } \frac{C}{m^2}$$

$$\text{Dimensiones: } [\sigma] = \frac{AT}{L^2}$$

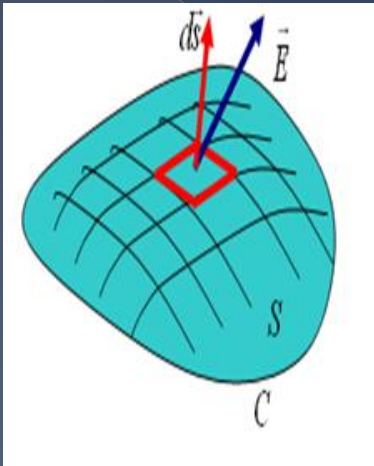


Carl Friedrich Gauss



- Príncipe de las matemáticas y el matemático más grande desde la antigüedad 1777- 1855, Göttingen, ha tenido una influencia notable en muchos campos de la matemática y de la ciencia, y es considerado uno de los matemáticos que más influencia ha tenido en la Historia.
- matemático, astrónomo y físico
- Contribuciones a: teoría de números, el análisis matemático, la geometría diferencial, la geodesia, el magnetismo y la óptica.

• Teorema de Gauss



$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

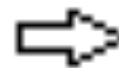
$$\text{Unidades: } \frac{Nm^2}{C} = Wb$$

$$\text{Dimensiones: } [\Phi_E] = \frac{ML^3}{AT^3}$$

- Teorema de Gauss: el flujo del campo electrostático a través de una superficie cerrada es igual al cociente entre la carga que hay en el interior de dicha superficie dividido entre la permitividad del vacío.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

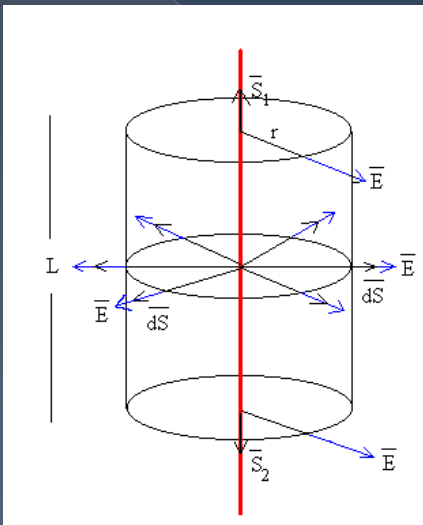
$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0} = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{E} \, dV = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} \, dV$$



$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\Phi = \int_{\text{Sup. lateral}} E dS \cos 0^\circ = E \int_{\text{Sup. lateral}} dS = E S = E 2\pi R l$$

CAMPO ELECTROSTÁTICO DE HILO CARGADO. TEOREMA DE GAUSS



1.-A partir de la simetría de la distribución de carga, determinar la dirección del campo electrostático.

La dirección del campo es radial y perpendicular a la línea cargada

2.-Elegir una superficie cerrada apropiada para calcular el flujo

Superficie cerrada: **un cilindro de radio r y longitud L .**

Flujo a través de las bases del cilindro: el campo E y el vector superficie S_1 o S_2 forman 90° , luego el flujo es cero.

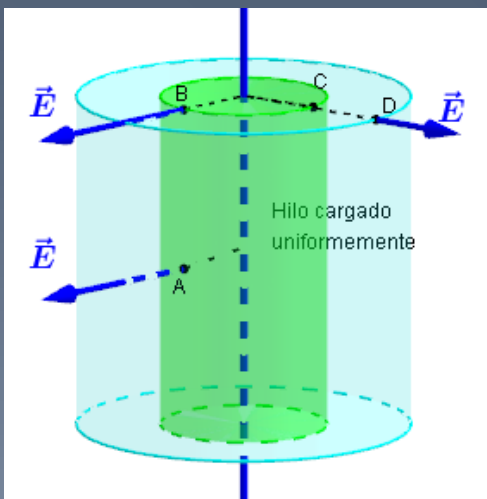
Flujo a través de la superficie lateral del cilindro: el campo E es paralelo al vector superficie dS . El campo electrostático E es constante en todos los puntos de la superficie lateral,

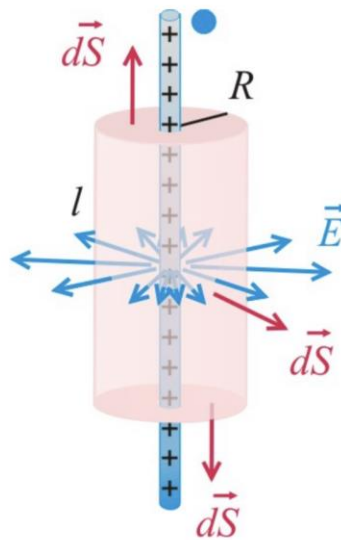
El flujo total es

3. **Determinar la carga que hay en el interior de la superficie cerrada**

La carga que hay en el interior de la superficie cerrada vale $q = l L$, donde l es la carga por unidad de longitud.

4.-Aplicar el teorema de Gauss y despejar el módulo del campo electrostático





Las líneas de campo salen radialmente del hilo
(suponiendo λ positivo).

La superficie gaussiana es un cilindro de radio
 R y longitud l .

$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \int_{\text{Sup. lateral}} \vec{E} d\vec{S} + \int_{\text{Base1}} \vec{E} d\vec{S} + \int_{\text{Base2}} \vec{E} d\vec{S}$$

$$\Phi = \int_{\text{Sup. lateral}} E dS \cos 0^\circ = E \int_{\text{Sup. lateral}} dS = E S = E 2\pi R l$$

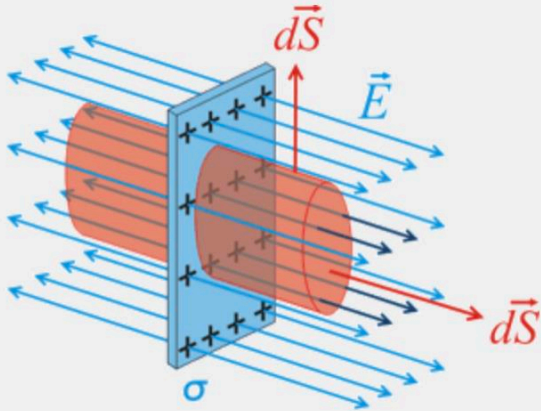
$$\Phi = E 2\pi R l = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (\text{ley de Gauss})$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 2\pi R l};$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi R \epsilon_0}$$

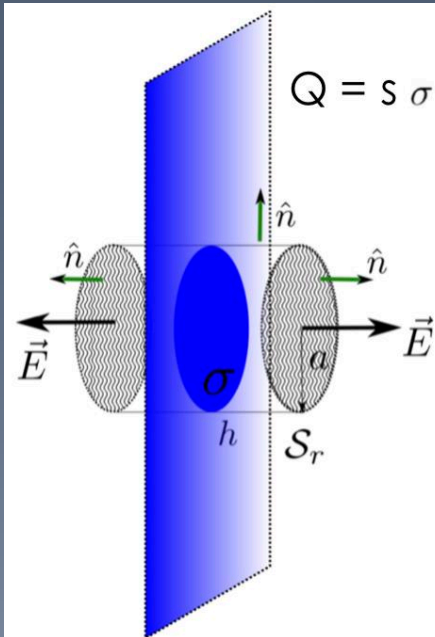
$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi R \epsilon_0} \vec{u}_r$$

- CAMPO ELECTROSTÁTICO CREADO POR UNA SUPERFICIE**



$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \int_{Sup. lateral} \cancel{\vec{E} d\vec{S}} + \int_{Base1} \vec{E} d\vec{S} + \int_{Base2} \vec{E} d\vec{S}$$

$$\Phi = 2 \int_{Base1} \vec{E} d\vec{S} = 2 E \int_{Base1} dS = 2 E S$$



$$\Phi = 2 E S = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 S};$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$