

# Tutorial de Laboratorio de Física II para QB

**Webpage: <http://paginas.fisica.uson.mx/qb>**

**©2018 Departamento de Física  
Universidad de Sonora**

# Practica 2: Campo Eléctrico

## Objetivos:

1 Investigar cómo son las líneas de fuerza para las siguientes configuraciones de carga:

- a) Una carga puntual
- b) Dos cargas puntuales de igual signo
- c) Dos cargas puntuales de signo contrario
- d) Un anillo cargado
- e) Una barra cargada

2. Investigar dónde se deposita la carga eléctrica en exceso que se coloca en un conductor cerrado y aislado, en condiciones electrostáticas, e investigar bajo las mismas condiciones, cómo es el campo eléctrico en el interior y exterior del hueco de un conductor cerrado.

# Conceptos básicos requeridos:

1. Concepto de campo eléctrico.
2. Líneas de campo eléctrico.
3. Dipolos eléctricos.
4. Carga y flujo eléctrico.
5. Ley de Gauss.
6. Aplicaciones de la ley de Gauss.



# 1.1 CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

El concepto de **Campo** es de gran importancia en ciencias y, particularmente en la Física.

La idea consiste en atribuirle propiedades al espacio, en vez de considerar a los verdaderos causantes de los fenómenos que ocurren en dicho espacio.

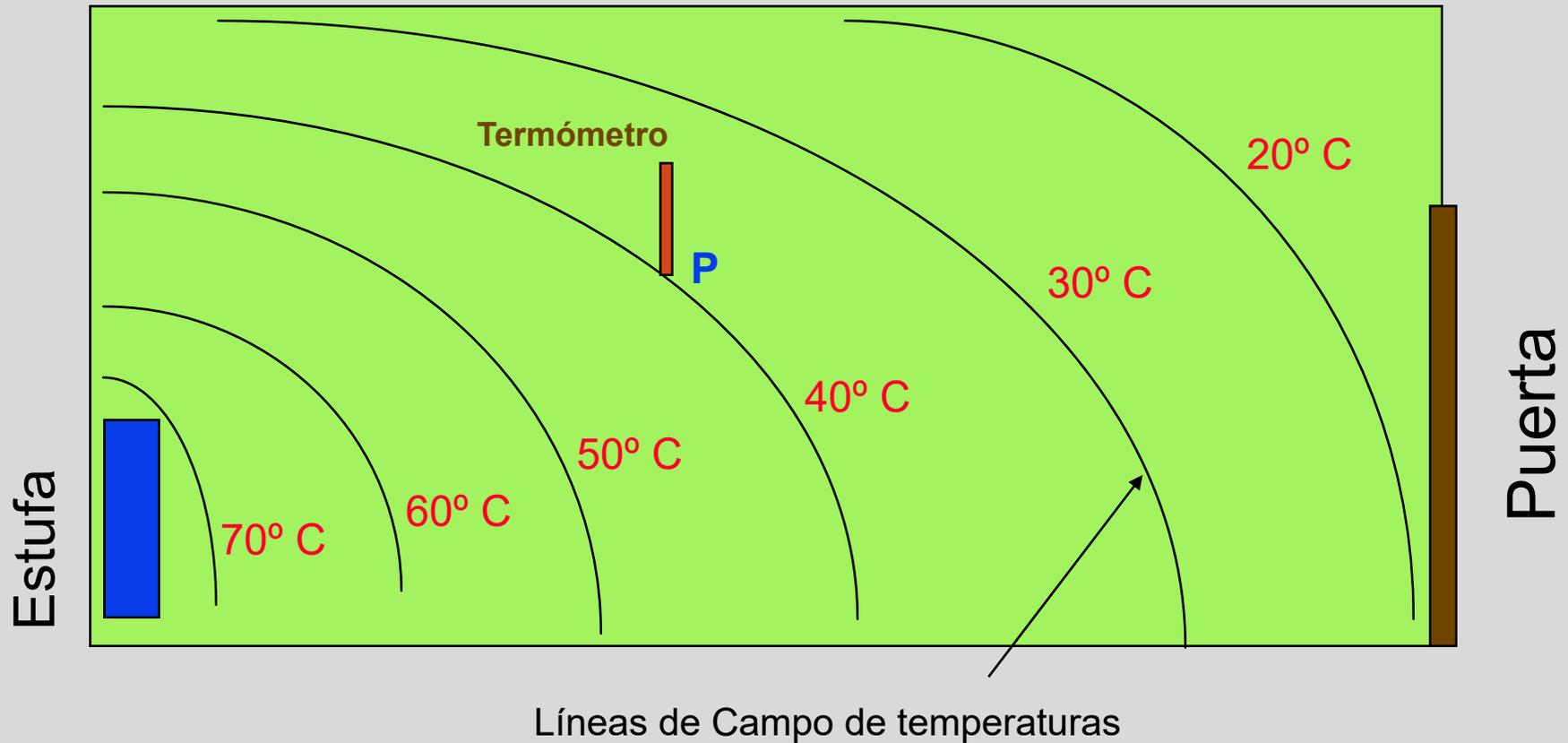
Para comprender esto veamos algunos ejemplos:

- Un campo de temperaturas (Escalar)
- Un campo de velocidades (Vectorial)
- Campo gravitacional (Vectorial)
  - Homogéneo
  - No homogéneo



# CONCEPTO DE CAMPO ESCALAR

Campo de temperaturas (Escalar)



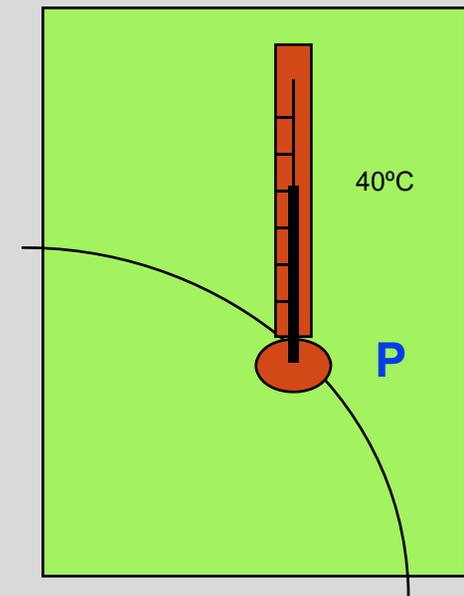
# CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

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 una dirección asociada .

La causa verdadera de que la temperatura de las isotermas sea  $40^{\circ}\text{C}$  se debe a una gran variedad de factores como 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.



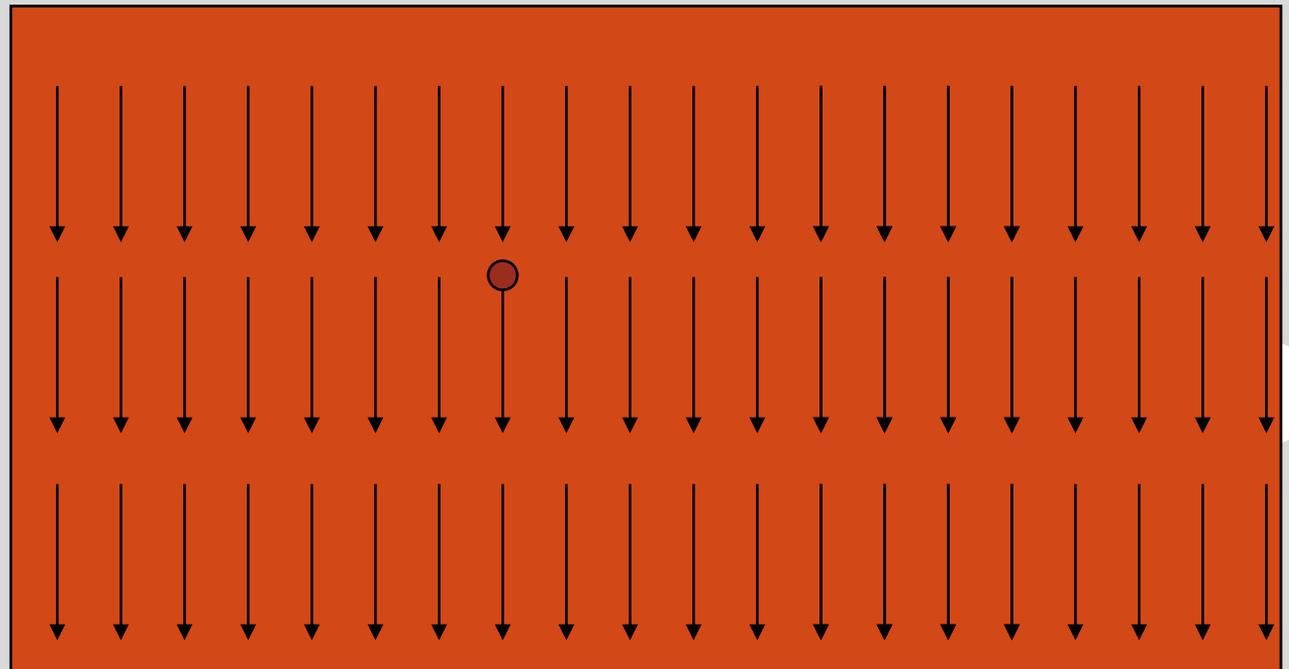
# CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

Campo gravitacional homogéneo (en realidad es un campo de aceleraciones gravitacionales)

Todos los puntos del salón de clases tienen la propiedad de que masas colocadas en ellos experimentan la misma aceleración; es decir,  $g = \text{cte}$ .

Salón de clases

Este Campo gravitacional depende del planeta en que se encuentre el salón de clases, ya que el valor de  $g$  no es el mismo.



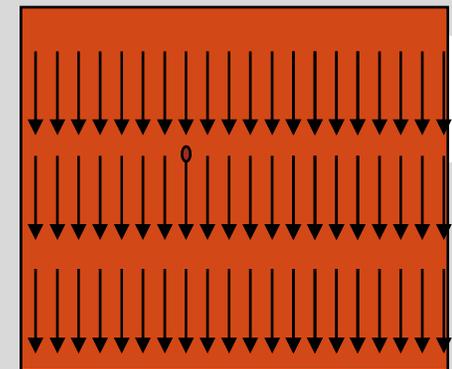
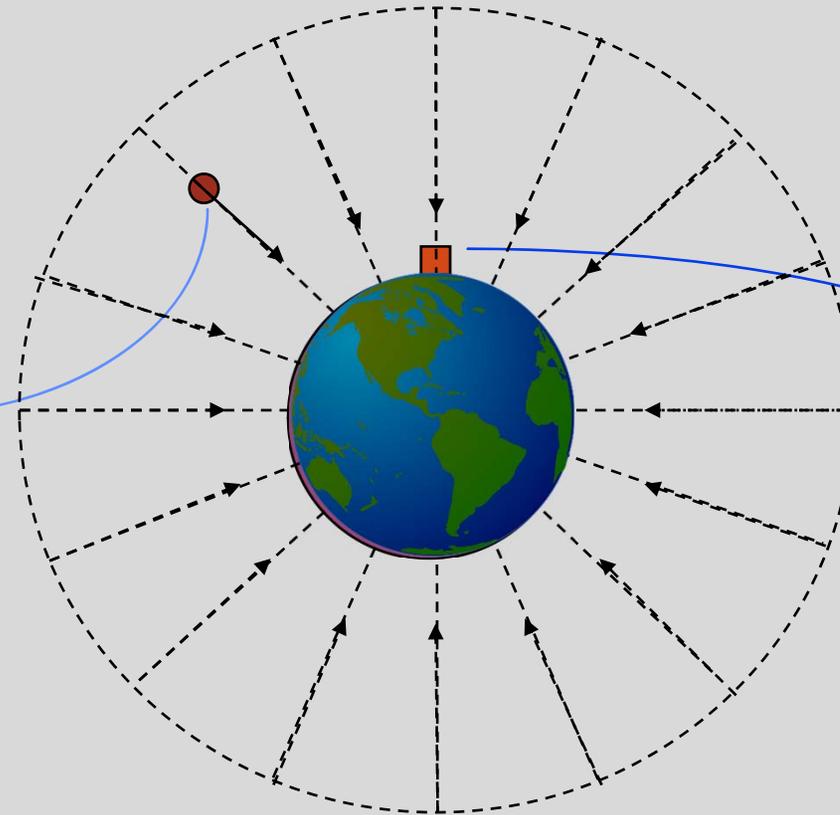
# CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

Campo gravitacional no homogéneo

Si consideramos el planeta Tierra en su totalidad; entonces el Campo gravitacional presenta otro aspecto.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

La intensidad del campo  $g$ , ahora depende de  $M$  y  $r$ .



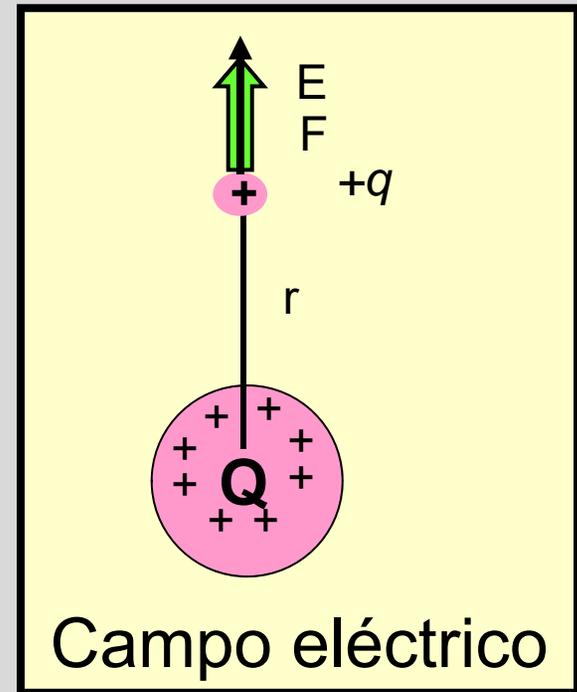
# CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

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

- Campo Gravitacional
- Campo de Velocidades
- Campo Eléctrico
- Campo Magnético

# EL CAMPO ELÉCTRICO

- Sea un punto P del espacio.
- Para dicho punto se define la intensidad del Campo Eléctrico, que designaremos por  $E$ , del modo siguiente:
  - Coloquemos en dicho punto una carga de prueba positiva  $q$  que haremos cada vez mas pequeña en magnitud.
  - Si  $F$  es la fuerza eléctrica que actúa sobre ella, producida por las otras cargas eléctricas que existen en el espacio y de las que desconocemos sus características, el campo eléctrico se define como:



# CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO.

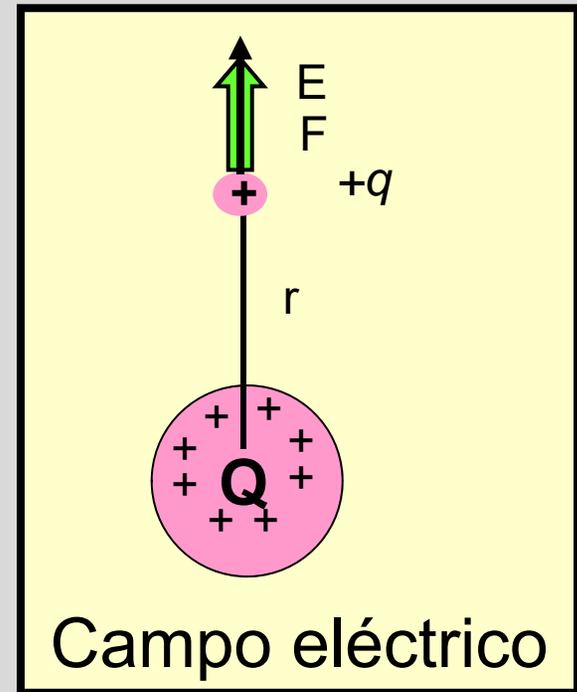
- Como se puede ver, el Campo Eléctrico es un campo vectorial ya que se define como el cociente de un vector (la fuerza eléctrica) entre un escalar (la carga de prueba).
- Posee, en cada punto, la dirección y sentido en que actúa la fuerza eléctrica,  $\mathbf{F}$ .
- Su unidad en el Sistema Internacional de unidades (SI) es el N/C (Newton/Coulomb).
- Del mismo modo que el campo de temperaturas no depende del termómetro, el campo eléctrico no depende ni del valor de la fuerza que se mida ( $F_e$ ) ni del valor de la carga de prueba que se use ( $q_0$ ).

$$\mathbf{E} \equiv \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\mathbf{F}_e}{q_0}$$



# EL CAMPO ELÉCTRICO

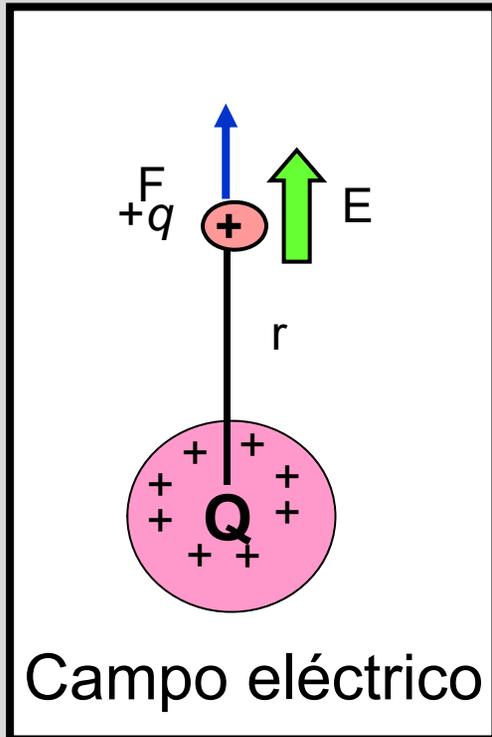
1. Si P es un punto a una distancia  $r$  de  $+Q$ .
2. Decimos que en P existe un campo eléctrico  $E$  si una carga de prueba  $+q$  tiene una fuerza  $F$  en dicho punto.
3. La dirección del  $E$  es igual que la dirección de una fuerza sobre la carga  $+$  (pos).
4. La magnitud de  $E$  está dada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



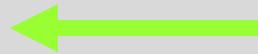
$$E = \frac{F}{q}; \text{ unidades } \frac{N}{C}$$



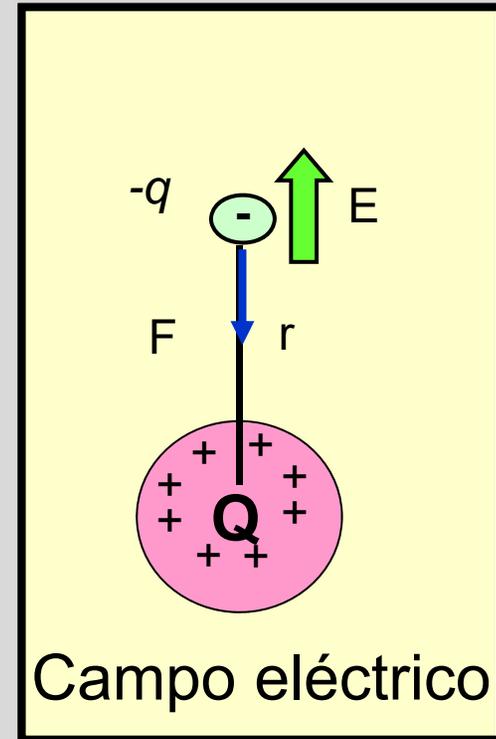
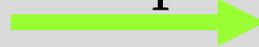
# EL CAMPO ELÉCTRICO



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



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

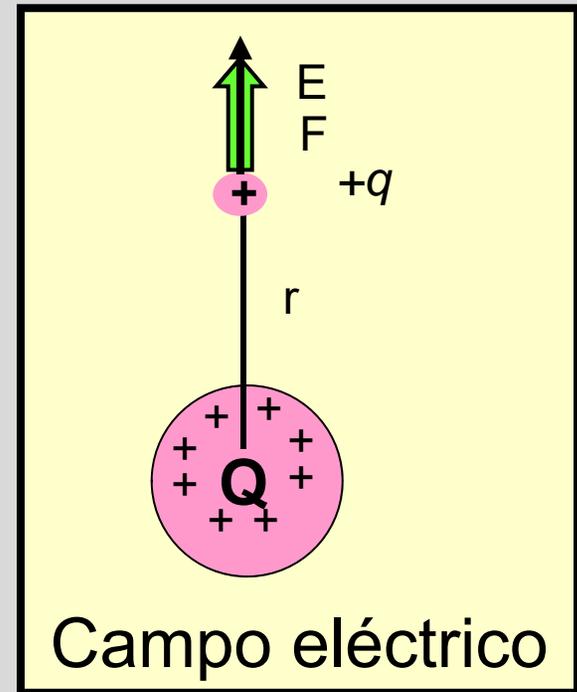


En un punto existe un campo  $E$  ya sea que en dicho punto haya o no una carga. La dirección del campo es alejándose de la carga  $+Q$ .



# 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:



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



# EL CAMPO ELÉCTRICO

En resumen: 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.

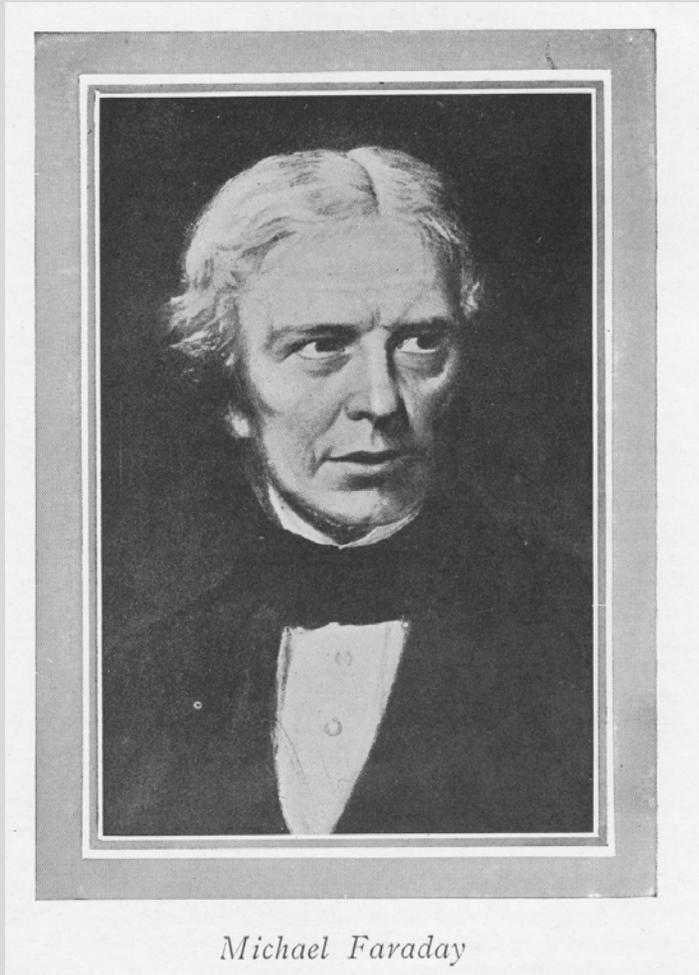
Intensidad de campo  
eléctrico  $E$

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

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.



## 2.1 LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.



Visualizar la distribución de un campo eléctrico en una región del espacio mediante "líneas de campo" fue una idea introducida por el físico inglés Michael Faraday (1791-1867).

La idea consiste en trazar líneas de tal forma que

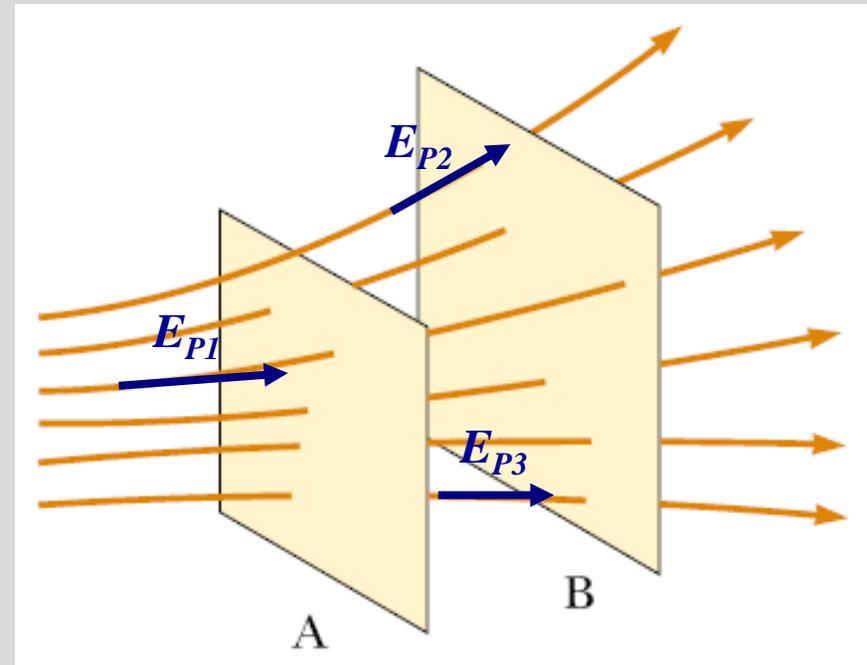
- la tangente a una línea de campo en cualquier punto es la dirección del campo eléctrico en ese punto.
- el número de líneas por unidad de área transversal (perpendicular a las líneas) es proporcional a la magnitud del campo eléctrico en esa región.



# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

Las líneas de campo son una manera de poder visualizar la distribución de un campo eléctrico en una región del espacio; por ejemplo, a partir de la idea mencionada anteriormente y con base en la figura anexa, podemos establecer:

- en cualquier punto  $P$ , la tangente a una línea de campo corresponde a la dirección del campo eléctrico en ese punto.
- como la densidad de líneas en la región  $A$  (número de líneas que atraviesan el área sombreada) es mayor que en la región  $B$ , entonces en la región  $A$ , la magnitud del campo es mayor que en la región  $B$ .

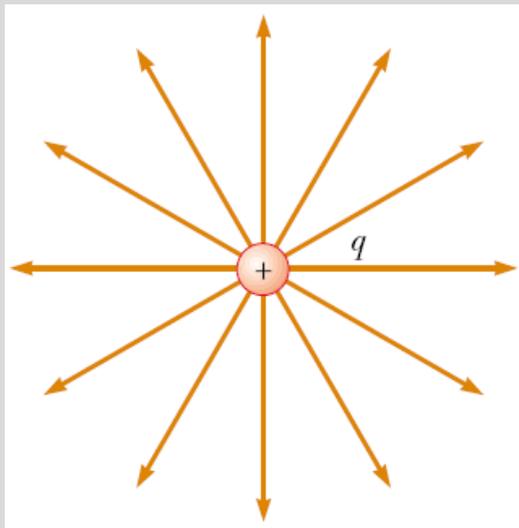


# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

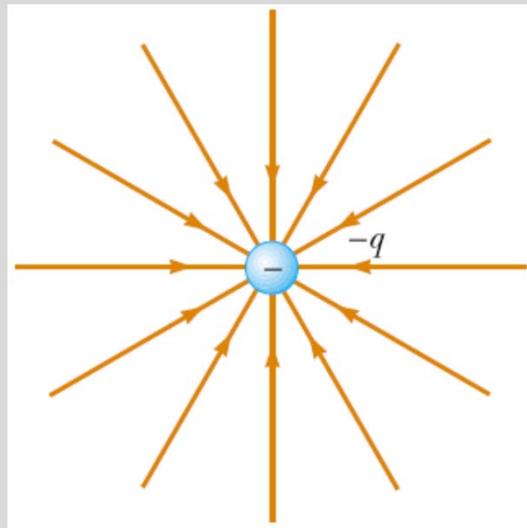
En el caso de una carga puntual podemos trazar las líneas de campo, considerando que el campo eléctrico está dado por

$$\vec{E}_P = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

para obtener



Para una carga positiva



Para una carga negativa

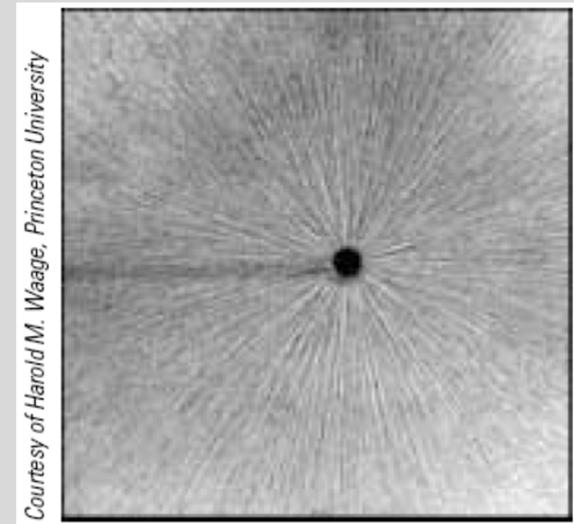


Imagen de partículas pequeñas suspendidas en aceite, alrededor de una punta conductora cargada.



# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

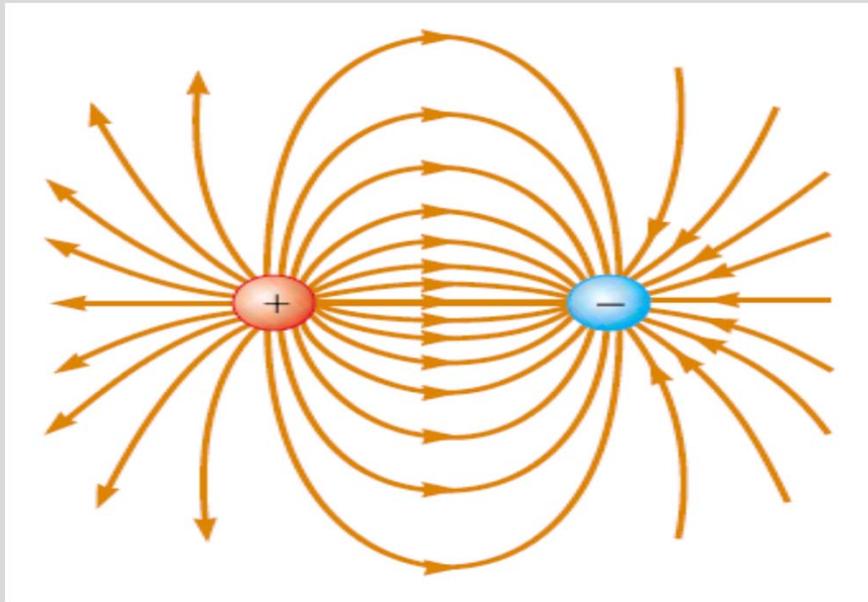
Las reglas para construir las líneas de campo (considerando que la tangente a una línea de campo en cualquier punto es la dirección del campo eléctrico en ese punto, y que el número de líneas por unidad de área transversal es proporcional a la magnitud del campo eléctrico) son las siguientes:

1. Las líneas deben empezar en cargas positivas y terminar en cargas negativas; en caso de existir un exceso en un tipo de carga, la línea empezará o terminará en infinito (ver el caso de una carga puntual mostrado anteriormente).
2. Las líneas se dibujan de tal forma que a mayor densidad de líneas, mayor intensidad (magnitud) del campo eléctrico.
3. Las líneas NO se cruzan, porque en cada punto el valor del campo es único y un cruce significaría que existen dos valores para el campo total.



## 2.3 LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO Y DIPOLO ELECTICO

En el caso de dos cargas puntuales de igual magnitud y signos opuestos (arreglo que recibe el nombre de dipolo eléctrico) podemos trazar las líneas de campo, para obtener



Líneas de campo para un dipolo eléctrico (arreglo formado por dos cargas: positiva y negativa de igual magnitud)

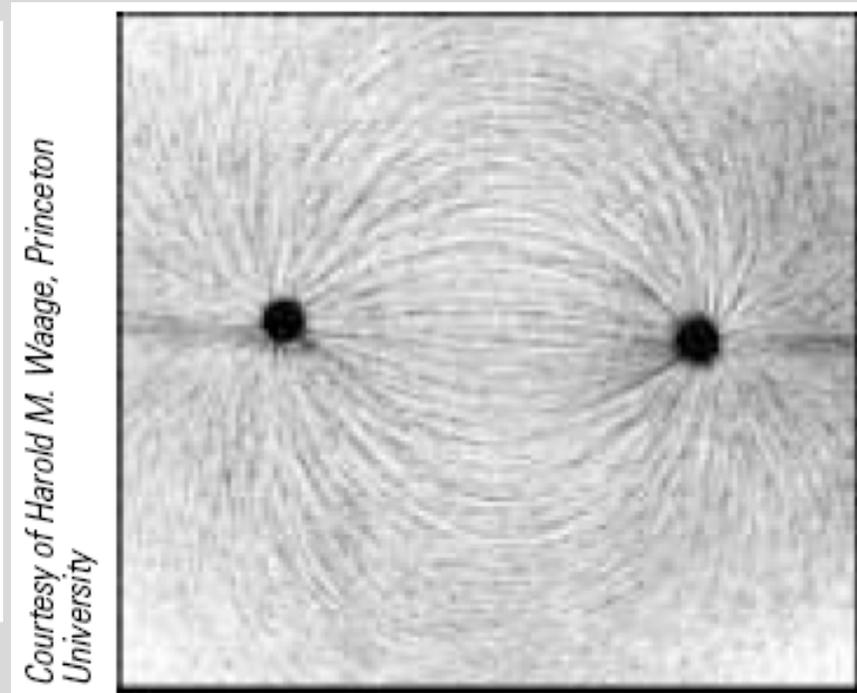
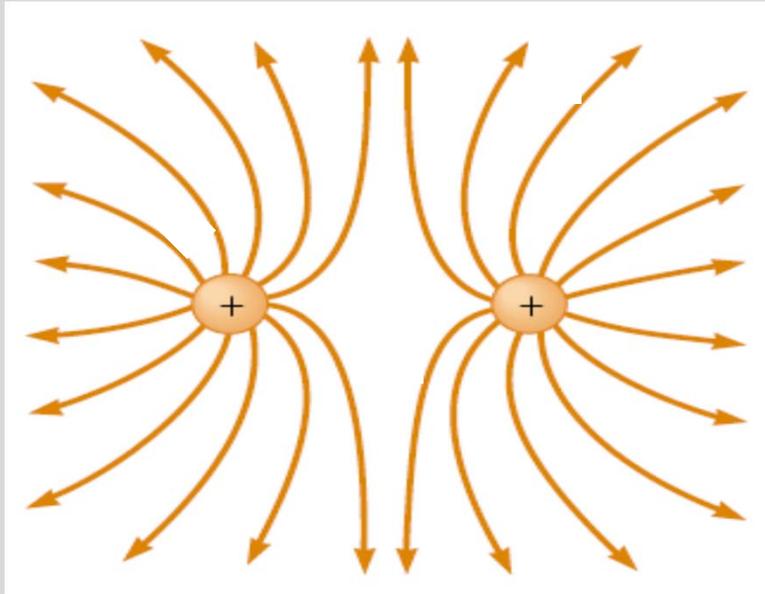


Imagen de partículas pequeñas suspendidas en aceite, alrededor de dos puntas conductoras con cargas opuestas.



# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

En el caso de dos cargas puntuales de igual magnitud y signos iguales podemos trazar las líneas de campo, para obtener



Líneas de campo para un arreglo formado por dos cargas positivas de igual magnitud.

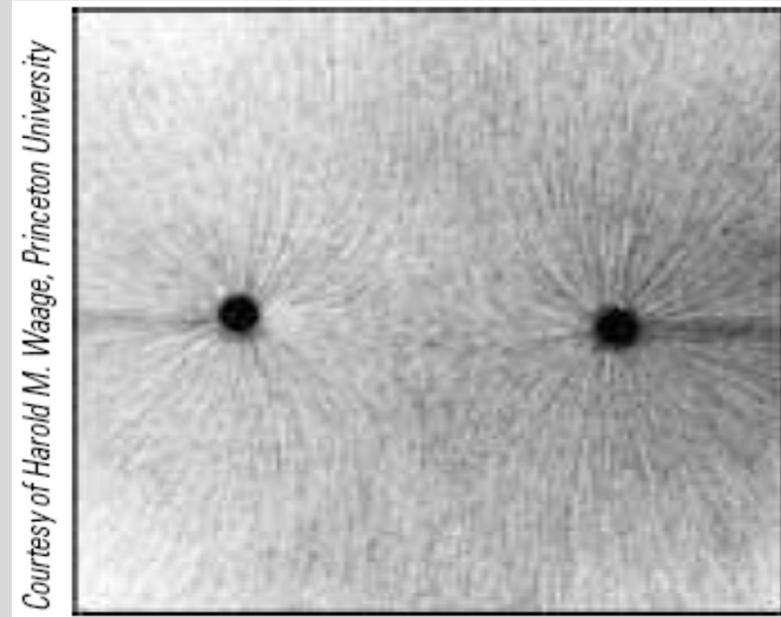


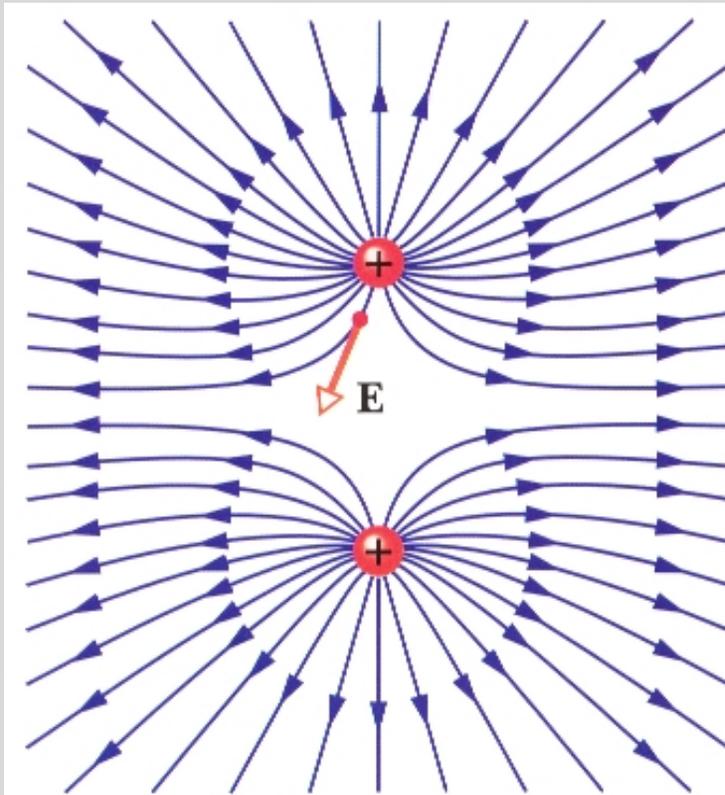
Imagen de partículas pequeñas suspendidas en aceite, alrededor de dos puntas conductoras con cargas opuestas.

Si las cargas son negativas, el esquema de líneas de campo es idéntico al mostrado aquí (para cargas positivas).

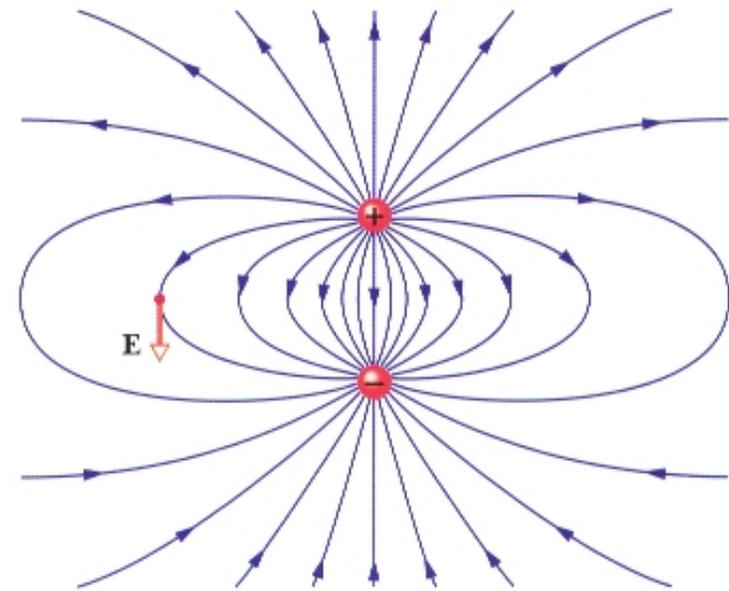


# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

Resumiendo, para dos cargas puntuales las líneas de campo eléctrico tenemos



Líneas de campo para dos cargas positivas



Líneas de campo para un dipolo eléctrico



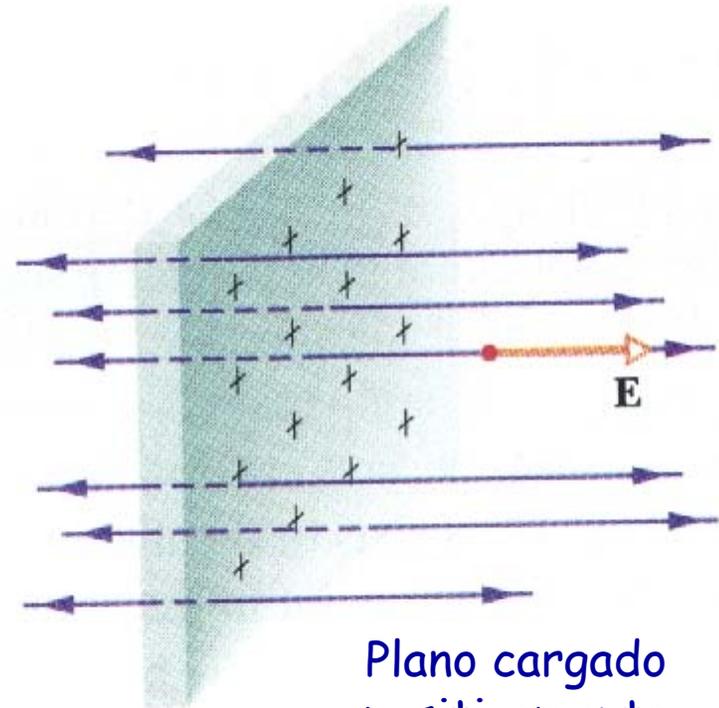
# LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

De igual manera, podemos dibujar las líneas de campo en tres dimensiones:



Esfera con carga negativa

**Simetría esférica**



Plano cargado positivamente

**Simetría plana**

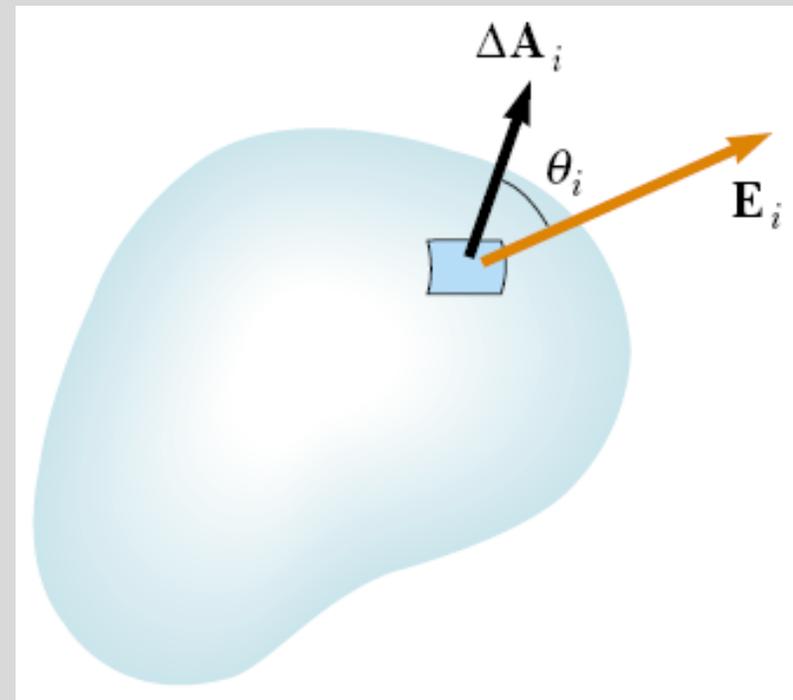


# Carga y flujo eléctrico.

Hasta este punto hemos asumido un campo eléctrico uniforme, así como un área plana, en una situación más general el campo puede variar al considerar una superficie más compleja. La pregunta es ¿cómo generalizamos nuestra discusión acerca de flujo eléctrico?

Con base en el esquema anexo, la respuesta se puede construir de la siguiente manera:

Consideremos a la superficie dividida en un gran número de elementos, cada uno de área  $\Delta A_i$ , lo suficientemente pequeño para que la variación del campo en tal elemento se pueda despreciar; esto para que podamos tomar el campo como constante en dicho elemento.



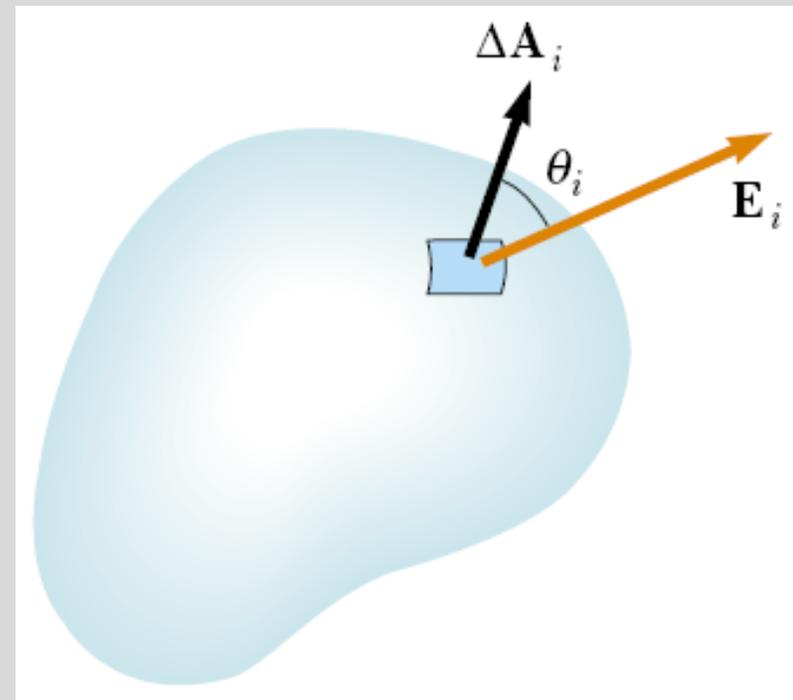
# Carga y flujo eléctrico.

Es conveniente definir al vector  $\Delta\mathbf{A}_i$  cuya magnitud representa el área del  $i$ -ésimo elemento de la superficie y cuya dirección se define perpendicular al área y "saliendo" de ella, tal como se muestra.

El campo eléctrico  $\mathbf{E}_i$  forma un ángulo  $\theta_i$  con el vector  $\Delta\mathbf{A}_i$ , con lo que el flujo a través del elemento está dado por

$$\Delta\Phi_E = E_i \Delta A_i \cos\theta_i = \vec{E}_i \cdot \vec{\Delta A}_i$$

donde se ha usado la definición del producto escalar.



# Carga y flujo eléctrico.

Si a continuación sumamos todas las contribuciones  $\Delta\Phi_E$  obtenemos el flujo eléctrico total a través de la superficie:

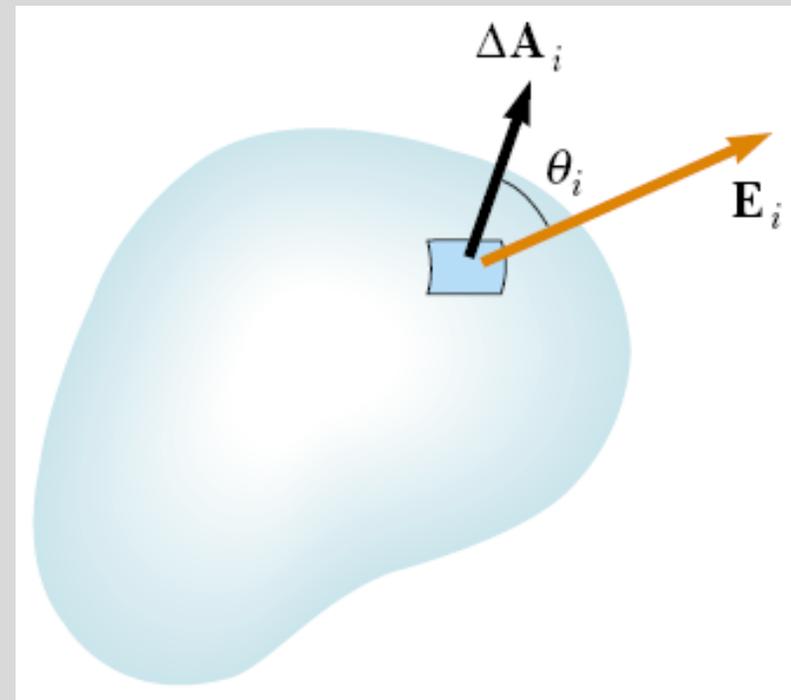
$$\Phi_E = \sum \Delta\Phi_E = \sum_i \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{A}_i$$

La sumatoria puede sustituirse por una integral si consideramos el límite en el que el área de los elementos se hace tender a cero, a saber

$$\lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum_i \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{A}_i \rightarrow \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

Por lo que

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A}$$



# Carga y flujo eléctrico.

La integral

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_S E \cos\theta dA$$

define el flujo eléctrico a través de la superficie S.

Esta definición representa una integral de superficie, lo que significa que debe ser evaluada sobre la superficie en cuestión.

Su valor depende del patrón que presente el campo, así como de la forma que tenga la superficie donde se está calculando el flujo eléctrico.



# Practica #1

## Objetivos:

Investigar cómo son las líneas de fuerza para las siguientes configuraciones de carga: a) Una carga puntual

- b) Dos cargas puntuales de igual signo
- c) Dos cargas puntuales de signo contrario
- d) Un anillo cargado
- e) Una barra cargada
- 2. Investigar dónde se deposita la carga eléctrica en exceso que se coloca en un conductor cerrado y aislado, en condiciones electrostáticas, e investigar bajo las mismas condiciones, cómo es el campo eléctrico en el interior y exterior del hueco de un conductor cerrado.

## II. Materiales:

1. Generador de carga.
2. Cuba electrostática.
3. Crema de trigo.
4. Alambre para conexión (puede ser de teléfono).
5. Un anillo metálico.
6. Dos barras metálicas.
7. Una barra metálica pequeña.
8. Alambre de cobre para hacer diferentes figuras.
9. Aceite rojo para muebles.
10. Jaula de Faraday pequeña y grande.
11. Electroscopio.
12. Un vaso de precipitados de 250 mililitros.
13. Cinta adhesiva.
14. Esferita pequeña forrada de papel aluminio.