

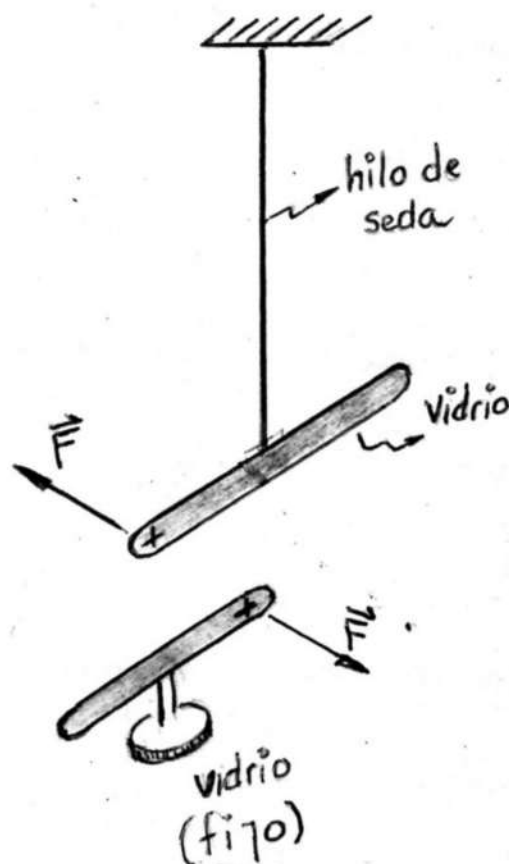
## CARGA ELÉCTRICA

•) Hay DOS CLASES de Carga Eléctrica

POSITIVA Y NEGATIVA

•) Dos cargas de un mismo  
signo se REPELEN

•) Dos cargas de DISTINTO  
signo se ATRAEN -



## EXPERIENCIA

Vidrio frotado con Seda

⇒ el vidrio recibe carga positiva. ∴ las dos varillas de vidrio se repelerán.

SEDA →  
VIDRIO ⊖

PIEL ⊖  
CAUCHO ⊖

CAUCHO frotado con piel se carga negativamente. Si lo acerco a

la varilla de vidrio del caso anterior, ambos cuerpos se ATRAEN -

**[OJO]** EL FROTAMIENTO NO CREA CARGAS sino que simplemente LAS

TRANSPORTA de un material a otro. Cuando frotamos vidrio con seda, el vidrio recibe carga positiva de la seda en igual magnitud que la seda recibe carga negativa proveniente del vidrio. (En realidad, la SEDA recibe electrones del vidrio. Los núcleos fijos del vidrio son las cargas POSITIVAS) -

## 1) CONDUCTORES Y AISLADORES

- ) En materiales conductores eléctricos, las cargas se pueden mover libremente a través del material; mientras que en los aisladores o dieléctricos NO PUEDEN HACERLO.
- ) En los metales, los portadores de carga (o transportadores de carga) son los ELECTRONES LIBRES, (CARGA NEGATIVA). Los NÚCLEOS ATÓMICOS del metal sólido (CARGA POSITIVA) son tan fijos como los de cualquier dieléctrico.  
Al formarse el sólido metálico, los electrones de la última órbita de cada átomo quedan en libertad de moverse en todo el volumen del sólido.
- ) Los Conductores ELECTROLÍTICOS: las sales se IONIZAN  $\Rightarrow$  Hay IONES POSITIVOS e IONES NEGATIVOS. (ambos tipos de cargas  $\Rightarrow$  bipolares).
- ) Un DIELECTRICO IDEAL NO POSEE electrones libres.  
Un DIELECTRICO REAL POSEE alrededor de  $10^7$  electrones libres por cada metro cúbico.  
Un METAL POSEE alrededor de  $10^{28}$  electrones libres/metro<sup>3</sup>.  
Un SEMICONDUCTOR es un caso intermedio.

## 1) LEY DE COULOMB

Cuantifica las atracciones y repulsiones eléctricas.

Cuando las cargas se repelen, la balanza se tuerce inicialmente.

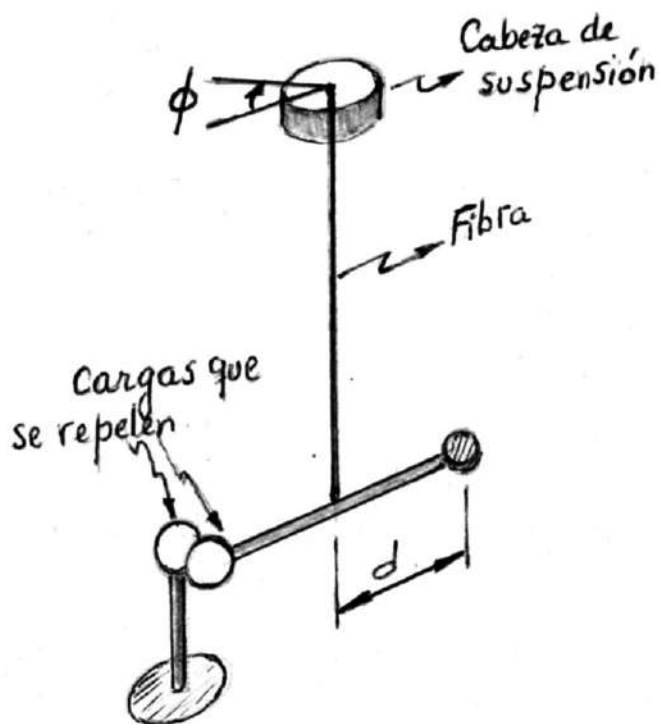
Luego se gira la cabeza de suspensión en sentido opuesto un ángulo  $\phi$  para que la esfera cargada recupere la posición inicial.

El ángulo  $\phi$  es la medida de la fuerza actuante entre cargas. Ya que se conoce de antemano la cupla que la fibra ejerce sobre la varilla por unidad de ángulo  $\phi$ . ( $\equiv \tau_{(\phi)} \equiv$  momento torsor).

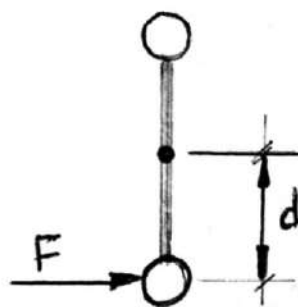
Por su parte, la fuerza eléctrica se opone al mismo mediante un momento  $Fd$ :

$$\tau_{(\phi)} = Fd \Rightarrow F = \frac{\tau}{d}$$

Ya que el sistema se mantiene en equilibrio.



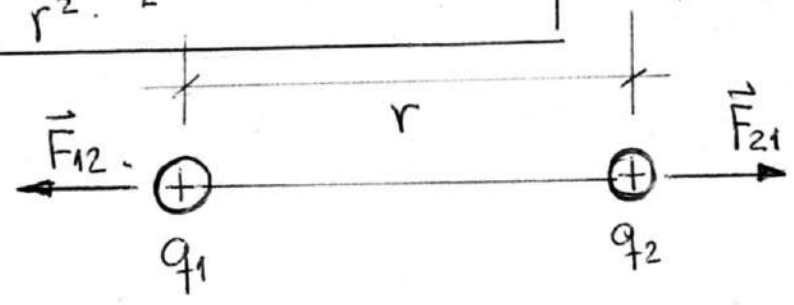
BALANZA DE TORSIÓN



Los RESULTADOS de las experiencias Condujeron a la siguiente expresi3n:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} [N] = |F_{12}| = |F_{21}|$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



$$\epsilon_0 = 8,85418 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

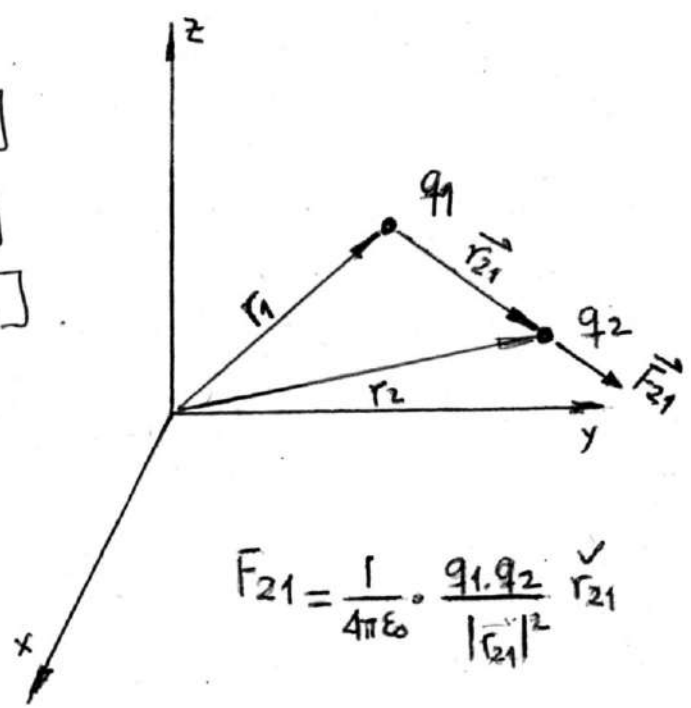
$\epsilon_0 \equiv$  PERMITIVIDAD DEL MEDIO O CONSTANTE DIELECTRICA -

$F_{12}$  y  $F_{21}$  son una pareja de ACCI3N Y REACCI3N ( $\Rightarrow$  iguales y opuestas).

Esto ser3 as3 AUNQUE LAS CARGAS SEAN DE DISTINTO VALOR.

La RECTA DE ACCI3N de  $F_{12}$  y  $F_{21}$  coincide con la recta que une ambas cargas.

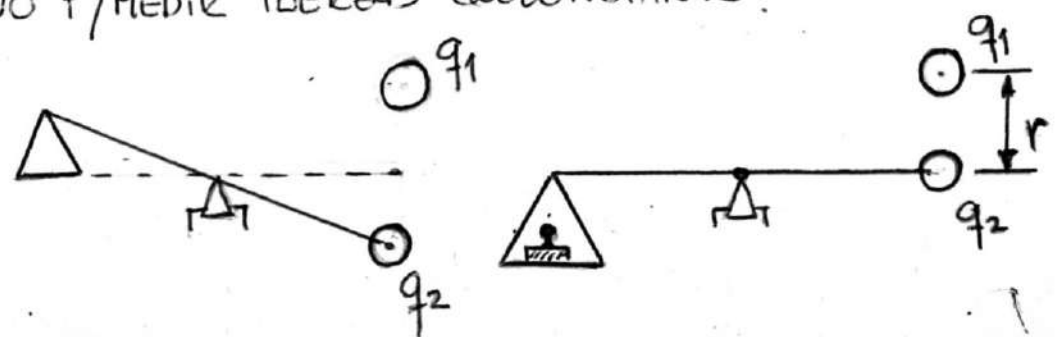
EN M.K.S  $\left\{ \begin{array}{l} q \rightarrow [Coulomb] \\ r \rightarrow [metros] \\ F \rightarrow [Newton] \end{array} \right.$



i) A doble Separaci3n de Cargas, habra  $\frac{1}{4}$  de fuerza de interacci3n.

$$F_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_{21}|^2}$$

OTRO DISPOSITIVO P/MEDIR FUERZAS COULOMBIANAS.



# CAMPO ELÉCTRICO $\vec{E}$

Coulomb y  $\vec{E}$   
3-A

Coulomb nos dice cómo y cuánto una carga  $q_1$  acciona sobre  $q_2$ .

A este punto de vista se le llama ACCIÓN A DISTANCIA EN

FUNCIÓN DE  $\boxed{\text{CARGA } \textcircled{1}} \rightleftharpoons \boxed{\text{CARGA } \textcircled{2}}$ .

NOTA: La doble flecha indica una ACCIÓN MUTUA, es decir ACCIÓN Y REACCIÓN.

Ahora vamos a adoptar otra forma: 1) Una carga eléctrica  $Q$  afecta al espacio que la rodea. A este espacio se lo llama CAMPO ELÉCTRICO.

Por esto podemos decir que  $q_1$  PRODUCE un campo eléctrico en el espacio que la rodea.

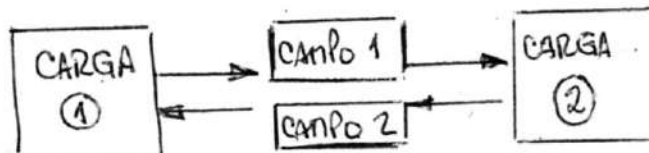
2) Este CAMPO ELÉCTRICO ACTÚA

sobre  $q_2$  por medio de la fuerza que  $q_2$  experimenta.

En el paso 1) pensamos en función de  $\boxed{\text{CARGA } \textcircled{1}} \rightleftharpoons \text{CAMPO}$ .

En el paso 2) pensamos en función de  $\text{CAMPO} \rightleftharpoons \boxed{\text{CARGA } \textcircled{2}}$ .

En síntesis:



NOTA: La doble flecha significa que la CARGA ① genera un campo 1 (que termina afectando a la CARGA ②) pero QUE TAMBIÉN la CARGA ② genera un campo-2 (que termina afectando a la CARGA ①).

Entre ellas, los campos se SUPERPONEN -

Es decir que cada carga tiene asociado su respectivo CAMPO ELÉCTRICO.

## INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO EN UN PUNTO DEL ESPACIO

- ) Colocamos en dicho punto un cuerpo de prueba, que tenga una carga  $q_0$  (positiva).
- ) Medimos la fuerza  $F$  que obra sobre el mismo.
- ) Calculamos  $\vec{E}$  según la siguiente definición:

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

$\vec{E}$  = Vector Campo Eléctrico.

$$[\vec{E}] = \frac{N}{C}$$

## LÍNEAS DE FUERZA

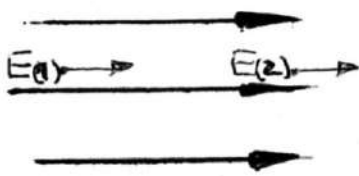
Sirven para visualizar (graficar) los Campos eléctricos cuantitativamente.

Características:

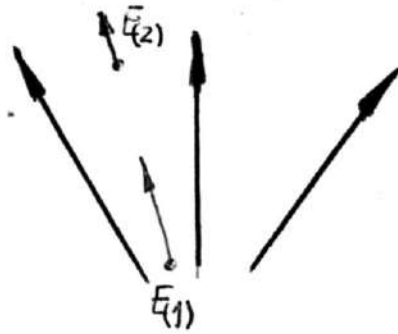
- 1) El vector  $\vec{E}$  es siempre tangente a las líneas de fuerza en todo punto del campo eléctrico.



2) Mayor concentración de líneas de fuerza  $\Rightarrow$  Mayor valor de  $\vec{E}$  y viceversa.



$$E_{(1)} = E_{(2)}$$

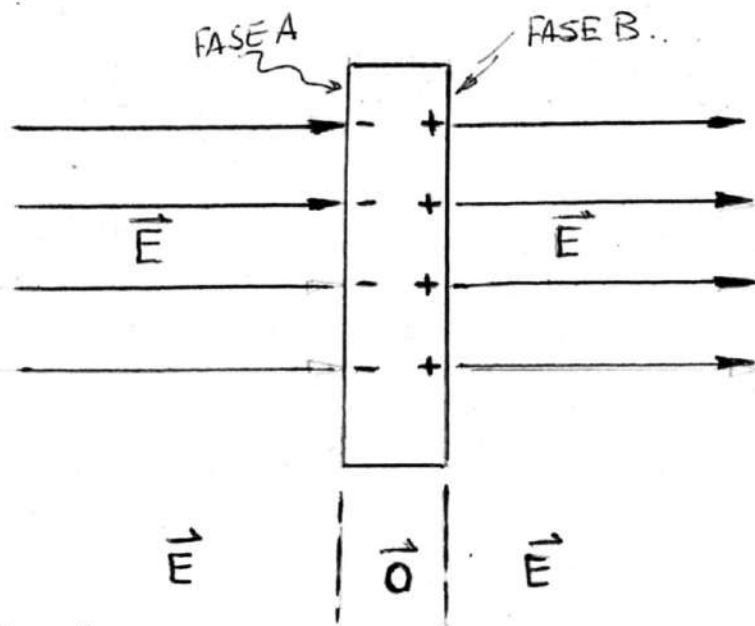


$$E_{(1)} > E_{(2)}$$

3) Las líneas de fuerza nacen en una carga positiva y mueren en una carga negativa. En cierta forma pueden ser interpretadas como la atracción (ó tironeo) entre cargas opuestas de las que nace y muere.

4) En régimen permanente, no existen líneas de fuerza dentro de un material conductor.

•) Dado un  $\vec{E}$ , se interpone una placa metálica neutra -



•) En un primer momento el  $\vec{E}$  atraviesa la placa -

El  $\vec{E}$  atrae electrones sobre la FASE A.

y carga positivamente la FASE B de la placa que sigue siendo neutra -

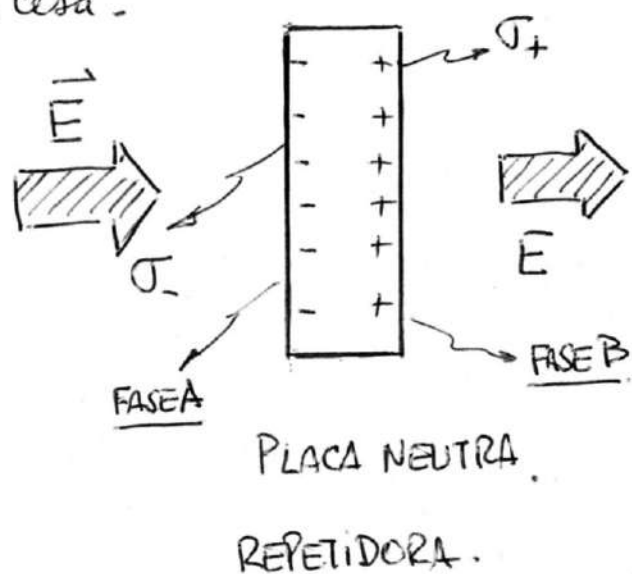


Como consecuencia de esta polarización de la placa metálica se genera un campo interno  $E_{int}$  tal que superpuesto a  $\vec{E}$  resulta un  $\vec{E}_{TOTAL} = \vec{E} + \vec{E}_{int} = 0$  en el seno del conductor =

Las cargas "separadas" (ó iones) del material conductor neutro se amontonan en la superficie del mismo creándose una densidad superficial de carga " $\sigma$ ". Cuando el campo  $\vec{E}$  exterior cesa, la polarización también cesa.

La  $\sigma_-$  RECIBE el campo  $\vec{E}$

La  $\sigma_+$  RETRANSMITE el campo  $E$  recibido en la FAZ IZQUIERDA



•) El  $\vec{E}$  es NORMAL al conductor

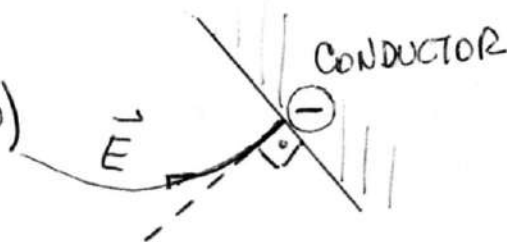
Toda línea de campo  $\vec{E}$  debe llegar o partir de una superficie conductora CON UN ÁNGULO DE  $90^\circ$

En régimen permanente (frecuencia=0)

es decir en electrostática, si

el campo  $E$  ingresase tangencialmente,

sucedería el mismo transitorio arriba descripto.

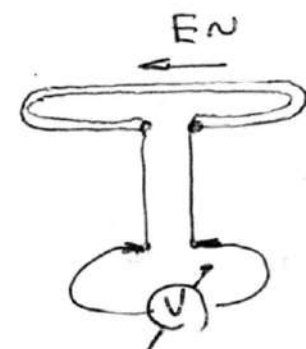
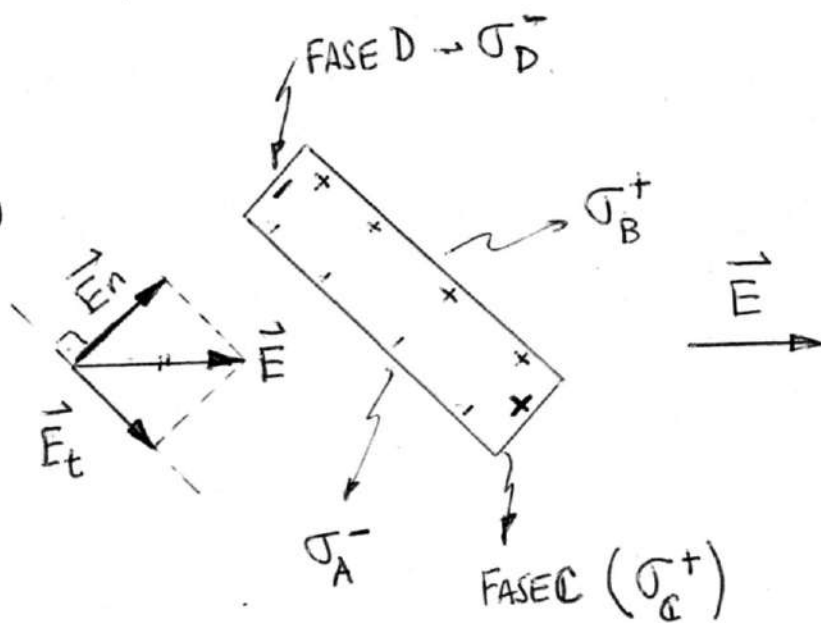




Así se reacomodarían cargas en las fases

C y D de la placa neutra tal que se cancele el campo eléctrico que ingresó..

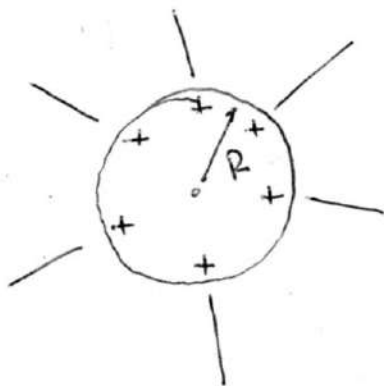
En electrodinámica ( $frec > 0$ ) esto se da alternativa-mente. Así es posible convertir una onda electromagnética que se deposita sobre la antena, en una señal eléctrica que baja por el coaxial



## •) Caso del Conductor Cargado

COULOMB y  $\vec{E}$   
5-B

Si el conductor está cargado, toda la carga se distribuye en su periferia. Ahora genera líneas (no repite como en el caso anterior), que salen normalmente de su superficie.



En una esfera con carga  $q$ , la densidad eléctrica es  $\sigma = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$

# FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO

Concepto de Flujo: Mide la Cantidad de líneas de Fuerza que atraviesan una superficie.

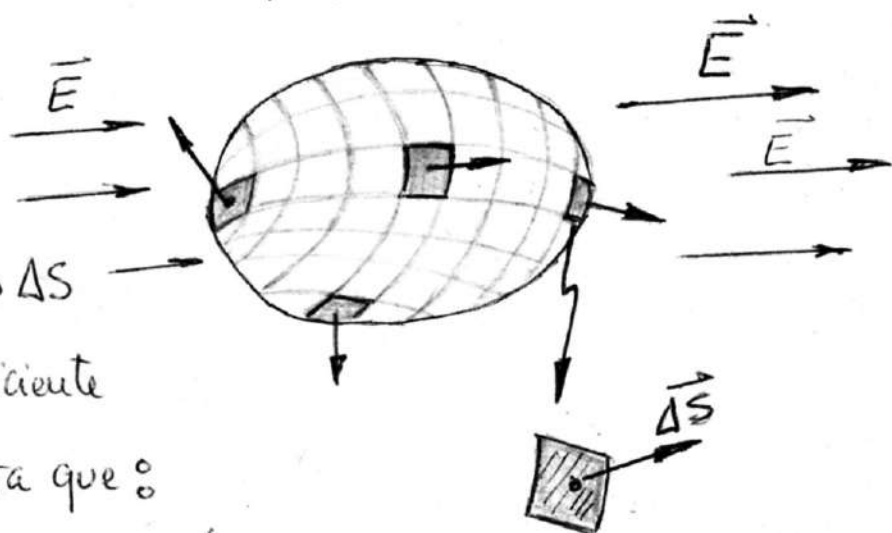
Dada una superficie cerrada, la dividimos

en cuadrados elementales  $\Delta S$

Cada cuadrado es lo suficiente pequeño como para que:

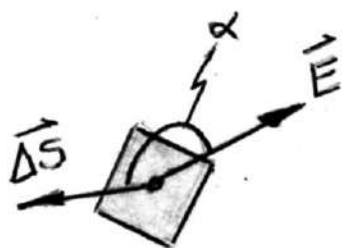
sea considerado plano. y además

con  $\vec{E} = \text{constante}$  en todo el cuadrado.

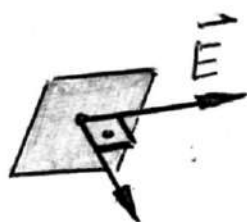


Cada cuadrado se representa con un vector normal al elemento de superficie, con sentido "hacia afuera" o saliente, y de módulo igual al área del cuadrado. Se define el flujo de  $\vec{E}$  para el elemento  $\vec{\Delta S}$

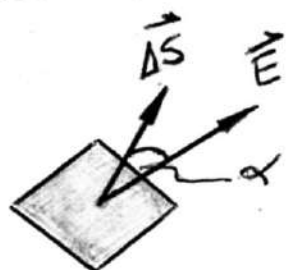
Como  $\Phi_E|_{\Delta S} = \vec{E} \cdot \vec{\Delta S}$  (producto escalar).



$$\cos \alpha < 0$$



$$\cos \alpha = 0$$



$$\cos \alpha > 0$$

El flujo en toda la Superficie será  $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$ .

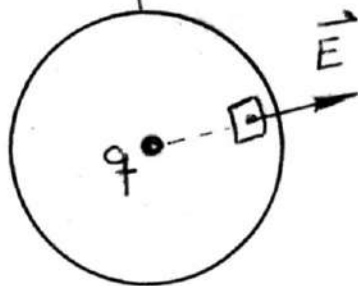
Coulomb y E  
6-B

## LEY DE GAUSS - CALCULA LOS $\vec{E}$ SIMÉTRICOS

Establece la relación entre  $\Phi_E$  para una Superficie cerrada, y la carga encerrada por la misma - Aprovecha la SIMETRÍA de distribución del  $\vec{E}$  en el espacio (esférica, cilíndrica, ...).

$$\epsilon_0 \Phi_E = q$$

Si ponemos una carga encerrada por una esfera.



Por Gauss:  $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = q$ .

El  $\vec{E}$  vale lo mismo para todo punto de la Superficie de la esfera, por su simetría.

∴ Sale fuera de la integral.

$$\epsilon_0 \vec{E} \oint d\vec{S} = q \Rightarrow \epsilon_0 E \cdot 4\pi r^2 = q \Rightarrow E = \frac{q}{\epsilon_0 4\pi r^2}$$

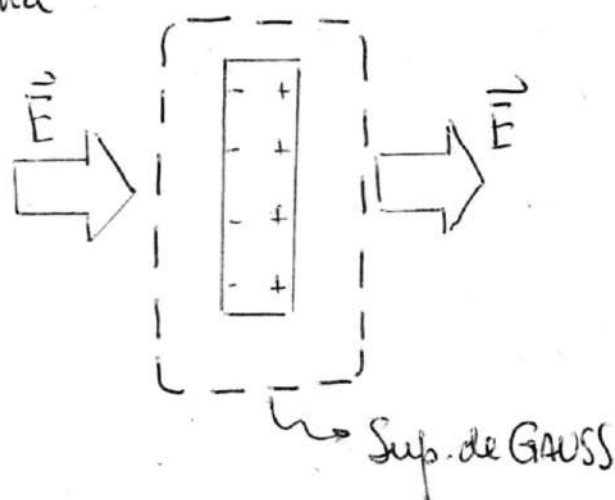
Si colocáramos una carga punto  $q_0$  en dicha Superficie, la fuerza que actuará sobre ella será:

$$F = q_0 E = \frac{q q_0}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

con lo que se demuestra la Ley de Coulomb a partir de la Ley de Gauss.

En la placa neutra repetidora el flujo neto es nulo ya que  $\nexists$  carga neta interna

$$\phi = 0$$



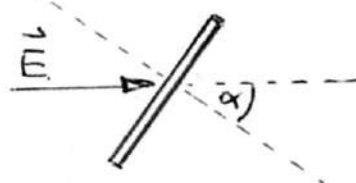
Coulomb y  $\vec{E}$   
7-A

### OTRA EXPLICACIÓN PREVIA A LA LEY DE GAUSS

•) Dado un campo  $\vec{E}$  que atraviesa perpendicularmente una superficie  $S$  se llama FLUJO  $\phi$  al producto  $|\vec{E}| \cdot S = \phi$



•) Si la superficie atravesada No es normal a  $\vec{E}$  entonces habrá que considerar sólo la componente normal de  $\vec{E}$  para Computar Correctamente el  $\phi$

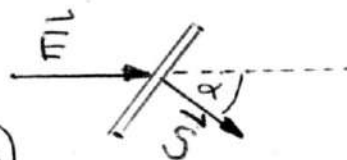


$$\phi = E \cos \alpha \cdot S.$$

•) Para evitar esta proyección sería bueno usar la operación matemática que proyecta automáticamente, es decir el Producto Escalar.

•) Pero el producto escalar es entre vectores. Por esto conviene asignar a la Superficie un vector  $\vec{S}$  normal a la misma.

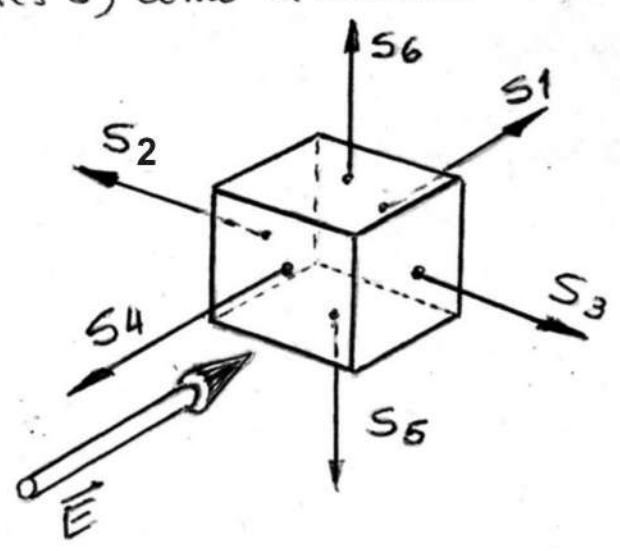
Esto permite definir  $\phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$



$$\therefore \phi = E \cdot S \cdot \cos \alpha. \text{ (igual que arriba).}$$

•) Dispongamos 6 tapas (superficies  $S$ ) como la anterior de modo que formen un cubo.

Analicemos cara por cara el flujo respectivo:



$$\phi_1 = E \cdot S \cos 0^\circ = ES$$

$$\phi_2 = E \cdot S \cos 90^\circ = 0$$

$$\phi_3 = E \cdot S \cos 90^\circ = 0$$

$$\phi_4 = E \cdot S \cos 180^\circ = -ES$$

$$\phi_5 = E \cdot S \cos 90^\circ = 0$$

$$\phi_6 = E \cdot S \cos 90^\circ = 0$$

---


$$\sum \phi_i = 0 \quad \rightarrow \text{esto se debe a que todas las líneas}$$

que entran a la caja, también Salen de ella.

Gauss dice que para desequilibrar esto hay que agregar una carga eléctrica dentro de la caja. Si la carga es positiva, habrá un flujo neto de adentro hacia afuera ( $\phi > 0$ ). Si la carga es negativa, habrá un flujo neto de afuera hacia adentro ( $\phi < 0$ ).  $\therefore$  Las cargas eléctricas GENERAN líneas de  $\vec{E}$ .

$$\epsilon_0 \phi = q$$