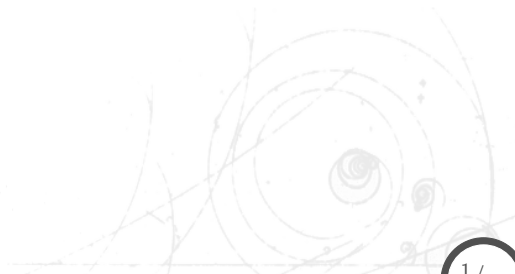


Contenido

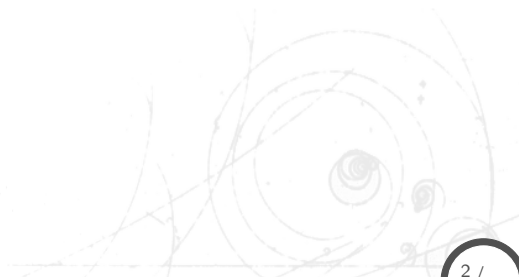
2. Electricidad y magnetismo



Contenido: Tema 02

2. Electricidad y magnetismo

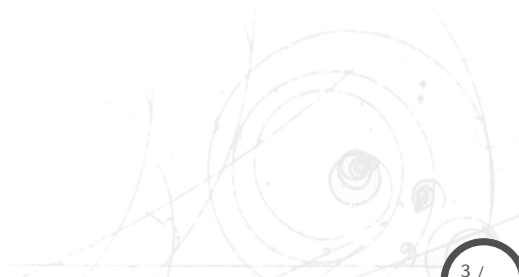
2.1 Ley de Coulomb, campo eléctrico



Contenido: Tema 02

2. Electricidad y magnetismo

2.1 Ley de Coulomb, campo eléctrico

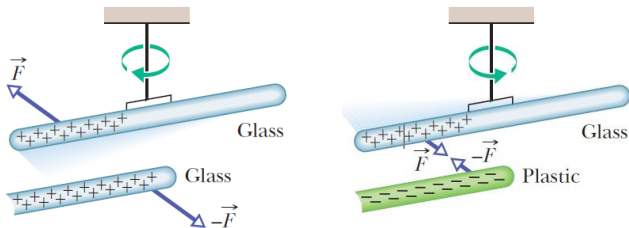


Ley de Coulomb

Carga eléctrica

La **carga eléctrica** es una propiedad intrínseca de las partículas elementales que forman toda la materia que nos rodea.

- Existen solo **dos tipos** de carga eléctrica: **positiva** y **negativa**.
- Si las cargas en un objeto están balanceadas, se dice que es **eléctricamente neutro**, y por el contrario se dice que existe un **exceso de carga**.
- Partículas con cargas eléctricas del mismo signo se **repelen**, y de signo contrario se **atraen**.



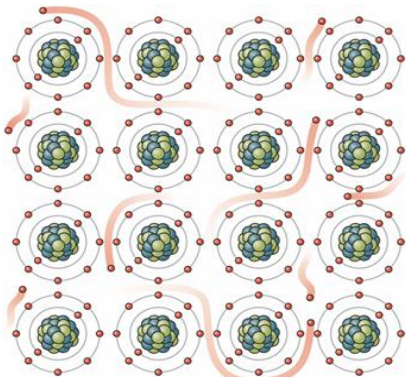
Ley de Coulomb

Conductores y aislantes

Conductores Materiales a través del cual la carga se mueve (casi!) **libremente**.

Aislantes Materiales que **no** permiten el paso de la carga.

Semiconductores Son materiales con propiedades de conducción **intermedia** entre conductores y aislantes.



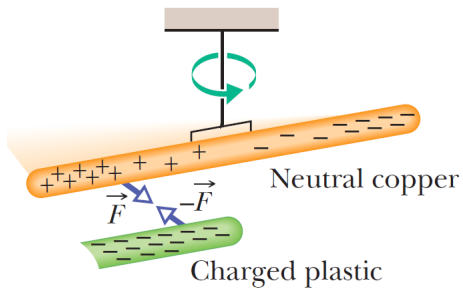
Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Los átomos que forman los materiales son eléctricamente **neutros**, ya que contienen la misma cantidad de carga **negativa** (electrones) que **positiva** (protones).

Cuando los átomos se juntan para formar un sistema **sólido**, los átomos pierden sus electrones más externos, los cuales se conocen como electrones de **conducción**.

Ley de Coulomb

Conductores y aislantes



Un ejemplo de la **movilidad** de las cargas en un material conductor esta dado por la interacción con un objeto cargado.

Cuando se acerca una barra cargada **negativamente** a una barra de cobre **neutra**, ésta presentará una **carga inducida**.

Lo anterior significa que parte de las cargas positivas y negativas del cobre se han separado, por efecto de la interacción con la barra cargada.

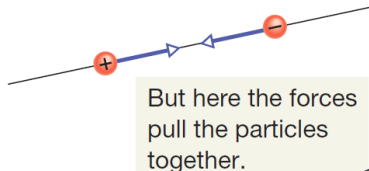
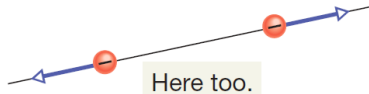
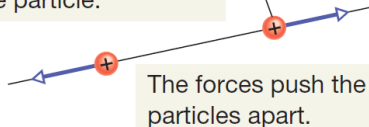
Ley de Coulomb

Ley de Coulomb

Cuando dos partículas cargadas se acercan una a la otra, ejercen una **fuerza electrostática** entre ellas.

- Partículas con el **mismo signo** de carga se **repelen**, siendo el vector de fuerzas dirigido **alejándose** de las partículas.
- Partículas con el **signo contrario** de carga se **atraen**, con el vector de fuerzas dirigido **hacia** ellas.
- Las unidades de la carga en el SI son el **coulomb**.

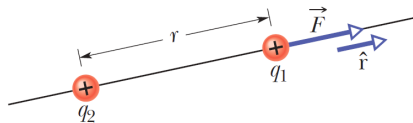
Always draw the force vector with the tail on the particle.



Ley de Coulomb

Ley de Coulomb

La ecuación de la fuerza electrostática actuando entre dos partículas cargadas es la **ley de Coulomb**, obtenida en 1785 por Charles-Augustin de Coulomb.



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

donde r es la separación entre las partículas y k la **constante electrostática**,

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2,$$

con ϵ_0 la **constante de permitividad**,

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2.$$

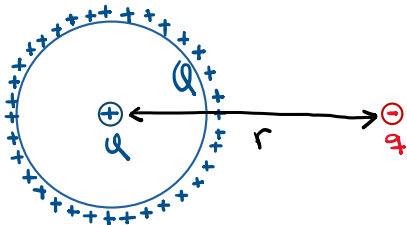
Para el caso en que se tienen n partículas cargadas en la cercanía de una partícula cargada, digamos 1, la fuerza neta en esta partícula será,

$$\mathbf{F}_{1,\text{net}} = \mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{13} + \mathbf{F}_{14} + \cdots + \mathbf{F}_{1n}.$$

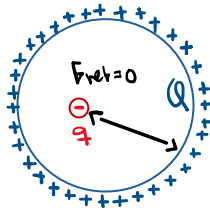
Ley de Coulomb

Ley de Coulomb

Teorema 1



Teorema 2



Teorema 1: Una partícula cargada **fuera** de un caparazón con carga uniformemente distribuída en su superficie será atraída o repelida, como si toda la carga de la esfera se **concentrara** en su **centro**.

Teorema 2: Una partícula cargada **dentro** de un caparazón con carga uniformemente distribuída en su superficie **no** tendrá una **fuerza neta** actuando en ella debido al caparazón.

Ley de Coulomb

Cuantización y conservación de la carga

Cualquier carga positiva o negativa q que pueda ser detectada, se escribe como,

$$q = ne \quad \forall \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots,$$

es decir, esta **cuantizada**, donde $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C es la **carga elemental**.

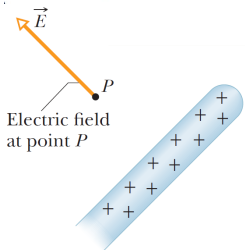
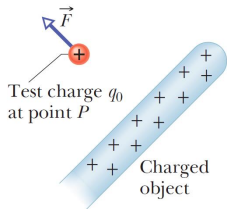
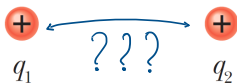
Otra propiedad de la carga es que esta no se crea ni se destruye, simplemente se transfiere de un cuerpo a otro, es decir, se **conserva**.

En particular, el protón y el electrón poseen una carga con magnitud de e cada uno, mientras que el neutrón no tiene carga eléctrica.

Particle	Symbol	Charge
Electron	e or e^-	$-e$
Proton	p	$+e$
Neutron	n	0

Campos eléctricos

Campo eléctrico



La manera en que la partícula 2 interactúa con la partícula 1, a pesar de que no se tocan, es mediante un **campo eléctrico** generado por la part. 2 en el espacio que la rodea.

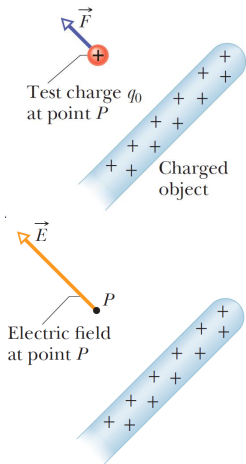
El campo eléctrico es un **campo vectorial**, y consiste de una distribución de vectores de campo eléctrico \mathbf{E} en un punto determinado cerca del objeto cargado que lo genera.

El campo eléctrico se puede conocer en un punto dado, al colocar una **carga de prueba** q_0 en ese punto, y medir la fuerza electrostática \mathbf{F} en ella:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}.$$

Campos eléctricos

Campo eléctrico



De la expresión del campo eléctrico,

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0},$$

se observa:

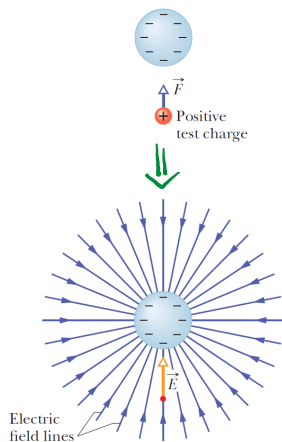
- La **dirección** de \mathbf{E} es la misma que la determinada para \mathbf{F} .
- La **magnitud** del campo en un punto específico donde se localiza la carga de prueba es F/q_0 .
- Sus **unidades** en el SI son newton entre coulomb: N/C
- El campo eléctrico **existe** independientemente de la carga de prueba.

Campos eléctricos

Líneas de campo eléctrico

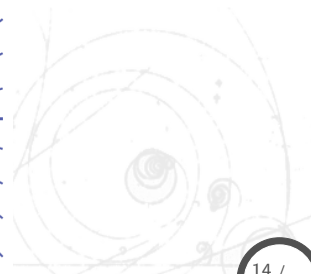
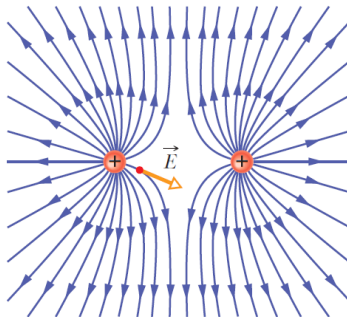
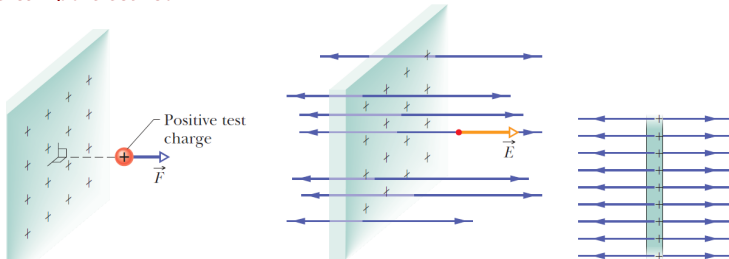
Michael Faraday introdujo la idea de las **líneas de campo eléctrico**, las cuales se encuentran en el espacio que rodea un objeto o una partícula cargada. Las reglas para dibujar las líneas de campo son las siguientes:

- En cualquier punto dado, el vector de campo eléctrico debe ser **tangente** a las líneas de campo a través de ese punto, y en la misma dirección.
- En un plano perpendicular a las líneas de campo, la **densidad relativa** de líneas representa la **magnitud relativa** del campo en esa zona.
- Las líneas de campo se extienden hacia **afuera** para cargas **positivas**, y hacia **adentro** para cargas **negativas**.



Campos eléctricos

Líneas de campo eléctrico



Campos eléctricos

Campo eléctrico generado por una carga puntual

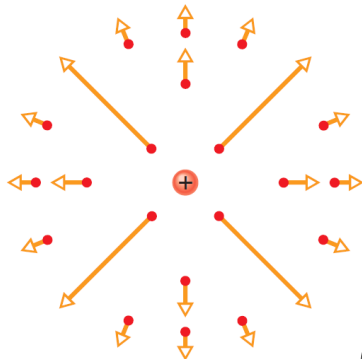
Para determinar el campo eléctrico de una **carga puntual** q , basta con colocar una carga positiva de prueba q_0 en la vecindad de la carga de interés, a una distancia r , obteniendo la fuerza:

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}}.$$

Con ello se obtiene el **campo eléctrico**, en la ubicación de la carga de prueba, como:

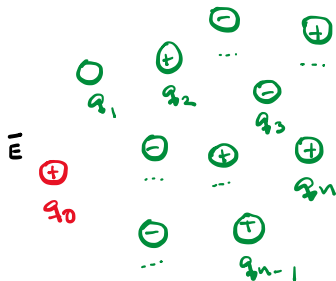
$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}},$$

apuntando el campo hacia **afuera** si q es **positiva**, y hacia **adentro** si es **negativa**.



Campos eléctricos

Campo eléctrico generado por una carga puntual



Para obtener el campo eléctrico debido a muchas cargas puntuales en una carga de prueba (positiva) q_0 en un punto determinado, se calcula la **fuerza neta** en dicha carga \mathbf{F}_0 :

$$\mathbf{F}_0 = \mathbf{F}_{01} + \mathbf{F}_{02} + \dots + \mathbf{F}_{0n},$$

siendo \mathbf{F}_{0n} la fuerza en q_0 debido a la carga q_n .

Con ello, se obtiene el campo eléctrico \mathbf{E} como:

$$\begin{aligned}\mathbf{E} &= \frac{\mathbf{F}_0}{q_0} = \frac{\mathbf{F}_{01}}{q_0} + \frac{\mathbf{F}_{02}}{q_0} + \dots + \frac{\mathbf{F}_{0n}}{q_0}, \\ &= \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \dots + \mathbf{E}_n,\end{aligned}$$

siendo \mathbf{E}_n el campo eléctrico debido a la partícula n .

Campos eléctricos

Carga puntual en presencia de un campo eléctrico

Los efectos de un campo eléctrico en una carga puntual q , independiente de las cargas que generaron el campo, se puede calcular como,

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E},$$

en donde q es la carga de la partícula (incluyendo su signo) y \mathbf{E} es el campo eléctrico, generado por otras cargas, en el punto donde se encuentra q .

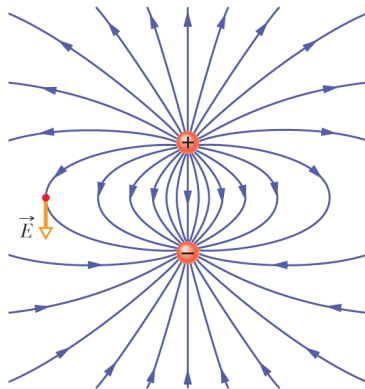
- El campo \mathbf{E} se le conoce como el **campo externo**.
- La **fuerza electrostática** \mathbf{F} actúa en la partícula con carga q , la cual se encuentra en un campo **externo** \mathbf{E} .
- \mathbf{F} tiene la **misma** dirección que \mathbf{E} si la carga de q es **positiva**, y dirección **opuesta** si es **negativa**.

Campos eléctricos

Campo eléctrico generado por un dipolo eléctrico

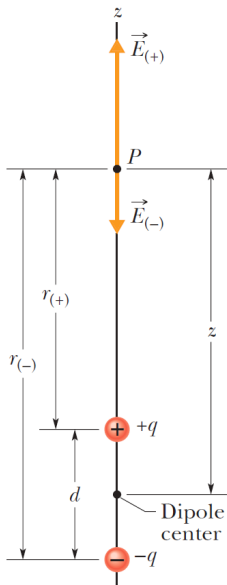
Un **dipolo eléctrico** se forma de dos partículas que poseen la misma carga q , pero de signo contrario.

- Las partículas están separadas por una distancia d **fija**.
- Se encuentran a lo largo del **eje del dipolo**, el cual es un eje de simetría del sistema.
- La **dirección** del campo eléctrico resultante en un punto determinado será **tangente** a las líneas de campo eléctrico.



Campos eléctricos

Campo eléctrico generado por un dipolo eléctrico



Calculando el **campo eléctrico \mathbf{E}** neto en un punto P en el eje del dipolo, a una distancia z del centro del dipolo, con una separación d :

$$\begin{aligned} E &= E_{(+)} - E_{(-)}, \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_{(+)}^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_{(-)}^2}, \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z - 1/2d)^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z + 1/2d)^2}, \\ &= \frac{q}{2\pi\epsilon_0 z^3} \frac{d}{(1 - (d/2z)^2)^2}, \end{aligned}$$

considerando distancias z **muy grandes**, en comparación con la separación del dipolo d :

$$E \approx \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3} \quad \forall \quad z \gg d.$$

Campos eléctricos

Campo eléctrico generado por un dipolo eléctrico

De la expresión obtenida para el campo eléctrico generado por el dipolo,

$$E \approx \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3},$$

el producto qd relaciona las cantidades características del dipolo: la **carga** q y la **distancia** d , lo cual representa la magnitud del **momento dipolar eléctrico** p .

- La **dirección** de p se toma del extremo negativo al positivo del dipolo.
- El campo eléctrico del dipolo varía como $1/r^3$ para cualquier punto **distante**, independientemente de si esta o no en el eje del dipolo.
- El campo eléctrico del dipolo **decrece** más rápido en función de la distancia, en comparación con el campo generado por una carga puntual.

