

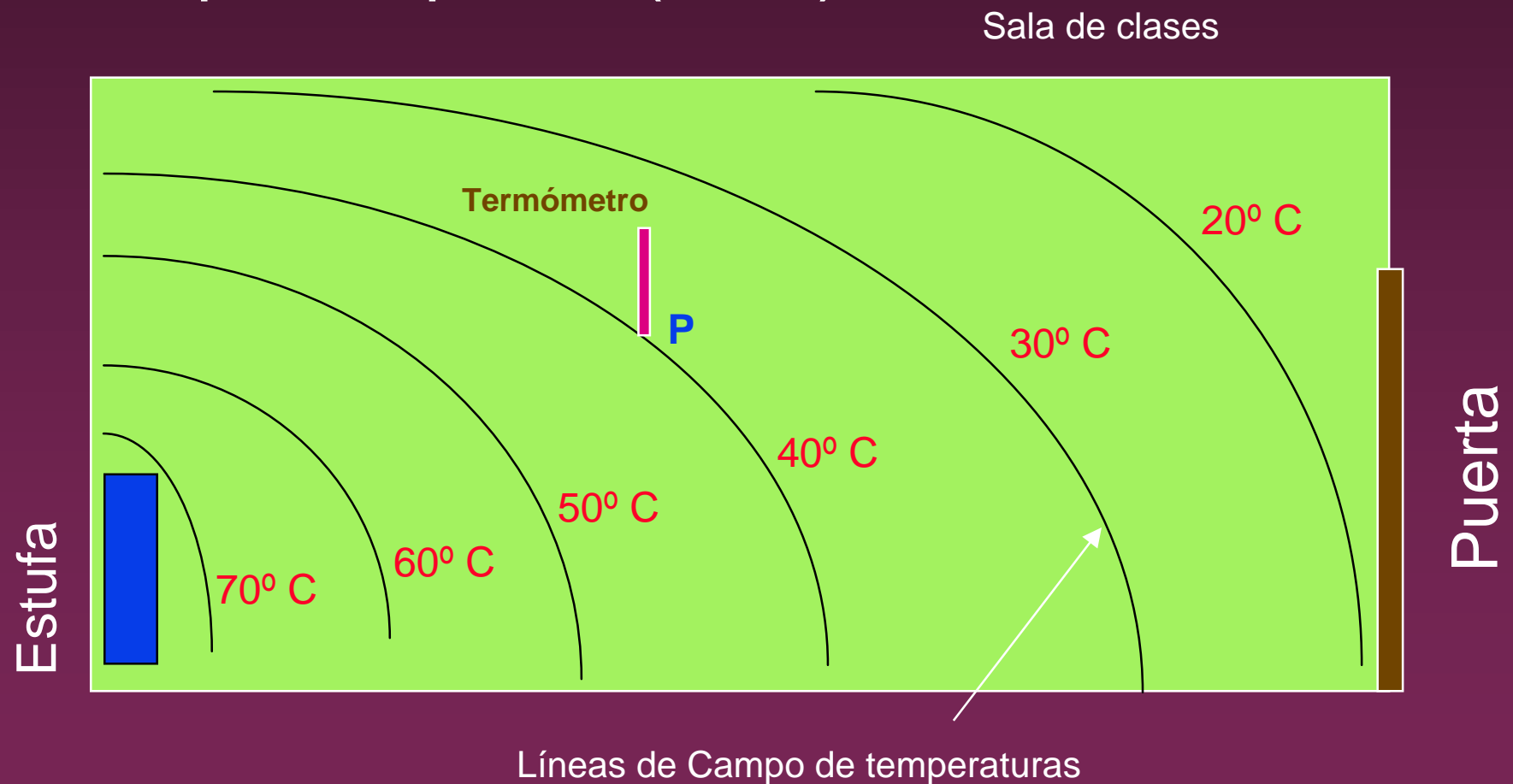
CAMPO ELECTRICO

Concepto de Campo

- 1 El concepto de *Campo* es de una gran importancia en Ciencias y, particularmente en Física.
- 1 La idea consiste en atribuirle propiedades al espacio en vez de considerar a los verdaderos causantes de los fenómenos que ocurren en dicho espacio.
- 1 Para comprender esto veamos un par de ejemplos:
 - ▶ Un campo de temperaturas (Escalar)
 - ▶ Un campo de velocidades (Vectorial)
 - ▶ Campo gravitacional (Vectorial)
 - Homogéneo
 - No homogéneo

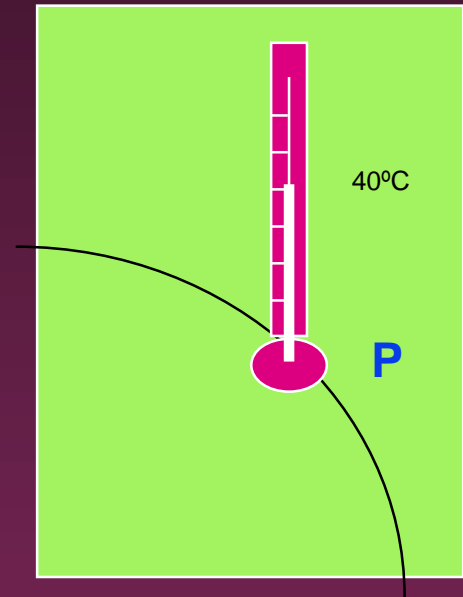
Concepto de Campo

1 Campo de Temperaturas (escalar)



Concepto de Campo

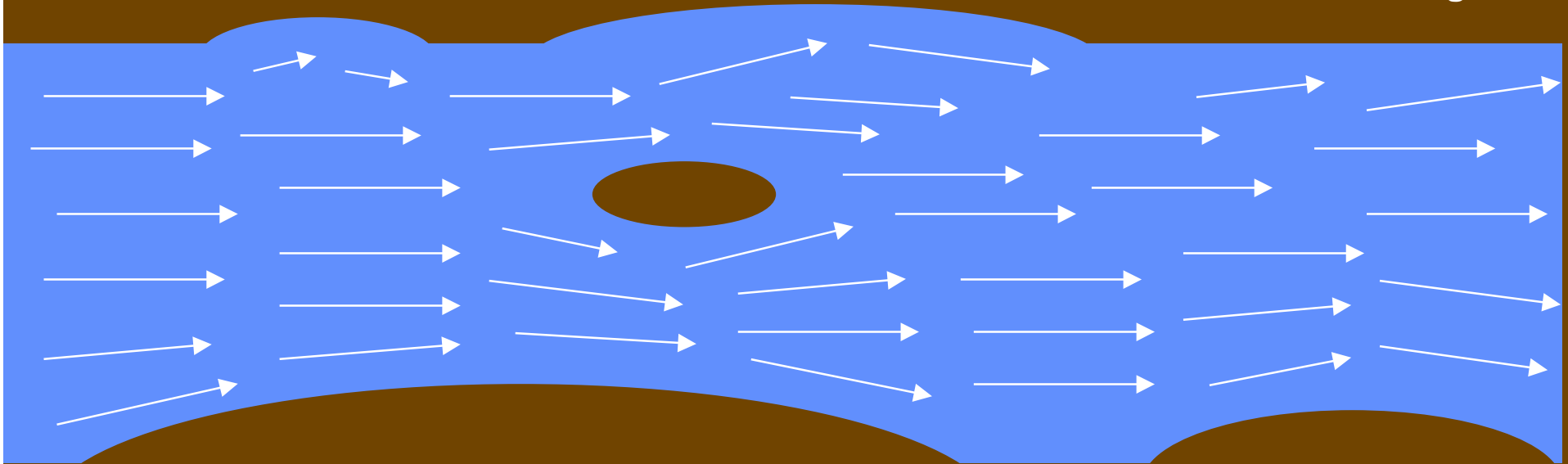
- ❑ La intensidad del Campo de Temperaturas en el punto P corresponde a lo que mide el termómetro que está en él.
- ❑ Es una magnitud escalar puesto que no posee dirección asociada .
- ❑ La causa verdadera de que la temperatura de las isotermas sea 40°C . se debe a la estufa, la puerta, la temperatura exterior, las dimensiones de la sala, etc..
- ❑ Evidentemente no depende del instrumento con que se mide la Intensidad del Campo de Temperaturas; es decir, no depende del Termómetro.
- ❑ Después se podría representar su distribución dibujando un mapa del salón que muestre en todos los lugares la temperatura medida o especificando una función matemática $T(x,y,z)$ que sirva para calcularla en los puntos (x,y,z) .
- ❑ Campo estático: $T(x,y,z)$; campos que varían con el tiempo, $T(x,y,z,t)$.



Concepto de Campo

□ Campo de velocidades (vectorial)

Río o corriente de agua



En cada punto el agua se mueve con una velocidad específica (dirección y módulo)

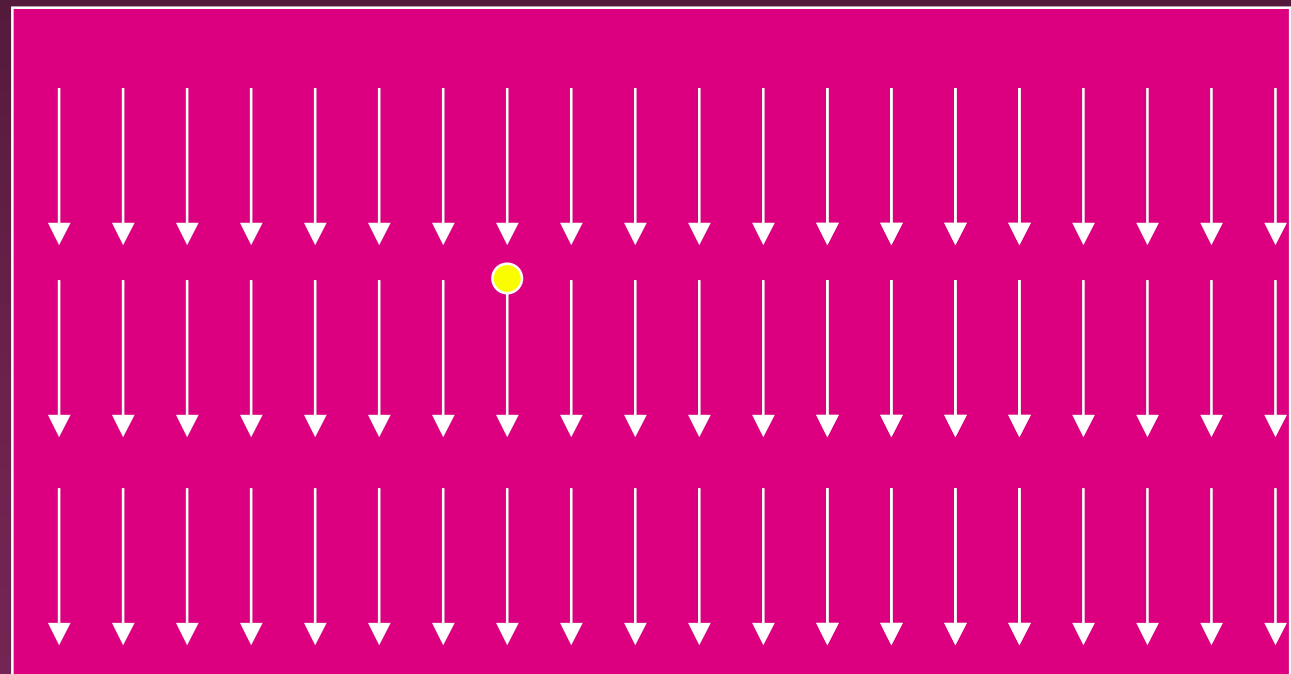
Concepto de Campo

1 Campo gravitacional homogéneo (Es, en realidad un campo de aceleraciones gravitacionales)

Sala de clases

Todos los puntos de la sala de clases tienen la propiedad de que masas colocadas en ellos experimentan la misma aceleración; es decir:

$$\vec{g} = \text{Cont.}$$



Este Campo gravitacional depende del planeta en que se encuentre la sala de clases.

Concepto de campo

- ❑ Antes de que el concepto de campo lograra aceptación general, se creía que la fuerza ejercida por un cuerpo gravitacional sobre otro era una interacción directa e instantánea (*concepción llamada acción a distancia*).

masa ↔ masa

- ❑ El efecto del movimiento de un cuerpo se transmite de inmediato al otro.
- ❑ Ello viola la teoría especial de la relatividad, la cual limita como máximo a la velocidad de la luz, c , la rapidez con que puede transmitirse la información.
- ❑ La actual interpretación, basada en el concepto de campo, puede representarse como

masa ↔ campo ↔ masa

El campo desempeña la función de intermediario entre los dos cuerpos.

Concepto de Campo Eléctrico

- carga ↔ carga
- carga ↔ campo eléctrico ↔ carga
- El problema de determinar la interacción entre las cargas se reduce con ello a dos problemas separados:
 - i) determinar por medición o cálculo el campo eléctrico creado por la primera carga en todos los lugares del espacio.
 - ii) Calcular la fuerza que el campo ejerce sobre la segunda carga ubicada en un punto particular del espacio.

Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Sea un punto P del espacio.
- 1 Para dicho punto se define la **Intensidad del Campo Eléctrico**, que designaremos por \vec{E} , del modo siguiente.
- 1 Coloquemos en dicho punto una carga de prueba q_0^+ .
- 1 Si \vec{F}_e es la fuerza eléctrica que actúa sobre ella (Debido a las otras cargas eléctricas que existen en el espacio y que desconocemos), entonces:

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

Concepto de Campo Eléctrico

- ❑ Como se puede ver, el Campo Eléctrico es un campo vectorial.
- ❑ Posee, en cada punto, la dirección y sentido de \vec{F}_e .
- ❑ Su unidad (SI) es el N/C, o V/m.
- ❑ No depende ni del valor de la fuerza que se mida (F) ni del valor de la carga de prueba que se use (Q_0^+) (Del mismo modo que en el campo de temperaturas no depende del termómetro).

Concepto de Campo Eléctrico

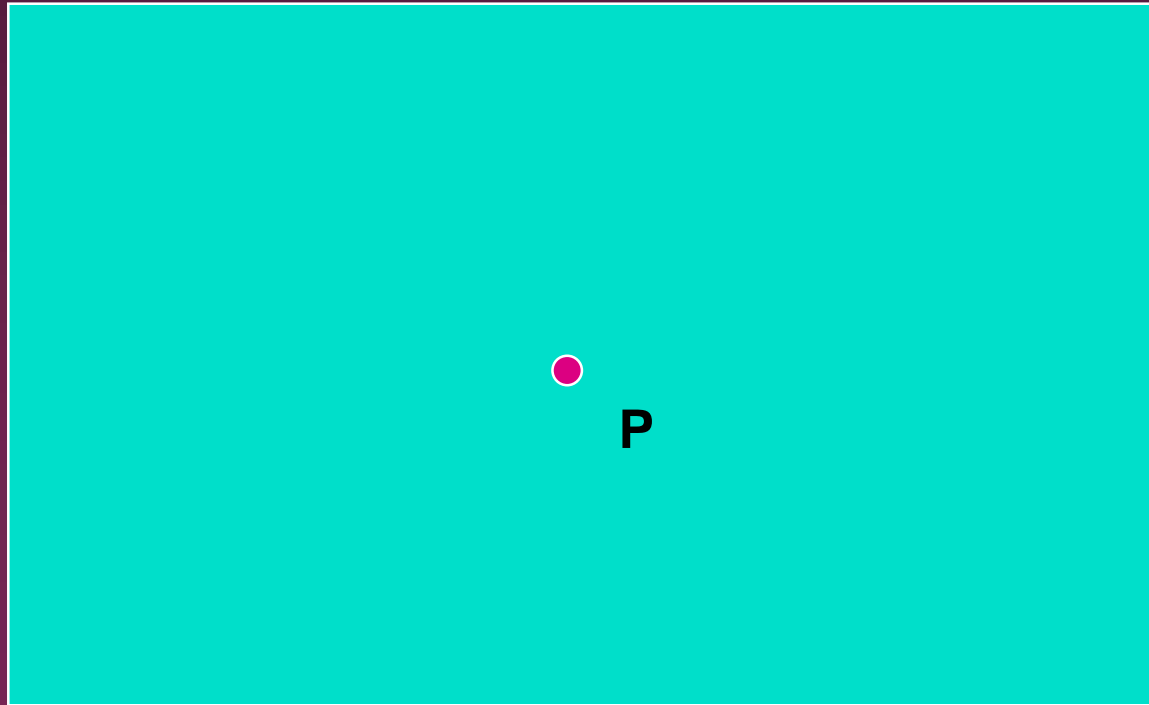
TABLA 1 ALGUNOS CAMPOS ELÉCTRICOS^a

<i>Localización</i>	<i>Campo eléctrico (N/C)</i>
En la superficie de un núcleo de uranio	3×10^{21}
Dentro de un átomo de hidrógeno, en la órbita del electrón	5×10^{11}
La descarga eléctrica que ocurre en el aire	5×10^6
En el cilindro cargado de una fotocopiadora	10^5
El acelerador del haz de electrones de un aparato de televisión	10^5
Cerca de un peine de plástico cargado	10^3
En la parte más baja de la atmósfera	10^2
Dentro del alambre de cobre de circuitos domésticos	10^{-2}

^a Valores aproximados.

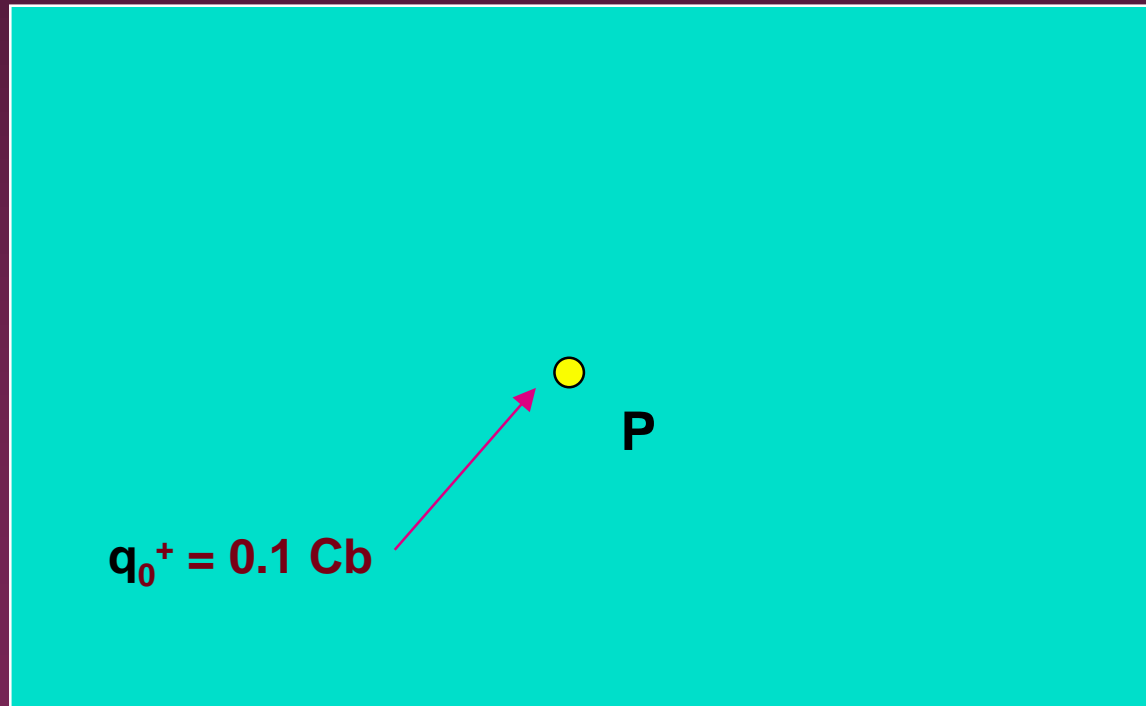
Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Ejemplo: Sea el punto P del espacio.
- 1 ¿Cuál será la intensidad de Campo Eléctrico en dicho punto?



Concepto de Campo Eléctrico

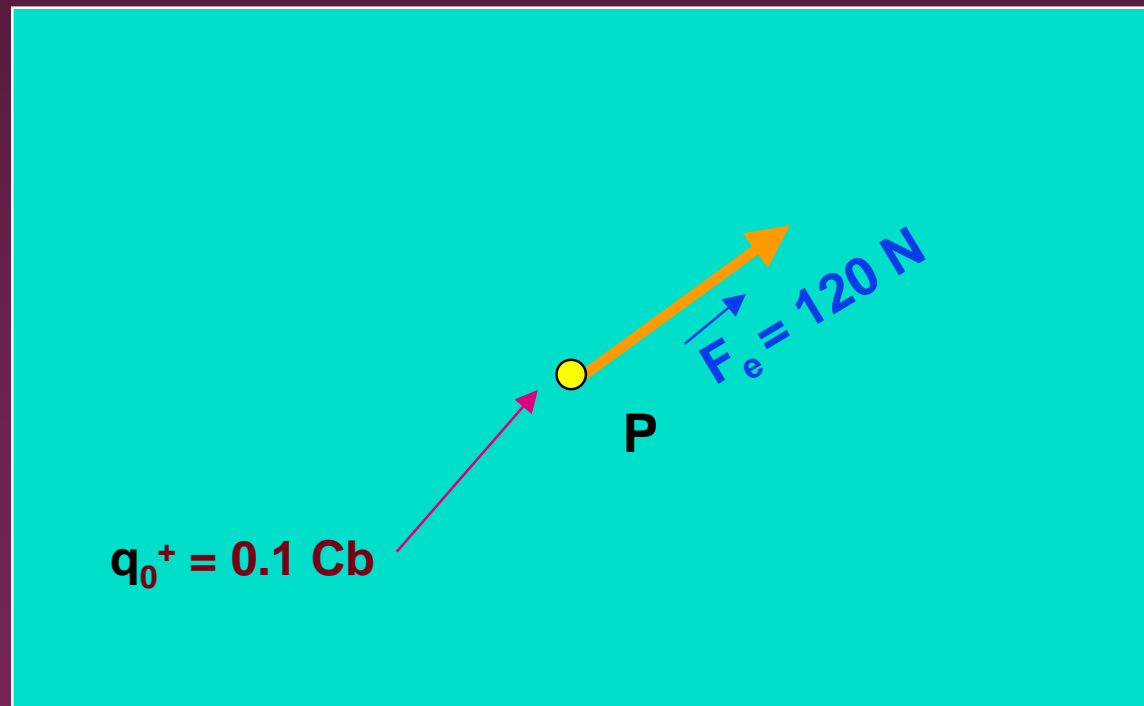
- 1 Coloquemos en P una carga $q_0^+ = 0.1 \text{ Cb}$.
- 1 Supongamos que sobre ella actúa una fuerza eléctrica igual a $F_e = 120 \text{ N}$. en la dirección...



Concepto de Campo Eléctrico

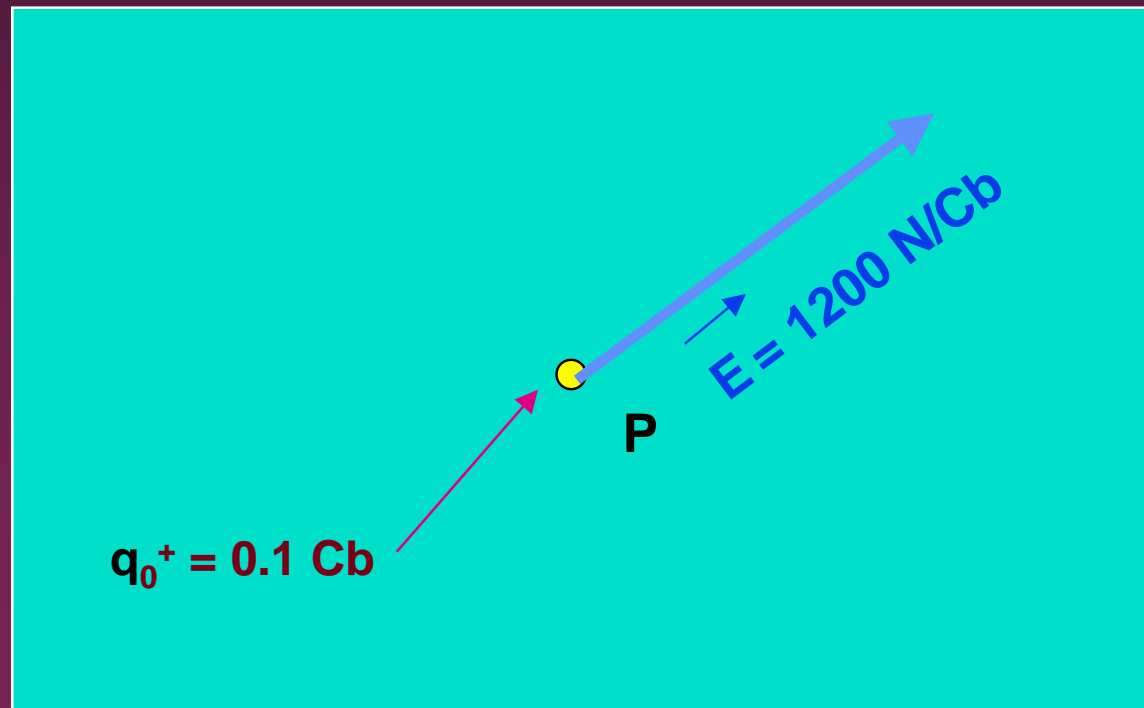
- 1 Tenemos que $\vec{E} = 120 \text{ N} / 0,1 \text{ Cb} = 1200 \text{ N/Cb}$.
- 1 En la misma dirección y sentido de F_e ; es decir...

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



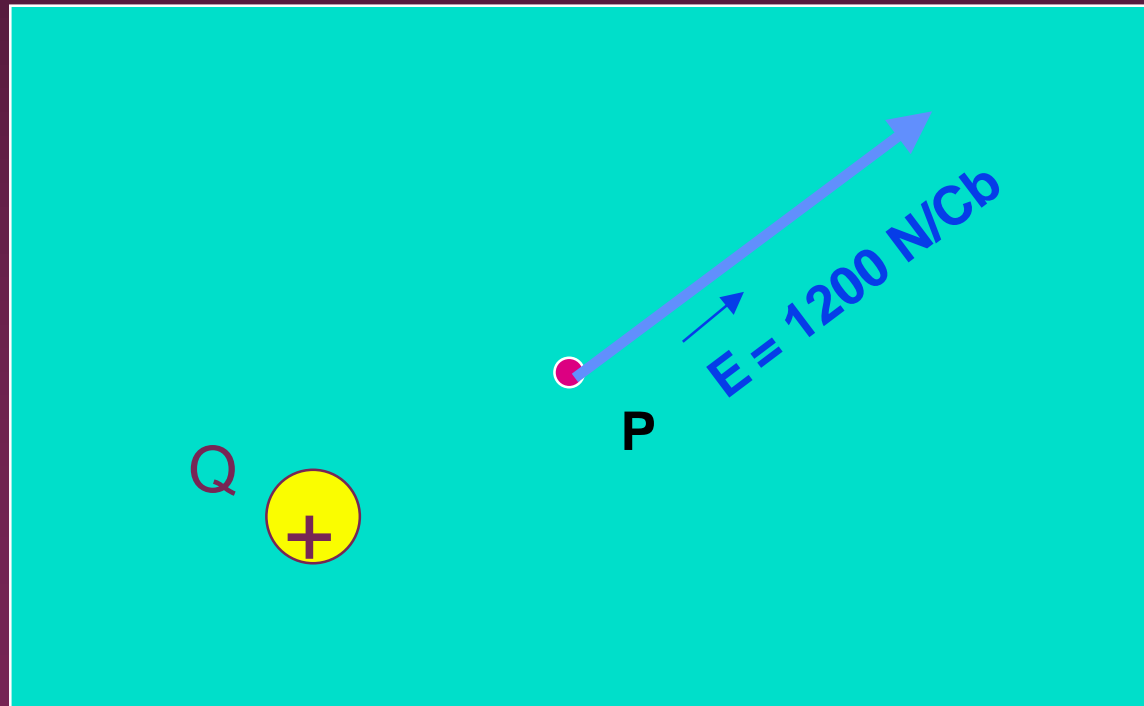
Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Hemos calculado la intensidad de Campo Eléctrico (E); pero ¿qué significa?



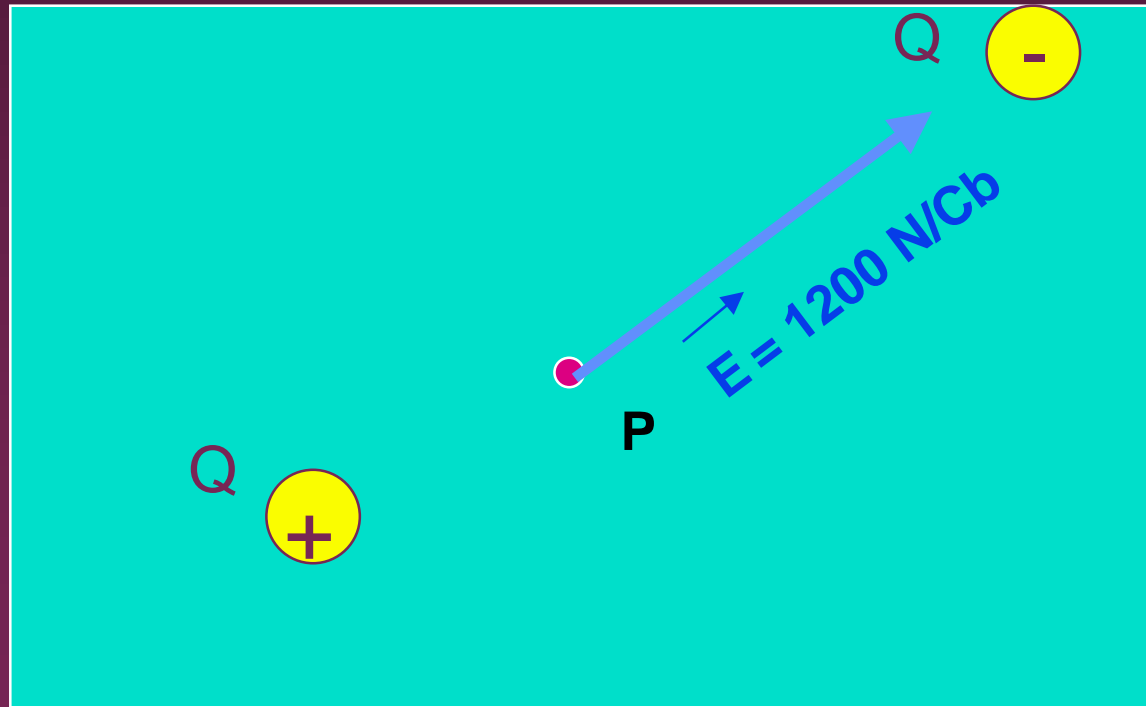
Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Significa que en el espacio existen otras cargas eléctricas que generan un campo Eléctrico en él.
- 1 Puede existir, por ejemplo una carga positiva Q , o bien....



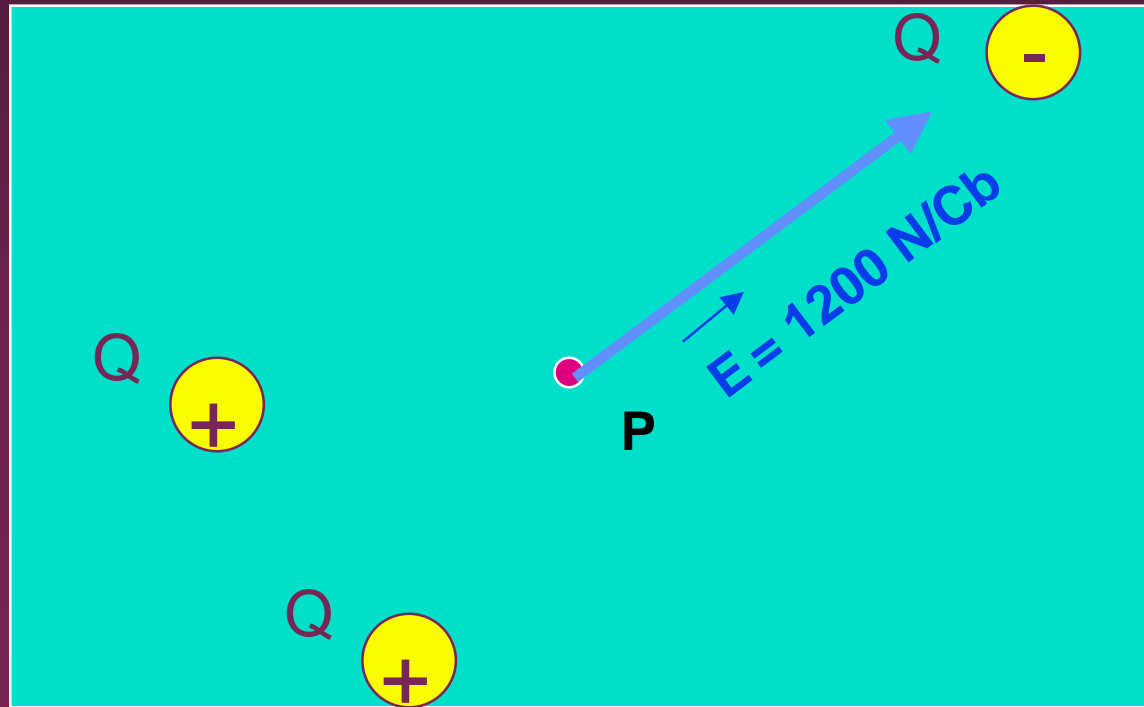
Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Una carga negativa, o una positiva y una negativa.
- 1 muchas cargas que producen el mismo efecto.



Concepto de Campo Eléctrico

- 1 Una carga negativa, o una positiva y una negativa.
- 1 muchas cargas que producen el mismo efecto.



Concepto de Campo Eléctrico

- Podemos entonces emplear el campo eléctrico para calcular la fuerza que opera sobre un cuerpo cargado.
- Una vez obtenido el campo eléctrico en un punto es posible calcular la fuerza eléctrica ejercida sobre un objeto cualquiera de carga q en ese lugar:

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

Aquí el campo E proviene de otras cargas que pueden estar presentes, no de la carga q .

Concepto de Campo Eléctrico

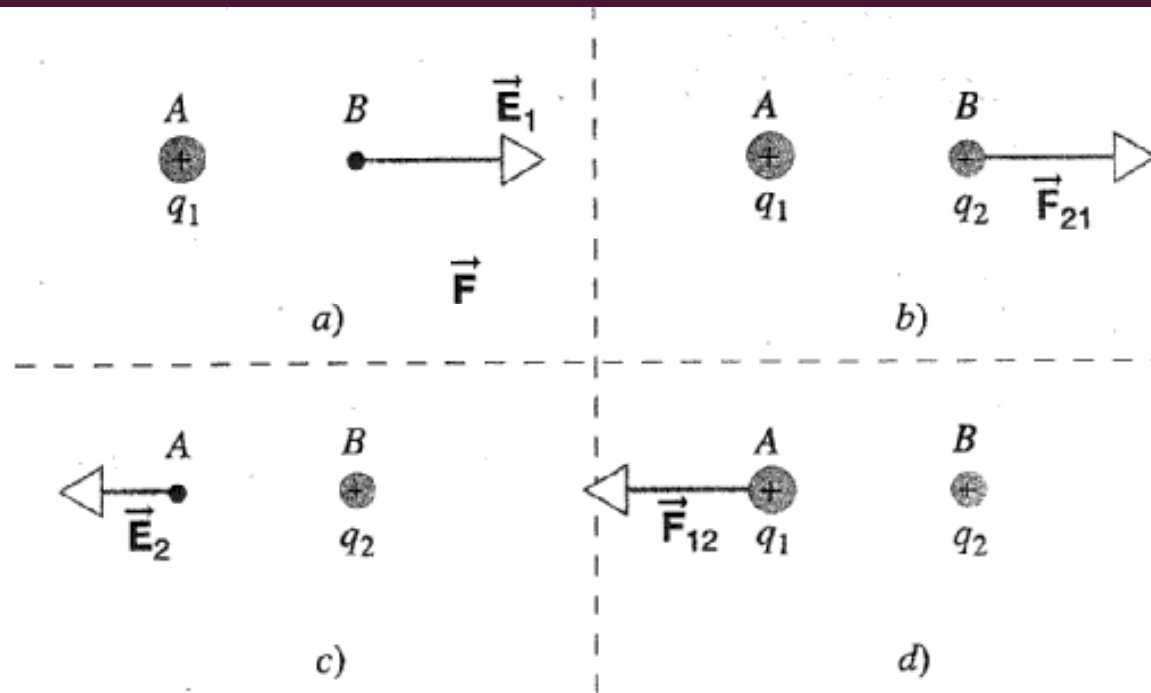


FIGURA 26-2. a) q_1 en A crea un campo eléctrico en B. b) El campo eléctrico en B ejerce fuerza sobre q_2 . c) q_2 en B crea un campo eléctrico en A. d) El campo eléctrico en A ejerce fuerza sobre q_1 . Nótese que $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

Concepto de Campo Eléctrico

- Si queremos utilizar la ecuación

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

como procedimiento operativo para medir el campo eléctrico, la carga de prueba deberá ser tan pequeña que no perturbe la distribución de cargas cuyo campo eléctrico intentamos medir.

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Aunque no puede suponerse que este límite sea cero, pues la carga de prueba nunca puede ser más pequeña que la carga elemental e .

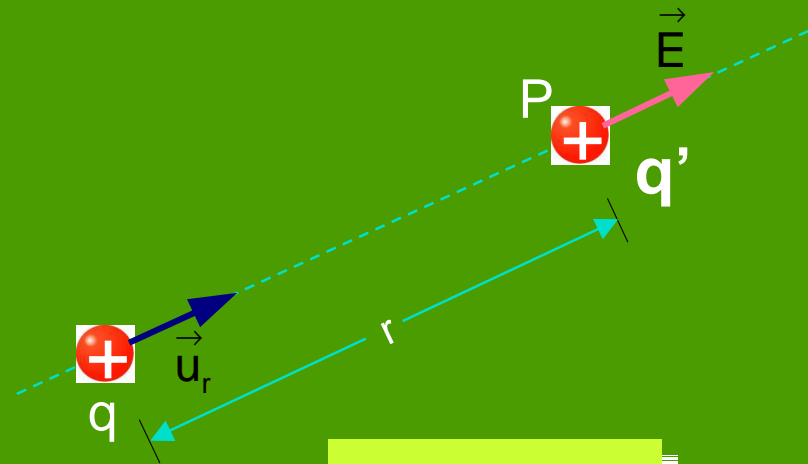
Desde luego, si estamos calculando (no midiendo) el campo eléctrico debido a un conjunto específico de cargas en posiciones fijas, la magnitud de q_0 no altera el resultado.

Campo eléctrico de cargas puntuales

- Sea un campo eléctrico creado por una carga puntual q carga fuente

- Si en un punto P a una distancia r de la carga q , situamos una carga testigo q' , y el campo ejerce sobre ella una fuerza F , la intensidad del campo eléctrico será:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = \pm \frac{1}{q'} \left(K \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_r \right)$$

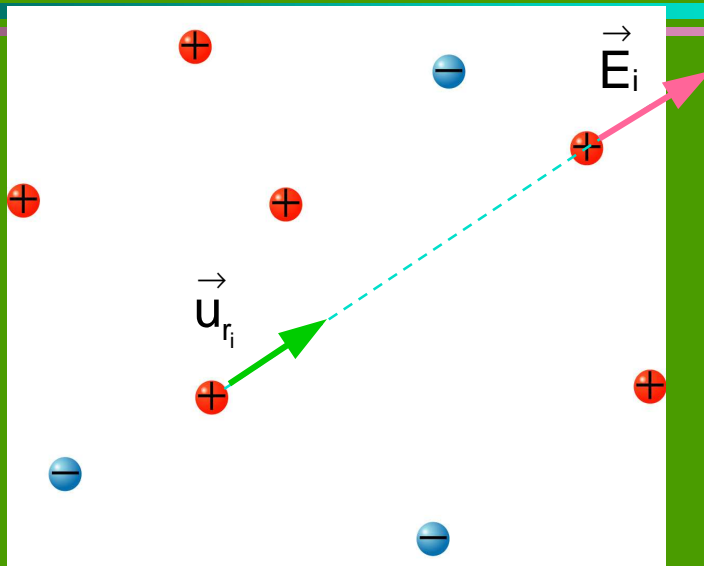


- Por tanto, la intensidad del campo eléctrico será:

$$\vec{E} = \pm K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

SISTEMA DISCRETO

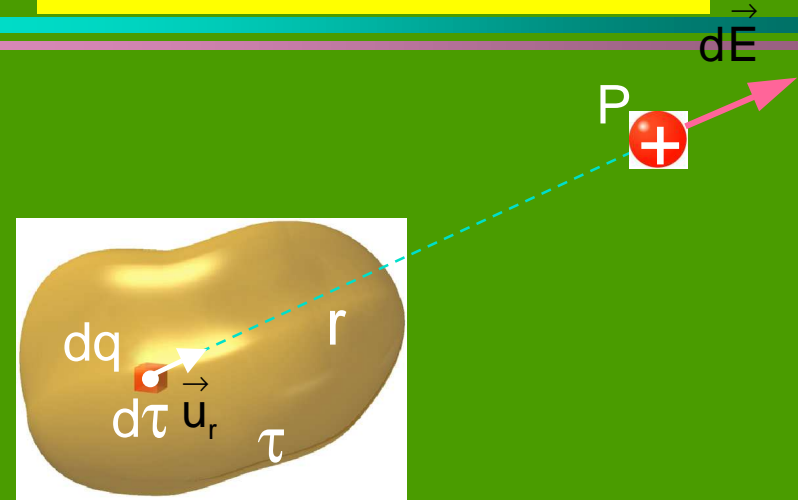


$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i$$

$$\vec{E} = \pm K \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_{r_i}$$

La intensidad del campo eléctrico en un punto debido a un sistema discreto de cargas es igual a la suma de las intensidades de los campos debidos a cada una de ellas

SISTEMA CONTINUO



$$d\vec{E} = \pm K \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

$$\vec{E} = \int_{\tau} d\vec{E} = \pm K \int_{\tau} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

En un sistema continuo, la carga se distribuye en un volumen τ determinado

Dipolo eléctrico

□ Se da el nombre de *dipolo eléctrico* a la configuración de dos cargas iguales y opuestas separadas por una distancia.

□ Momento dipolar p :

$$p=qd$$

Esta cantidad se comporta como un vector, que por definición posee una magnitud $p=qd$ y un sentido que apunta de la carga negativa a la positiva en la dirección de la línea que las une.

Molécula de NaCl (Na^+ Cl^-).

Dipolo eléctrico

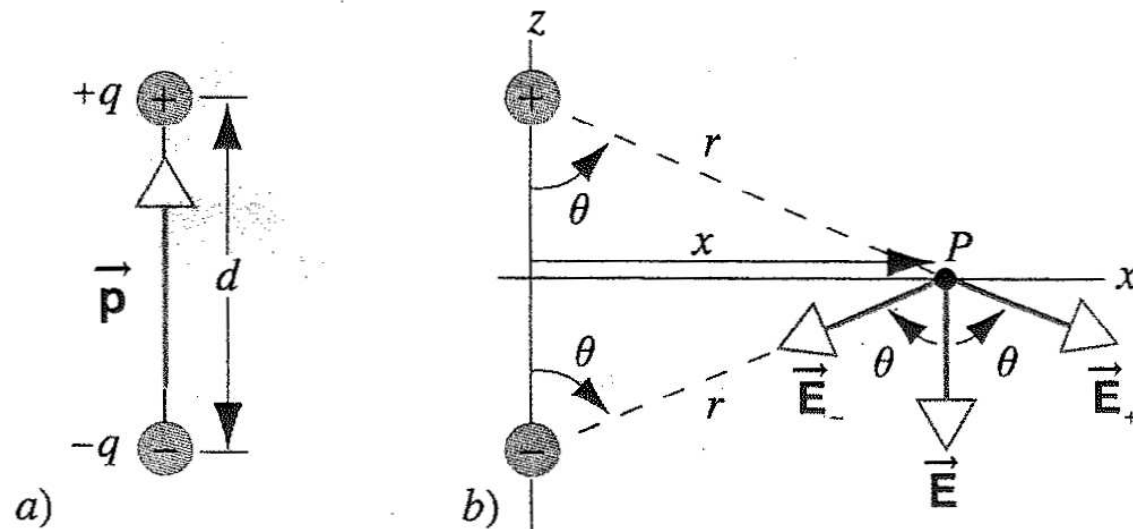
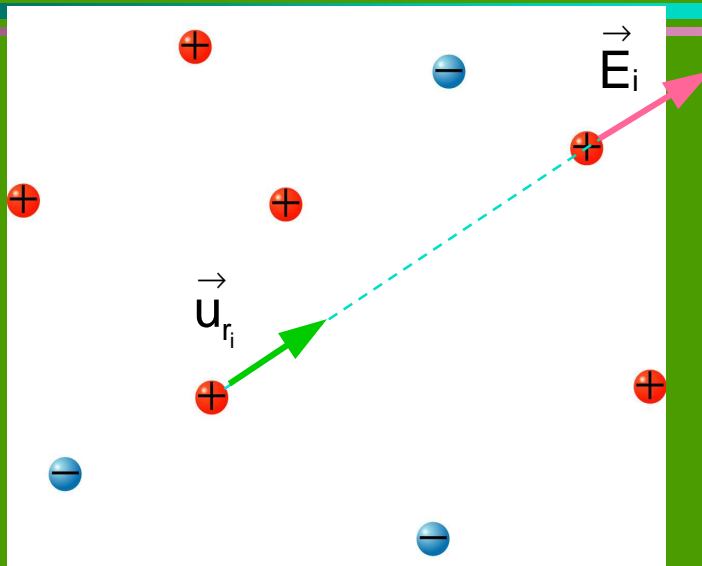


FIGURA 26-5. *a)* Las cargas positivas y negativas de igual magnitud forman un dipolo eléctrico. *b)* El campo eléctrico \vec{E} en cualquier punto es la suma vectorial de los campos creados por las cargas individuales. En el punto P del eje x el campo tiene sólo un componente z .

Campo eléctrico de distribuciones continuas de carga.

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

SISTEMA DISCRETO

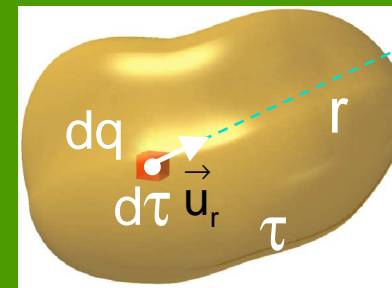


$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i$$

$$\vec{E} = \pm K \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_{r_i}$$

La intensidad del campo eléctrico en un punto debido a un sistema discreto de cargas es igual a la suma de las intensidades de los campos debidos a cada una de ellas

SISTEMA CONTINUO



$$d\vec{E} = \pm K \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

$$\vec{E} = \int_{\tau} d\vec{E} = \pm K \int_{\tau} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

En un sistema continuo, la carga se distribuye en un volumen τ determinado

Línea de carga uniforme

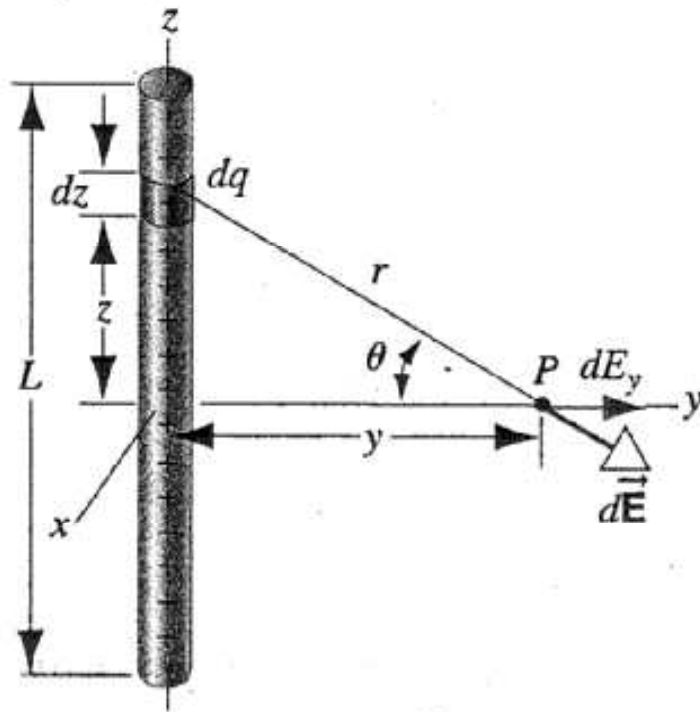


FIGURA 26-6. Una varilla con carga uniforme. El campo eléctrico en el punto P se debe al efecto total de todos los elementos de carga como dq .

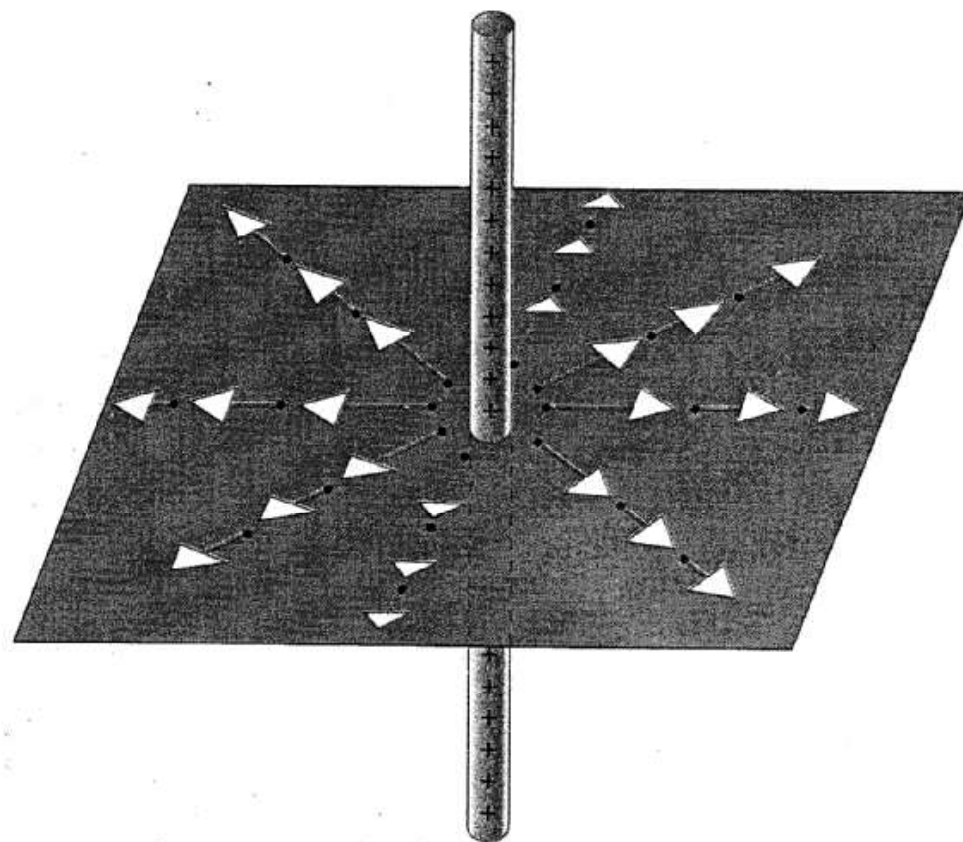


FIGURA 26-7. Campo eléctrico producido por una varilla con carga positiva. Tiene simetría cilíndrica alrededor del eje de la varilla.

Anillo con carga uniforme

Disco con carga uniforme

Una hoja infinita con carga

Líneas de Campo Eléctrico

- ❑ M. Faraday introdujo el concepto de campo eléctrico a comienzos del siglo XIX.
- ❑ No formuló una representación matemática de él; más bien, preparó una representación gráfica donde imaginó que el espacio alrededor de una carga eléctrica estaba lleno de *líneas de fuerza*.
- ❑ Hoy ya no consideramos las líneas tan reales como Faraday, pero las conservamos como un medio útil para visualizar el campo eléctrico.
- ❑ Las llamamos *líneas del campo eléctrico*.

Líneas de Campo Eléctrico

La tangente a la línea del campo eléctrico que cruza un punto cualquiera del espacio denota la dirección del campo eléctrico allí.

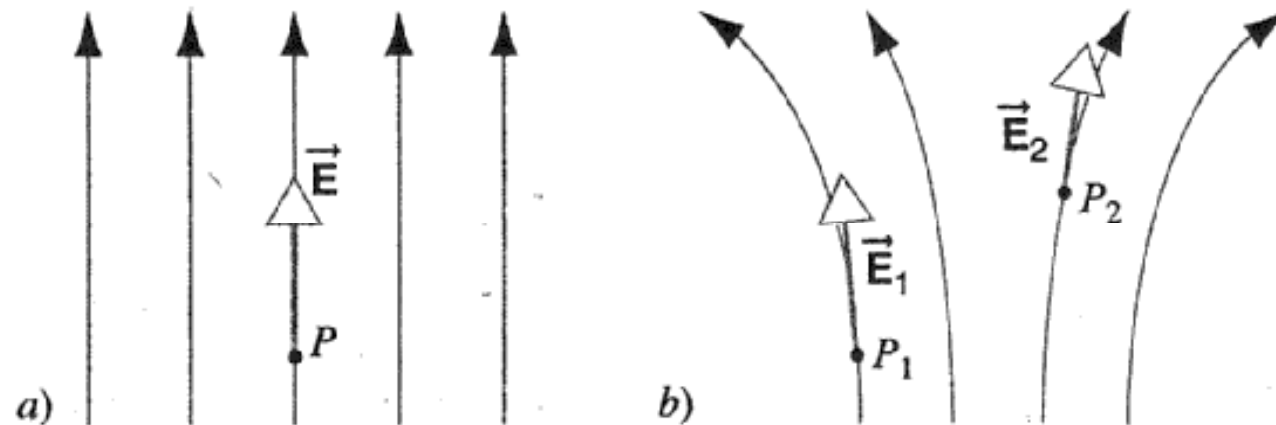


FIGURA 26-9. a) Líneas del campo eléctrico de un campo uniforme. b) Líneas del campo eléctrico de un campo no uniforme.

Líneas de Campo Eléctrico

Las líneas del campo eléctrico comienzan en las cargas positivas y terminan en las negativas.

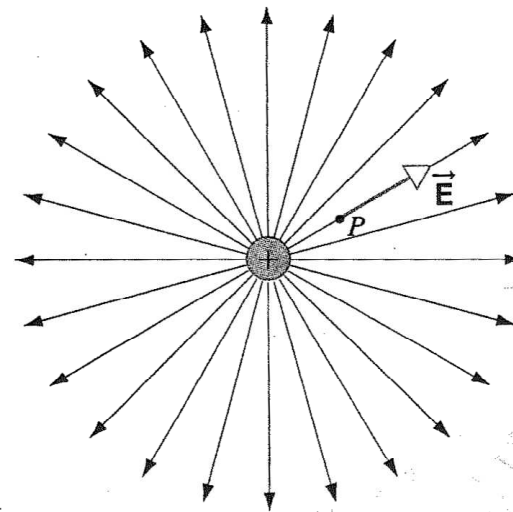


FIGURA 26-10. Líneas del campo eléctrico que rodean una carga puntual positiva y aislada o una esfera uniforme de carga positiva. Se muestra el campo situado en un punto arbitrario P .

Líneas de Campo Eléctrico

- ❑ Las líneas de campo eléctrico empiezan en las cargas positivas (o en el infinito) y terminan en las cargas negativas (o en el infinito). Las cargas positivas se denominan por esta razón fuentes de campo, y las cargas negativas son sumideros de campo.
- ❑ Las líneas deben dibujarse espaciadas uniformemente entrando a o saliendo de cada carga puntual.
- ❑ El número de líneas entrantes o salientes de una carga negativa o positiva debe ser proporcional a la magnitud de la carga.
- ❑ La densidad de líneas (número de líneas por unidad de área perpendicular a las líneas) en cualquier punto debe ser proporcional al valor del campo en ese punto.
- ❑ A grandes distancias de un sistema de cargas dotado de carga neta las líneas de campo deben dibujarse radiales e igualmente espaciadas, como si proviniesen de un único punto donde estuviese concentrada la carga neta del sistema.
- ❑ Dos líneas de campo no pueden cruzarse, puesto que si lo hicieran esto indicaría que en el punto de intersección el campo eléctrico tiene dos direcciones diferentes (recordemos que la dirección del campo en cada punto es tangente a la línea de campo que pasa por allí).

Líneas de Campo Eléctrico

- ❑ En un espacio, en que existe un campo eléctrico, tiene sentido imaginar líneas por donde acelerarían cargas eléctricas puntuales q_0^+ que fueran colocados en ellos.
- ❑ Estas cargas de pruebas son imaginarias, y su valor no interesa.
- ❑ Si en cierto experimento fueran reales, al dejarlas libres en un espacio en que existe un Campo Eléctrico, las veríamos acelerar siguiendo trayectorias que nos mostrarían la forma de dicho campo

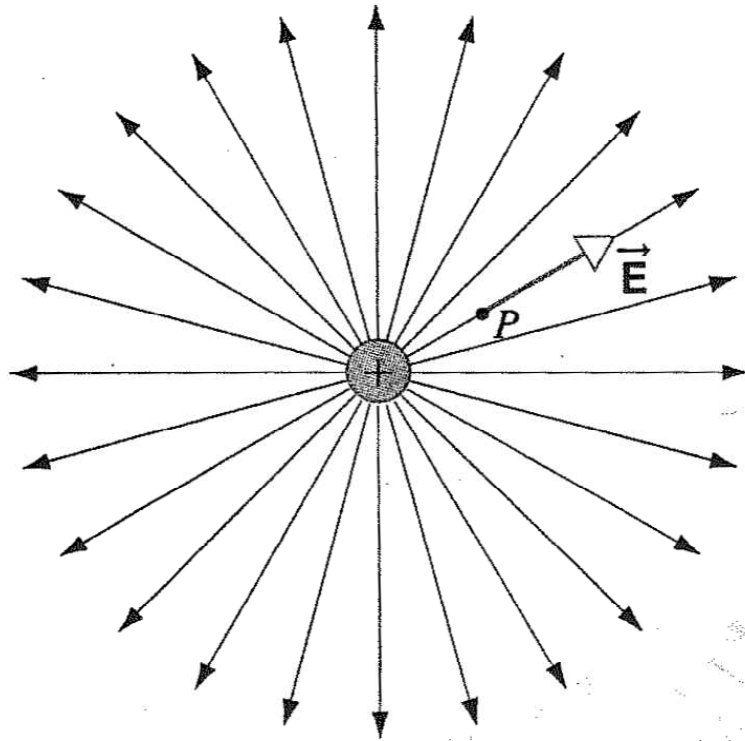


FIGURA 26-10. Líneas del campo eléctrico que rodean una carga puntual positiva y aislada o una esfera uniforme de carga positiva. Se muestra el campo situado en un punto arbitrario P .

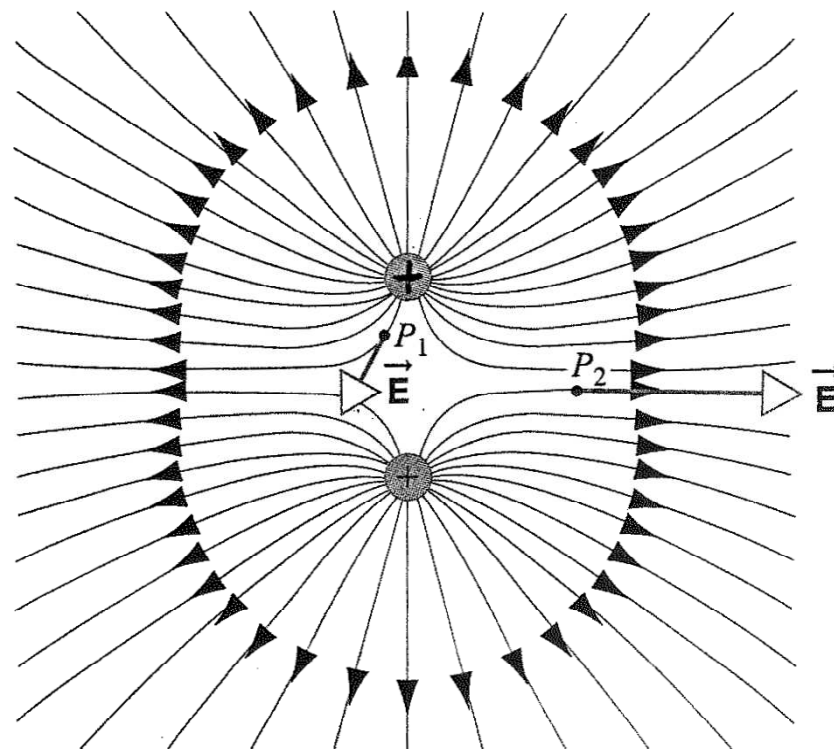


FIGURA 26-13. Líneas del campo eléctrico de dos cargas positivas iguales.

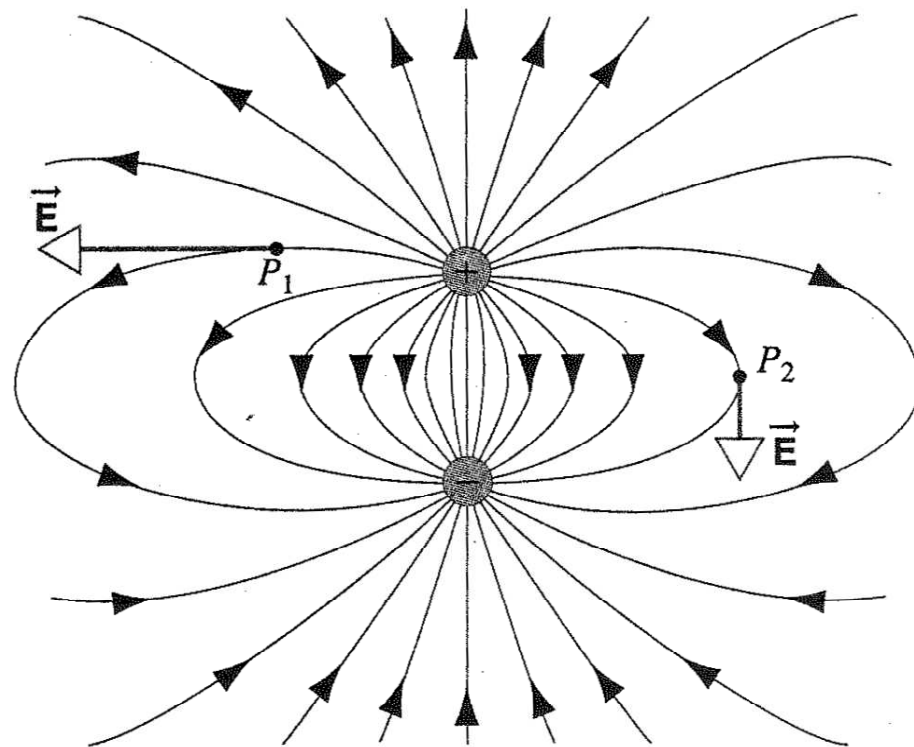


FIGURA 26-12. Líneas del campo eléctrico de un dipolo eléctrico.

Líneas del campo eléctrico (líneas de fuerza)

El vector campo \mathbf{E} en cualquier punto es tangente a la línea de campo. Las líneas de campo se llaman también líneas de fuerza porque su tangente muestra la dirección de la fuerza ejercida sobre una pequeña carga positiva de prueba.

La densidad de líneas en cualquier punto (número de líneas por unidad de área perpendicular a las líneas) es proporcional a la magnitud del campo en dicho punto.

