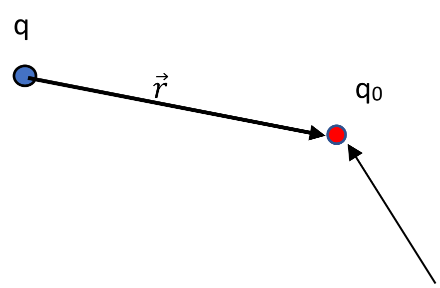
CLASE 3.1.

Campo Eléctrico.

El campo eléctrico es la perturbación del medio por la presencia de carga eléctrica. Si queremos medir esa perturbación del medio por la presencia de una carga q, tendremos que introducir otra carga llamada de prueba q_0 positiva.

Al introducir la carga de prueba en un punto alrededor de la carga q, donde queremos medir el campo eléctrico, en un punto a una distancia r de q, se produce una fuerza eléctrica entre las dos cargas.



Matemáticamente se define el campo eléctrico producido por una carga en reposo como:

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \to 0} \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad (3)$$

Donde $\vec{F}$ es la fuerza entre las dos cargas. Su unidad de medida en el SI es $\frac{N}{C}$

La carga de prueba q_0 que se introduce tiene que ser infinitésima (para que no altere el campo producido por la carga q), por ello, tiene que tender a cero.

Desarrollando la fórmula (3) tenemos

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \to 0} \frac{k\frac{q q_0}{(r)^2}\vec{U}_r}{q_0}$$

$$\boldsymbol{\vec{E} = k\frac{q}{r^2}\vec{U}_r}$$

Que es una fórmula que nos sirve para calcular el campo eléctrico generado por una carga puntual q, a una distancia r.

Como se puede notar el campo tiene el mismo sentido de la fuerza electrostática.

Caracterización del campo eléctrico.

El campo eléctrico se representa gráficamente, mediante las llamadas líneas de fuerza; estas líneas de fuerza tienen la dirección de la fuerza eléctrica y el sentido depende del signo de la carga. Así

Si la carga es positiva, el sentido de las líneas de fuerza es saliendo en forma radial de la carga; en cambio se la carga es negativa, el sentido es ingresando en forma radial a la carga

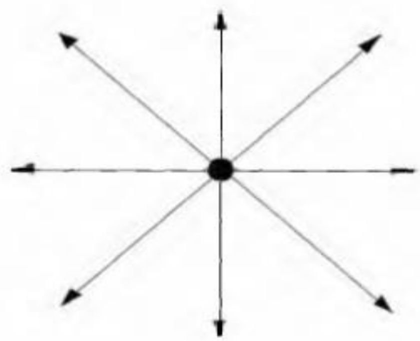


Fig. 2.5 Las líneas de fuerza producidas por una carga positiva se alejan de dicha carga radialmente.

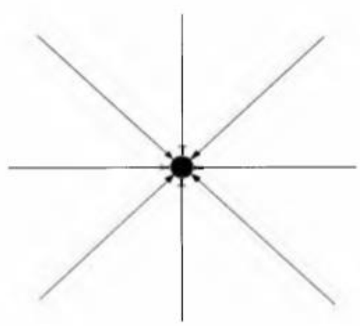


Fig. 2.6 Las líneas de fuerza producidas por una carga negativa se dirigen radialmente hacia dicha carga.

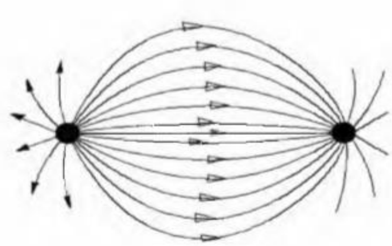


Fig. 2.7 Las líneas de fuerza producidas por un par de cargas de diferente signo se dirigen de la carga positiva hacia la negativa.

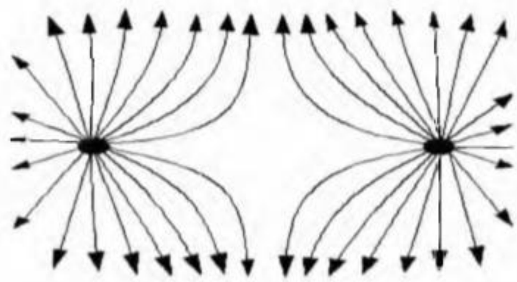


Fig. 2.8 Las líneas de fuerza producidas por un par de cargas de igual signo (cargas positivas).

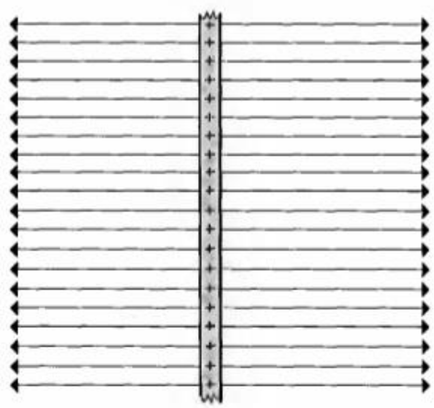


Fig. 2.9 Las líneas de fuerza producidas por una lámina cargada de dimensiones infinitas.

Las líneas de fuerza cumplen las siguientes condiciones:

a) La tangente a una línea de fuerza en un punto cualquiera muestra la dirección de la intensidad del campo eléctrico en ese punto (Fig 2.3).

Fig 2.3 La tangente en un punto a una línea de fuerza viene a ser la dirección del campo eléctrico en ese punto.

b) Las líneas de fuerza se dibujan de manera que el número de ellas por unidad de área de sección transversal sea proporcional a la magnitud de la intensidad del campo eléctrico (Fig 2.4).

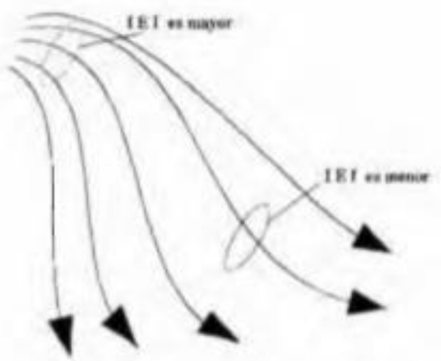


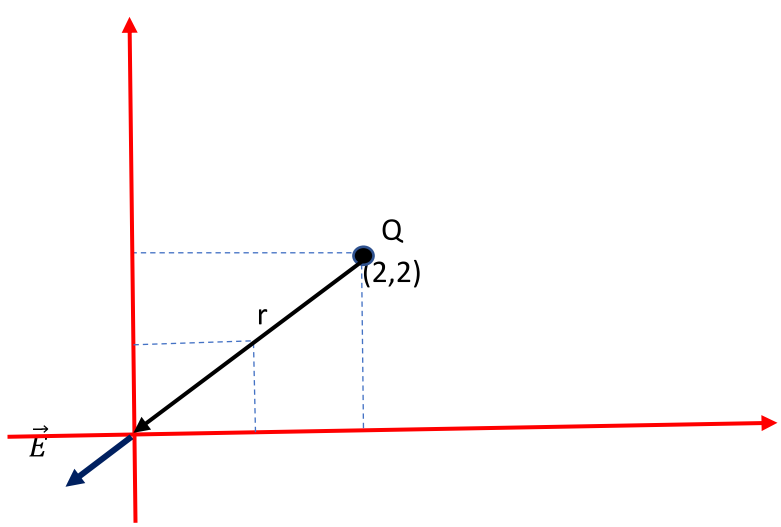
Fig 2.4 La densidad de líneas de fuerza es proporcional a la magnitud del campo eléctrico.

c.) Las líneas de fuerza nunca se cruzan, puesto que si se cruzarían, significaría que en ese punto existirían dos direcciones del campo eléctrico, lo cual es absurdo.

NOTA: Para el caso del campo eléctrico también se cumple el principio de superposición; es decir, si existen n cargas puntuales, el campo eléctrico total en un punto dado es igual a la suma de los campos producidos por cada carga en dicho punto.

Ejemplos

1. Calcular el campo eléctrico en el origen de coordenadas, producido por una carga puntual de Q = 10 C ubicada en el punto (2, 2) m.

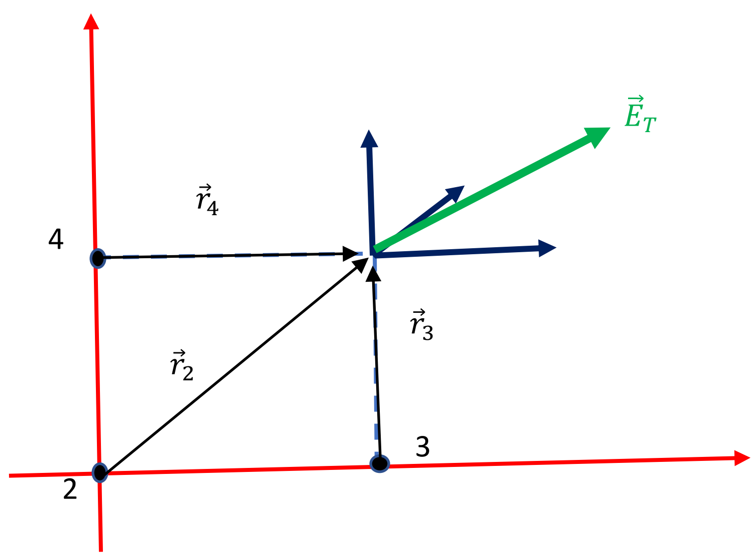


$$\vec{E} = k\frac{Q}{(r)^3}\vec{r}\ ;\quad \vec{r} = (-2\vec{\imath} - 2\vec{\jmath})\ \rightarrow\rightarrow\quad r = \sqrt{(-2)^2 + (-2)^2} = \sqrt{8} = 2.83\ m$$
$$\vec{E} = 9x10^9\frac{10}{(2.83)^3}(-2\vec{\imath} - 2\vec{\jmath}) = -0.79x10^{10}\vec{\imath} - 0.79x10^{10}\vec{\jmath}$$

Si queremos la intensidad del campo eléctrico calculamos la magnitud o módulo de su vector, así:

$$E = \left|\vec{E}\right| = \sqrt{(-0.79x10^{10})^2 + (-0.79x10^{10})^2} = 1.12x10^{10}\ \frac{N}{C}$$

2. Se disponen de cargas de 2 C, ubicada en el origen de coordenadas, de 3 C ubicada en el punto (2, 0) m, y de 4 C ubicada en el punto (0,2) m. Calcular la intensidad de campo eléctrico en el punto P (2,2) m.



$$\vec{E}_T = \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = k\left[\frac{2}{(r_2)^3}\vec{r}_2 + \frac{3}{(r_3)^3}\vec{r}_3 + \frac{4}{(r_4)^3}\vec{r}_4\right]$$

$\vec{r}_2 = 2\vec{\imath} + 2\vec{\jmath} \quad\rightarrow\quad r_2 = \sqrt{8}$ =2.83 m
$\vec{r}_3 = 0\vec{\imath} + 2\vec{\jmath} \quad\rightarrow\quad r_3 = \sqrt{4} = 2\ m$
$\vec{r}_4 = 2\vec{\imath} + 0\vec{\jmath} \quad\rightarrow\quad r_4 = \sqrt{4} = 2\ m$

$$\vec{E}_T = 9x10^9\left[\frac{2}{(2.83)^3}(2\vec{\imath} + 2\vec{\jmath}) + \frac{3}{(2)^3}(0\vec{\imath} + 2\vec{\jmath}) + \frac{4}{(2)^3}(2\vec{\imath} + 0\vec{\jmath})\right]$$
$$\vec{E}_T = 10.62x10^9\vec{\imath} + 8.34x10^9\vec{\jmath}\ \left(\frac{N}{C}\right)$$

Pero como pide calcular la intensidad del campo electrostático, obtenemos la magnitud o módulo del vector campo electrostático.

$$E_T = \sqrt{(10.62x10^9)^2 + (8.34x10^9)^2} = 13.5 \left(\frac{N}{C}\right)$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

1. En los vértices de un triángulo equilátero de lado 0.5 m se coloca cargas de -3 C. Calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto centro de gravedad del triángulo.
2. En los vértices superiores de un cubo de lado a, se colocan cargas de $4x10^{-3}$ C, mientras que en los vértices inferiores se colocan cargas de $-4x10^{-3}$C. Calcular el campo electrostático en el centro del cubo.

CLASE 3.2.

Campo eléctrico de distribuciones continuas de carga.

Cuando tenemos un cuerpo cargado, cuyas dimensiones, no son de partículas, es posible subdividir el cuerpo en una serie de elementos diferenciales de carga dq, y de esta manera poder aplicar la definición de campo electrostático que producirá un campo infinitesimal $d\vec{F}$ y en virtud del principio de superposición sumamos mediante el concepto de integral. El proceso en general es complejo, pero puede simplificarse notablemente en casos de simetría de los sistemas. En los siguientes casos damos ejemplos de ello.

Ejemplos

1. Calcular el campo eléctrico producido por un alambre infinito cargado uniformemente con densidad lineal de carga λ en un punto P a una distancia a del alambre (En Carpeta: Docum.Física/Prob.Fís3).
2. Calcular el campo eléctrico en un punto P a una distancia a de un plano infinito cargado con densidad superficial σ (En carpeta: Docum.Física/Prob.Fís4).
3. Calcular el campo eléctrico de un anillo circular de radio a cargado con densidad lineal uniforme λ en un punto P ubicado a una distancia b del centro del anillo y sobre el eje del mismo.

Clase de ejercicios

Objetivo. Caracterizar el campo eléctrico mediante la correcta resolución de ejercicios.

1. Tres cargas puntuales se encuentran en los puntos: Q_1 = 5 nC en (0,0,1)m, Q_2 = 6 nC en (0,3,0)m, y Q_3 = -3 nC en (1,0,0)m. Calcule el vector campo electrostático en el origen.
2. Un protón se acelera desde el reposo en el seno de un campo eléctrico uniforme de 640 N/C. En un momento determinado, su velocidad es de 1.20x 10^6m/s (velocidad no relativista). (a) Calcule la aceleración del protón, (b) ¿Cuánto tiempo a tardado el protón en alcanzar dicha velocidad? (c) ¿Qué distancia a recorrido en dicho tiempo? (d) ¿Qué energía cinética tiene en ese momento? Masa del protón $1.67x10^{-27}$Kg.

3. Calcular el campo eléctrico existente entre dos placas paralelas, cada una con densidad de carga de $8.85x10^9$ C/m^2 y $-8.85x10^9$ C/m^2 respectivamente.
4. Una varilla delgada cargada con una carga total Q distribuida uniformemente se dobla en forma de arco circular de radio R y subtiende un ángulo θ_0 en el centro del circulo. Encontrar la intensidad del campo eléctrico en el centro del círculo.

TAREA. Trabajo Autónomo

Resolver los siguientes ejercicios

1. Una carga de 16 nC está fija en el origen de coordenadas; una segunda carga de valor desconocido se encuentra en (3,0) m, y una tercera carga de 12 nC está en (6,0) m. Cuál es el valor de la carga desconocida si el campo eléctrico resultante en (8,0) m es de 20.25 N/C dirigido hacia la derecha.
2. Considere una distribución de cargas de forma cúbica en el primer octante, en la que un vértice está en el origen. La arista del cubo tiene una longitud s, y en cada vértice se encuentra una carga q. Demuestre que el módulo del campo eléctrico en el centro de cualquier cara del cubo tiene un valor de 2.18 kq/s^2
3. Dos planos infinitos cargados uniformemente con densidades $\sigma_1 = 8x10^{-10}\frac{C}{m^2}$ y $\sigma_2 = 10^{-10}\frac{C}{m^2}$ respectivamente, están colocados perpendicularmente. Determine el vector $\vec{E}$ a una distancia equidistante de los dos planos.