→ El campo eléctrico.

→ El concepto de campo fue desarrollado por Michael Faraday.

→ Existe un "campo eléctrico" en la región del espacio que rodea a un objeto con carga: la carga fuente.

→ Cuando otro objeto con carga, carga de prueba, entra en este campo eléctrico, una fuerza actúa sobre él.

⇒ El vector $\vec{E}$ del campo eléctrico en un punto en el espacio se define como la fuerza eléctrica $\vec{F}$ que actúa sobre una carga de prueba positiva q_0 colocada en ese punto, dividida entre la carga de prueba.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

; q_0 debe ser lo suficientemente pequeña para no perturbar la distribución de cargas de la fuente original.

→ Si la carga de prueba es suficientemente grande se modifica la distribución y, por lo tanto, el campo eléctrico.

→ Las unidades son $[\vec{E}] = \frac{N}{C}$

→ Nota: El campo eléctrico es producido por la carga fuente, no por la carga de prueba.

⇒ Existe un campo eléctrico en un punto si una carga de prueba en dicho punto experimenta una fuerza eléctrica.

11 de febrero de 2024.

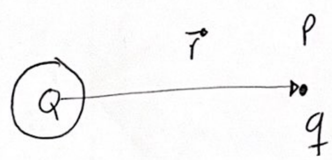
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

→ $\vec{F}$ es la fuerza ejercida sobre una partícula con carga q en un campo eléctrico

$q > 0$: $\vec{E}$ y $\vec{F}$ tienen la misma direción.

$q < 0$: $\vec{E}$ y $\vec{F}$ tienen direcciones opuestas.

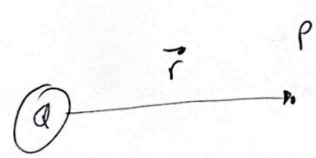
→ Supongamos que tenemos una carga fuente Q y una carga de prueba q.



→ Según la ley de Coulomb, la fuerza que ejerce Q sobre q es

$$\vec{F}_{Qq} = k_e \frac{Qq}{r^2}\hat{r}$$

→ Supongamos que quitamos la carga de prueba q, entonces el campo eléctrico en el punto P (donde estaba la carga de prueba) es:



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{Qq}}{q} = k_e \frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

→ Si tenemos varias cargas puntuales, el campo eléctrico producido por todas ellas en algún punto P es la suma del campo eléctrico producido por cada carga. Es decir, usamos superposición.

$$\vec{E}_T = \sum_i \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

11 de febrero de 2024.

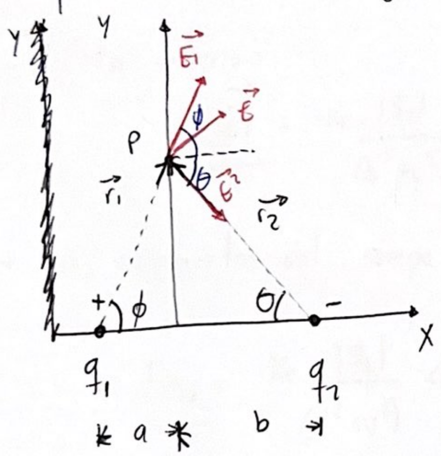
• **Ejercicio.** Ejercicio extra para el examen.

Una carga de prueba de valor $+3\,\mu C$ está en un punto P donde un campo eléctrico externo es dirigido hacia la derecha con una magnitud de $4 \times 10^6 \frac{N}{C}$. Si la carga de prueba se reemplaza con otra de magnitud $-3\,\mu C$, ¿qué le sucede al campo eléctrico externo en P?

Sol. No se ve afectado porque el campo eléctrico externo no depende de la carga de prueba.

• **Ejercicio.** Campo eléctrico debido a dos cargas.

a) → Las cargas q_1 y q_2 se ubican en el eje X, a distancias a y b, respectivamente, del origen.



→ El campo producido por la carga q_1 es:

• Magnitud:

$$E_1 = k_e \frac{|q_1|}{r_1^2}$$

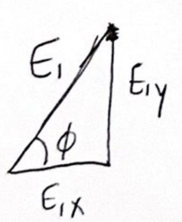
donde $\vec{r_1} = (+a, y)$; con "y" la coordenada del punto P en donde queremos conocer el campo.

$$r_1^2 = (a^2+y^2)$$

$$E_1 = k_e \frac{|q_1|}{(a^2+y^2)}$$

→ Como P es un punto genérico, no necesitamos conocer algún valor específico de y.

→ Obtengamos las componentes:



$$E_{1x} = \cos\phi \cdot E_1$$

$$E_{1y} = E_1 \cdot \operatorname{sen}\phi$$

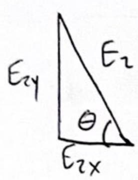
$$\Rightarrow \vec{E_1} = k_e \frac{|q_1|}{(a^2+y^2)} (\cos\phi\, \hat{i} + \operatorname{sen}\phi\, \hat{j})$$

→ Para la carga q_2 tenemos que la magnitud es.

$$E_2 = k_e \frac{|q_2|}{r_2^2} \quad \text{donde} \quad \vec{r_2} = (-b, y) \therefore r_2^2 = b^2 + y^2$$

$$= k_e \frac{|q_2|}{(b^2+y^2)}$$

→ Las componentes son:



$$E_{2x} = E_2 \cos(-\theta)$$
$$= E_2 \cos(\theta)$$

$$E_{2y} = -E_2 \,\text{sen}(\theta)$$

El signo menos sale del hecho que, como q_2 tiene signo negativo, el campo eléctrico debe apuntar hacia ella. Mientras que en q_1 el campo debe alejarse de ella (Ver figura.)

→ De lo anterior.

$$\vec{E_2} = k_e \frac{|q_2|}{(b^2+y^2)} \left(\cos\theta\,\hat{\imath} - \text{sen}\,\theta\,\hat{\jmath}\right)$$

→ Las componentes del campo eléctrico resultante son:

$$E_{Tx} = k_e \frac{|q_1|}{(a^2+y^2)} \cos\phi + k_e \frac{|q_2|}{(b^2+y^2)} \cancel{\text{sen}} \cos\theta$$

$$E_{Ty} = k_e \frac{|q_1|}{(a^2+y^2)} \text{sen}\,\phi - k_e \frac{|q_2|}{(b^2+y^2)} \text{sen}\,\theta$$

b) Evalúe el campo eléctrico en el punto P cuando $|q_1| = |q_2| = q$ y $a = b$.

Dipolo eléctrico

→ Como $a = b$, entonces $\theta = \phi$.

→ Las componentes del campo se reducen a

$$E_{Tx} = K_e \frac{q}{(a^2+y^2)} \cos\phi + K_e \frac{q}{(a^2+y^2)} \cos\phi$$

$$= 2 K_e \frac{q}{(a^2+y^2)} \cos\phi$$

→ Del diagrama $\cos\phi = \frac{a}{r} = \frac{a}{(a^2+y^2)^{1/2}}$, entonces

$$E_{Tx} = 2 K_e \frac{q}{(a^2+y^2)} \cdot \frac{a}{(a^2+y^2)^{1/2}}$$

$$E_{Tx} = \frac{2 K_e a q}{(a^2+y^2)^{3/2}}$$

→ La componente en y es

$$E_{Ty} = K_e \frac{|q|}{(a^2+y^2)} \operatorname{sen}\phi - K_e \frac{|q|}{(a^2+y^2)} \operatorname{sen}\phi = 0$$

→ El campo solo tiene componente en x.

11 de febrero de 2024.

c) Encuentre el campo eléctrico del dipolo cuando P está a una distancia $y \gg a$ del origen.

- Del inciso anterior,

$$E_x = \frac{2k_e a q}{(a^2+y^2)^{3/2}}$$

si $a \ll y$ el ~~den~~ término en el denominador puede aproximarse como

$$(a^2+y^2)^{3/2} \approx (y^2)^{3/2} \approx y^3$$

$$\Rightarrow E_x \simeq \frac{2k_e q a}{y^3}$$