

Unidad 1_b: Campo eléctrico

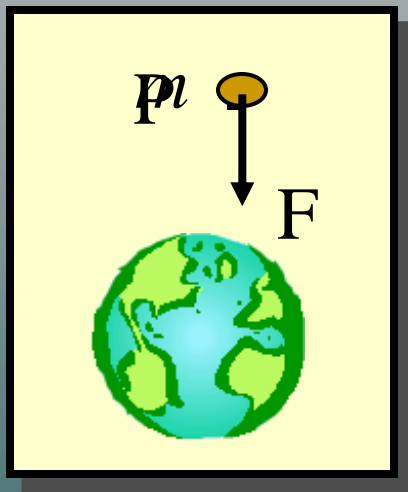
Materia: Física II

Objetivos:

- Definir el **campo eléctrico** y explicar qué determina su **magnitud y dirección**.
- Escribir y aplicar fórmulas para la **intensidad del campo eléctrico** a distancias conocidas desde cargas puntuales.
- Discutir las **líneas de campo eléctrico** y el significado de la **permitividad** del espacio.
- Describir el comportamiento de un **dipolo eléctrico** en un campo eléctrico.

El concepto de campo

Un **campo** se define como una **propiedad del espacio** en el que un objeto material experimenta una **fuerza**.



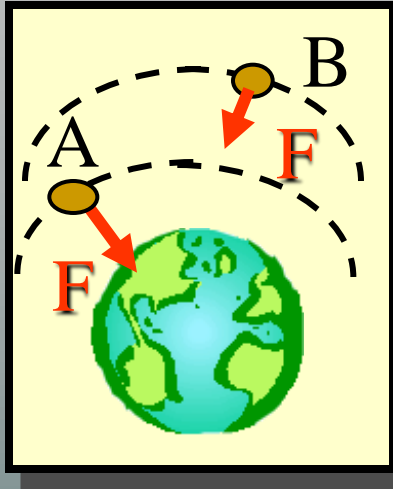
Sobre la Tierra, se dice que existe un **campo gravitacional** en P.

Puesto que una masa m experimenta una **fuerza** descendente en dicho

¡No hay fuerza, no hay campo; no hay campo, no hay fuerza!

La **dirección** del campo está determinada por la **fuerza**.

El campo gravitacional



Note que la fuerza F es **Area B** pero el campo sólo es una forma, sólo conveniente de describir el espacio.

El campo en los puntos A o B se puede encontrar de:

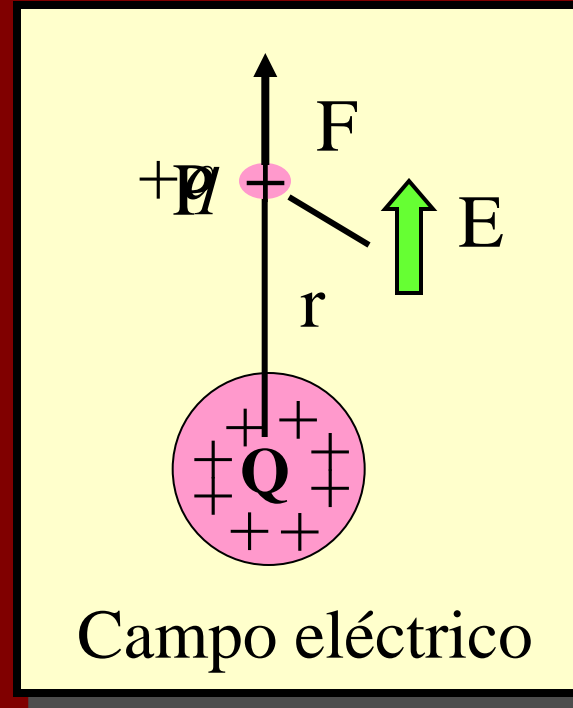
$$g = \frac{F}{m}$$

Si g se conoce en cada punto sobre la Tierra, entonces se puede encontrar la fuerza F sobre una masa dada.

La **magnitud** y **dirección** del campo g depende del peso, que es la fuerza F .

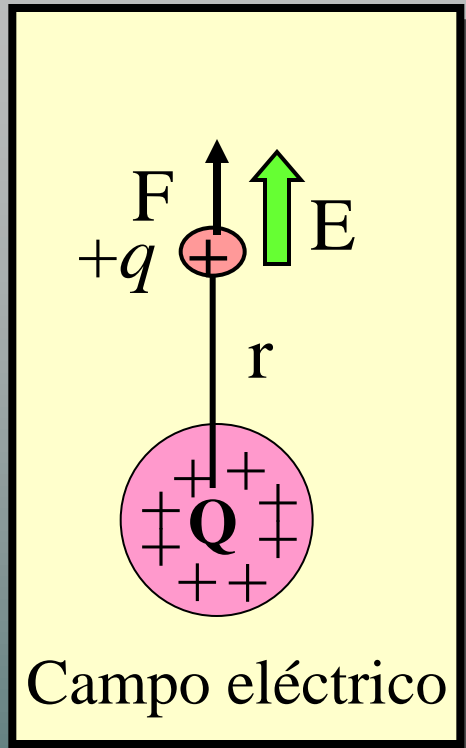
El campo eléctrico

1. Ahora, considere el punto **P** a una distancia r de $+Q$.
2. En **P** existe un campo eléctrico **E** si una carga de prueba $+q$ tiene una fuerza **F** en dicho punto.
3. La **dirección** del **E** es igual que la dirección de una **fuerza** sobre la carga **+** (pos).
4. La **magnitud** de **E** está dada por la fórmula:



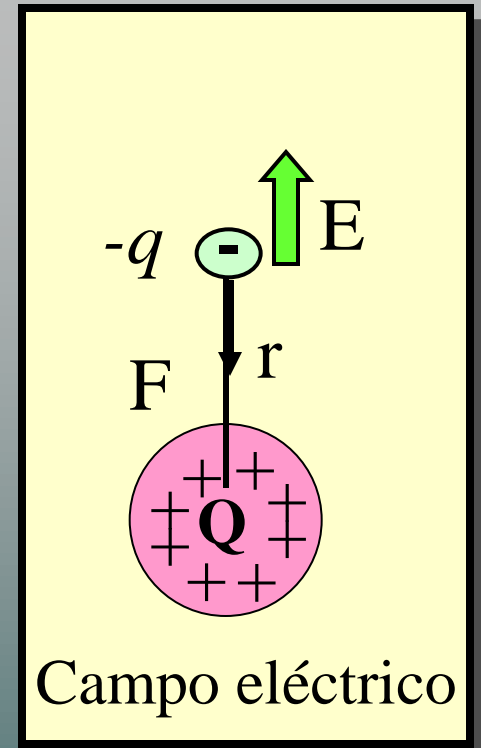
$$E = \frac{F}{q}; \quad \text{unidades} \quad \frac{N}{C}$$

El campo es propiedad del espacio



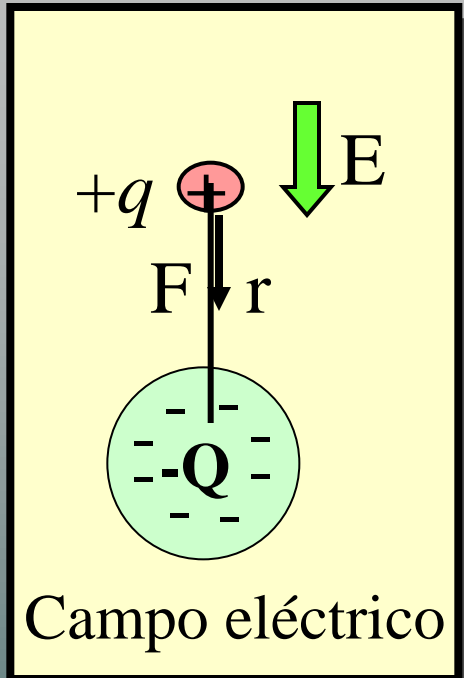
La fuerza sobre $+q$ está en dirección del campo.

La fuerza sobre $-q$ está contra la dirección del campo.



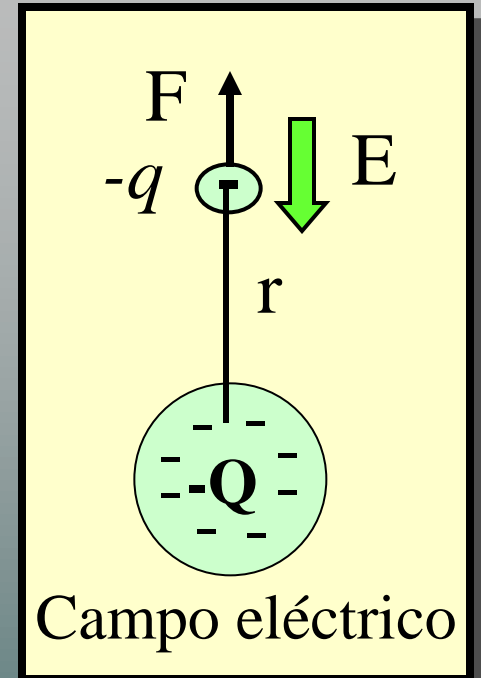
En un punto existe un campo E ya sea que en dicho punto haya o no una carga. La **dirección** del campo es **alejándose** de la carga $+Q$.

Campo cerca de una carga negativa



La fuerza sobre $+q$ está en dirección del campo.

La fuerza sobre $-q$ está contra la dirección del campo.



Note que el campo E en la vecindad de una carga negativa $-Q$ es hacia la carga, la dirección en que se movería una carga de prueba $+q$.

La magnitud del campo E

La **magnitud** de la intensidad del campo eléctrico en un punto en el espacio se define como la **fuerza por unidad de carga (N/C)** que experimentaría cualquier carga de prueba que se coloque en dicho punto.

Intensidad de
campo eléctrico E

$$E = \frac{F}{q}; \quad \text{unidades} \quad \frac{N}{C}$$

La **dirección** de **E** en un punto es la misma que la dirección en que se movería una carga **positiva SI** se colocara en dicho punto.

Ejemplo 1. Una carga de $+2 \text{ nC}$ se coloca a una distancia r de una carga de $-8 \text{ } \mu\text{C}$. Si la carga experimenta una fuerza de 4000 N , ¿cuál es la intensidad E del campo eléctrico E en dicho punto P?

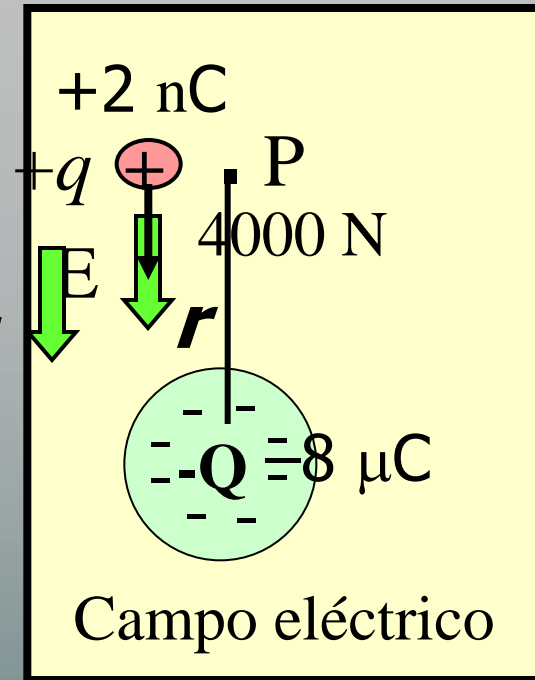
Primero, note que la dirección de E es hacia $-Q$ (abajo).

$$E = \frac{F}{q} = \frac{4000 \text{ N}}{2 \times 10^{-9} \text{ C}}$$

$$E = 2 \times 10^{12} \text{ N/C}$$

hacia abajo

Nota: El campo E sería el **mismo** para **cualquier** carga que se coloque en el punto **P**. Es una propiedad de dicho **espacio**.



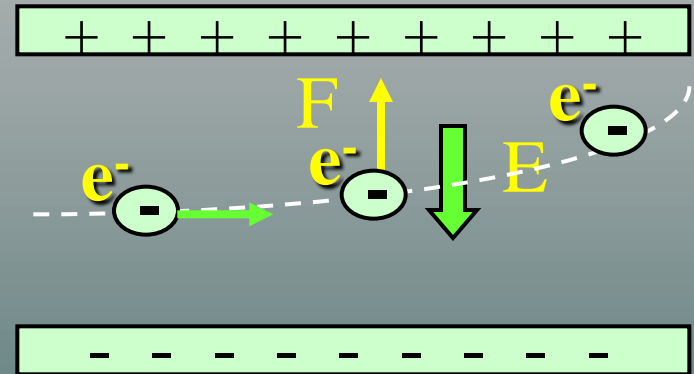
Ejemplo 2. Un campo constante E de $40,000 \text{ N/C}$ se mantiene entre las dos placas paralelas. ¿Cuáles son la magnitud y dirección de la fuerza sobre un electrón que pasa horizontalmente entre las placas?

El campo E es hacia abajo, y la fuerza sobre e^- es arriba.

$$E = \frac{F}{q}; \quad F = qE$$

$$F = qE = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}})$$

$$F = 6.40 \times 10^{-15} \text{ N, hacia arriba}$$



Campo E a una distancia r desde una sola carga Q

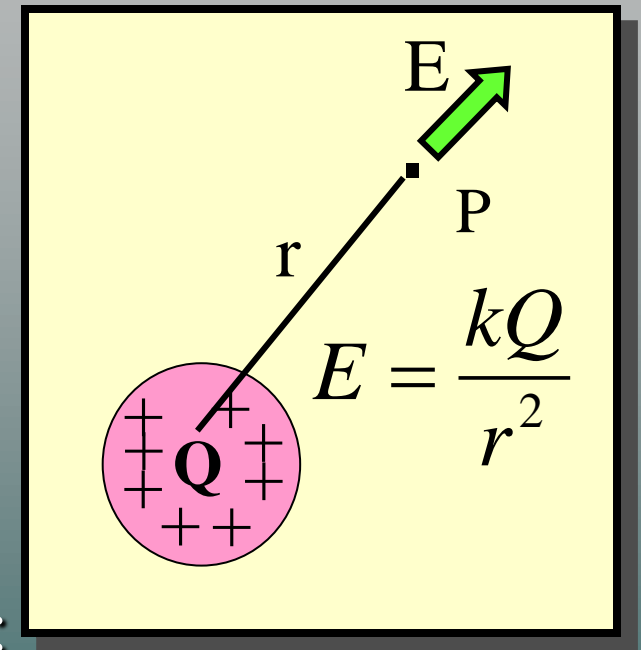
Considere una carga de prueba $+q$ colocada en P a una distancia r de Q .

La fuerza hacia afuera sobre $+q$ es:

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

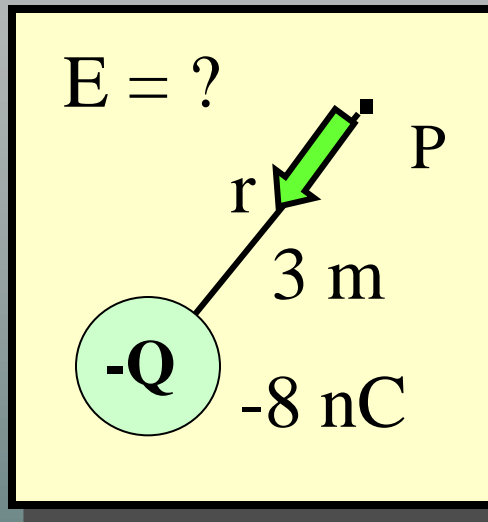
Por tanto, el campo eléctrico E es:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQ\cancel{q}/r^2}{\cancel{q}}$$



$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

Ejemplo 3. ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico **E** en el punto **P**, a una distancia de **3 m** desde una carga negativa de **-8 nC**?



Primero, encuentre la magnitud:

$$E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(8 \times 10^{-9} \text{C})}{(3 \text{ m})^2}$$

$$E = 8.00 \text{ N/C}$$

La dirección es la misma que la fuerza sobre una carga positiva **si** se colocase en el punto **P**: **hacia $-Q$** .

$$E = 8.00 \text{ N, hacia } -Q$$

El campo eléctrico resultante

El campo resultante **E** en la vecindad de un número de cargas puntuales es igual a la **suma vectorial** de los campos debidos a cada carga tomada individualmente.

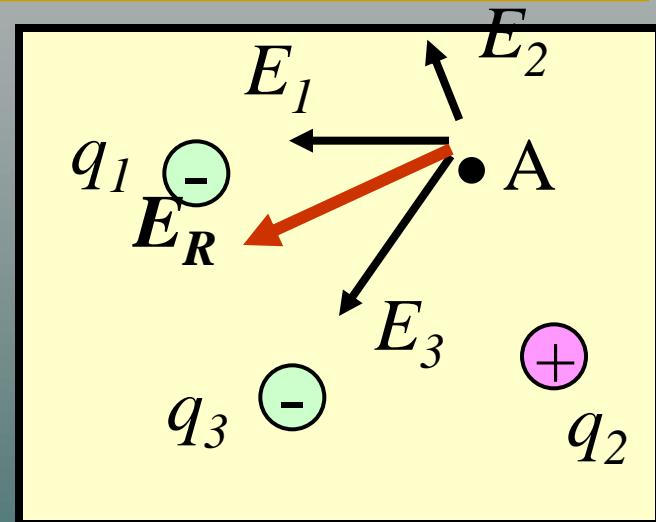
Considere E para cada carga.

Suma vectorial:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{E}_3$$

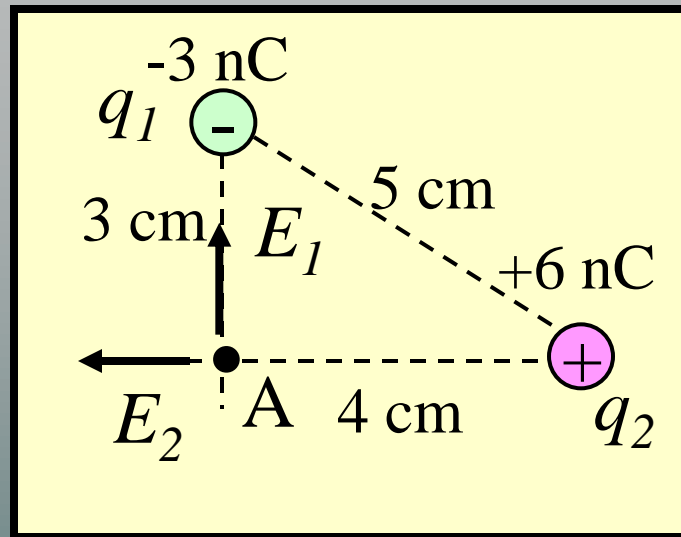
Magnitudes a partir de:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$



Las direcciones se basan en carga de prueba positiva.

Ejemplo 4. Encuentre el campo resultante en el punto **A** debido a las cargas de -3 nC y $+6 \text{ nC}$ ordenadas como se muestra.



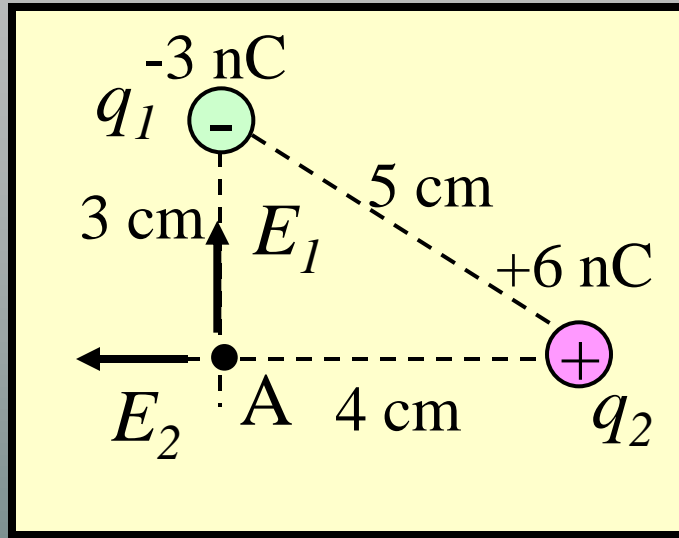
E para cada q se muestra con la dirección dada.

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2}; \quad E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$E_1 = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(3 \times 10^{-9} \text{C})}{(3 \text{ m})^2} \quad E_2 = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(6 \times 10^{-9} \text{C})}{(4 \text{ m})^2}$$

Los signos de las cargas sólo se usan para encontrar la dirección de E

Ejemplo 4. (Cont.) Encuentre el campo resultante en el punto A. Las magnitudes son:



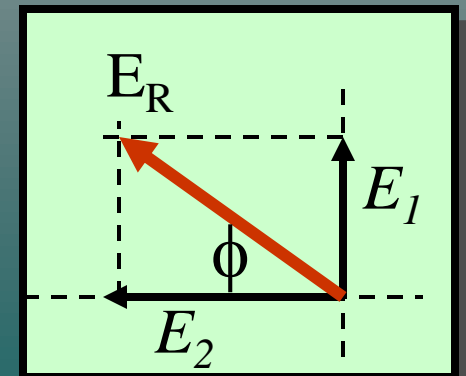
$$E_1 = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(3 \times 10^{-9} \text{C})}{(3 \text{ m})^2}$$

$$E_2 = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(6 \times 10^{-9} \text{C})}{(4 \text{ m})^2}$$

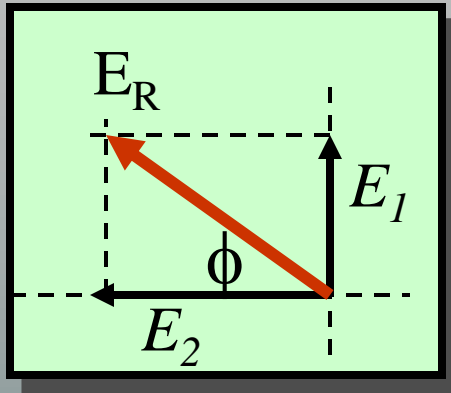
$$E_1 = 3.00 \text{ N, oeste} \quad E_2 = 3.38 \text{ N, norte}$$

A continuación, encuentre el vector resultante E_R

$$E_R = \sqrt{E_2^2 + E_1^2}; \quad \tan \phi = \frac{E_1}{E_2}$$



Ejemplo 4. (Cont.) Encuentre el campo resultante en el punto **A** con matemáticas vectoriales.



$$E_1 = 3.00 \text{ N, oeste}$$

$$E_2 = 3.38 \text{ N, norte}$$

Encuentre el vector resultante E_R

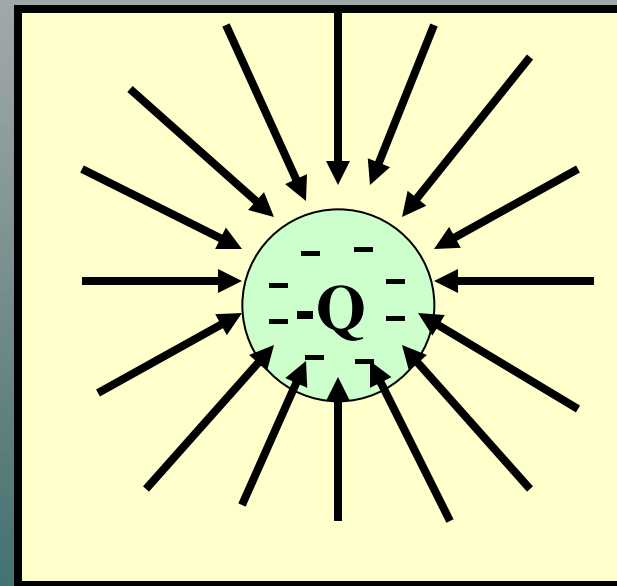
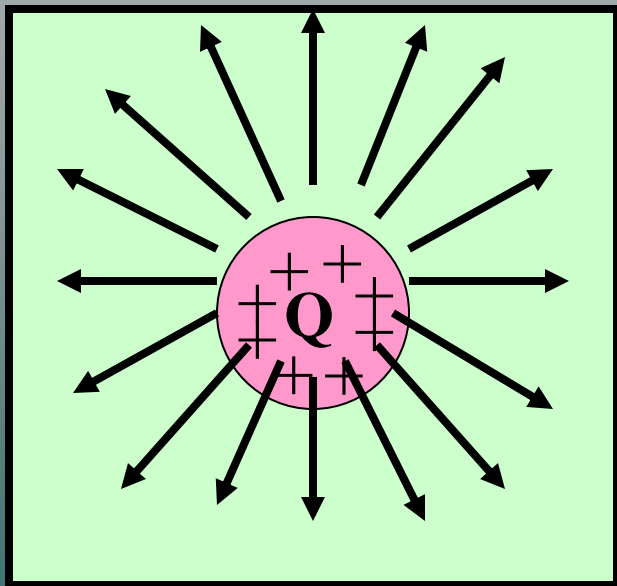
$$E = \sqrt{(3.00 \text{ N})^2 + (3.38 \text{ N})^2} = 4.52 \text{ N}; \quad \tan \phi = \frac{3.38 \text{ N}}{3.00 \text{ N}}$$

$$\phi = 48.4^\circ \text{ N de O; o } \theta = 131.6^\circ$$

Campo resultante: $E_R = 4.52 \text{ N; } 131.6^\circ$

Líneas de campo eléctrico

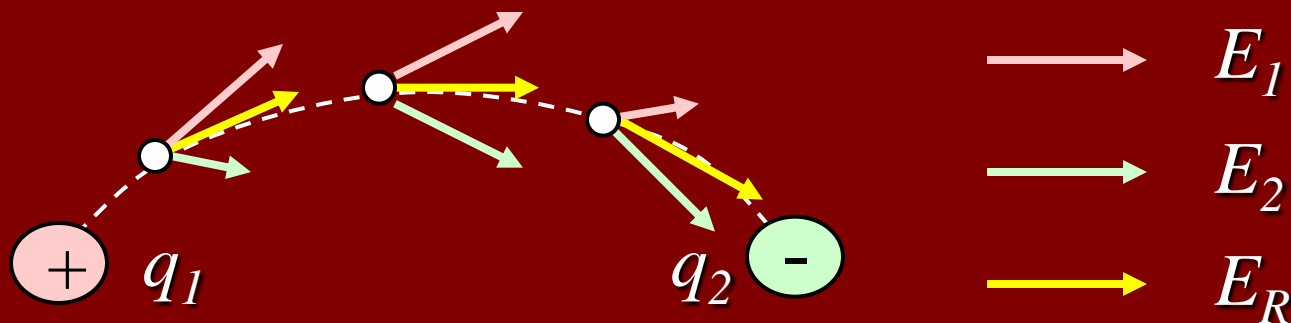
Las **líneas de campo eléctrico** son líneas imaginarias que se dibujan de tal forma que su dirección en cualquier punto es la misma que la dirección del campo en dicho punto.



Las líneas de campo se **alejan** de las cargas **positivas** y se **acercan** a las cargas **negativas**.

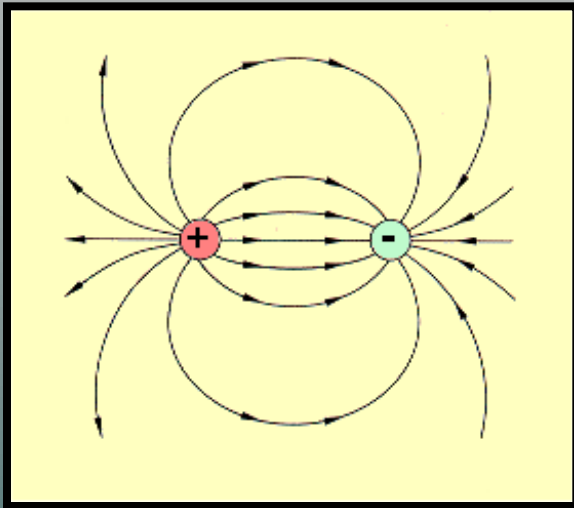
Reglas para dibujar líneas de campo

1. La dirección de la línea de campo en cualquier punto es la misma que el movimiento de $+q$ en dicho punto.
2. El espaciamiento de las líneas debe ser tal que estén cercanas donde el campo sea intenso y separadas donde el campo sea débil.

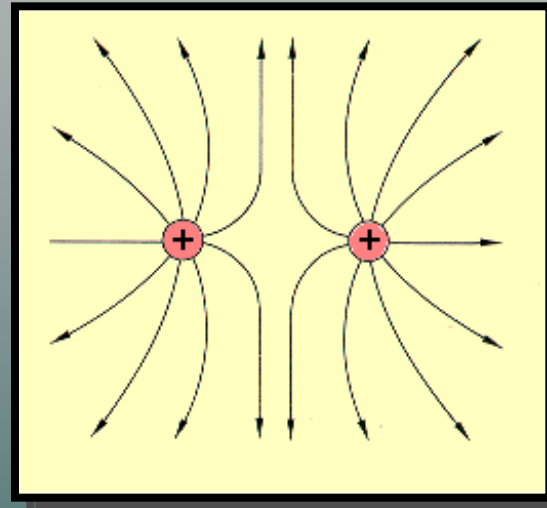


Ejemplos de líneas de campo E

Dos cargas iguales pero **opuestas**.



Dos cargas **idénticas** (ambas +).



Note que las líneas **salen** de las cargas + y **entran** a las cargas -.
Además, **E** es **más intenso** donde las líneas de campo son **más densas**.

Dipolo eléctrico en un campo \mathbf{E}

Formado por es un par de cargas puntuales de igual magnitud y signos opuestos (una carga positiva q y una carga negativa q) separadas por una distancia d .

$$\mathbf{p} = q \mathbf{d}$$

La cupla debido a la fuerza eléctrica sobre cada carga lo hace rotar, pues experimenta un momento de torsión:

$$\tau = p E \sin \phi ; \tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

La energía potencial del dipolo \mathbf{p} en el campo \mathbf{E}

$$U = - p E \cos \phi ; U = - \mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$$