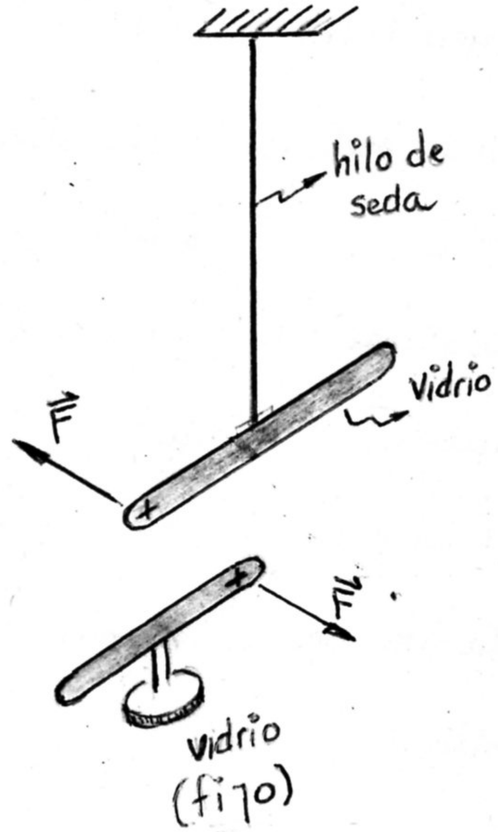
FÍSICA II

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

CARGA ELÉCTRICA



•) Hay DOS CLASES de Carga Eléctrica
POSITIVA Y NEGATIVA

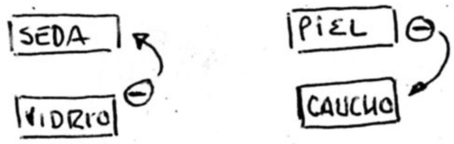
•) Dos cargas de un mismo signo se REPELEN

•) Dos cargas de DISTINTO signo se ATRAEN -

EXPERIENCIA

Vidrio frotado con seda

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



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) -

•) CONDUCTORES Y AISLADORES

•) En materiales conductores eléctricos, las cargas se pueden mover libremente a través del material; mientras que en los aisladores ó 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 volúmen del sólido.

•) Los Conductores ELECTROLÍTICOS: las sales se IONIZAN ⇒ Hay IONES. Positivos e IONES NEGATIVOS. (ambos tipos de cargas. ⇒ bipolares).

•) Un DIELÉCTRICO IDEAL NO POSEE electrones libres.

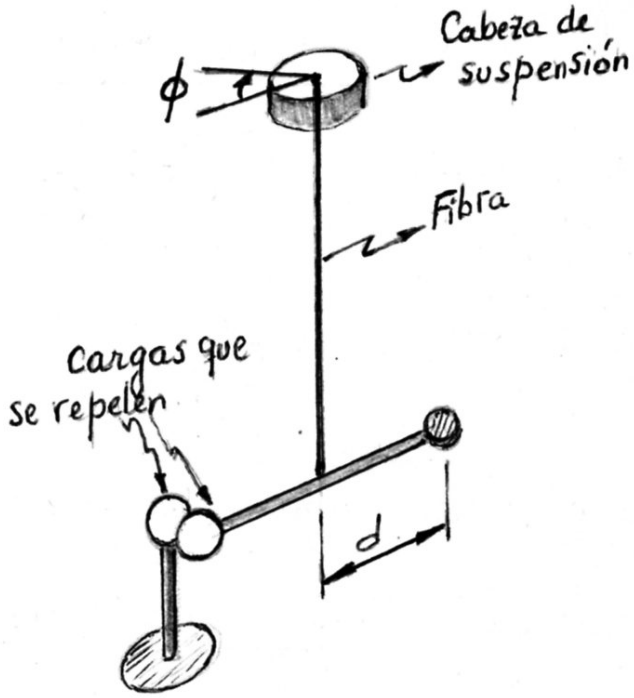
Un DIELÉCTRICO REAL POSEE alrededor de 10^7 electrones libres por cada metro cúbico.

Un METAL POSEE alrededor de 10^{28} electrones libres/$metro^3$.

Un SEMICONDUCTOR es un caso intermedio -

•) Ley de Coulomb

Cuantifica las atracciones y repulsiones eléctricas.



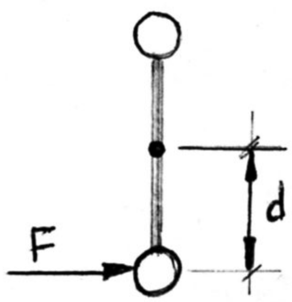
BALANZA DE TORSIÓN.

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

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

El ángulo ϕ 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 ϕ. ($\equiv \tau_{(\phi)} \equiv$ momento torsor).

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



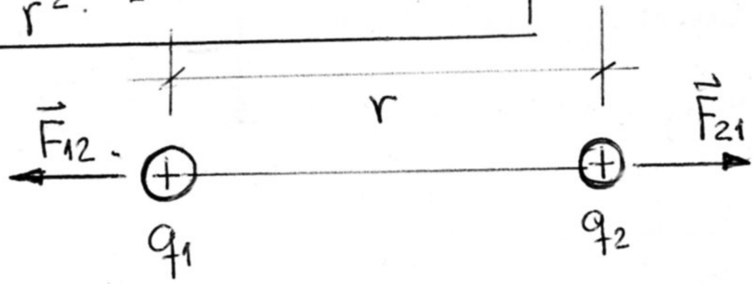
$$\tau_{(\phi)} = Fd \Rightarrow F = \frac{\tau}{d}.$$

Ya que el sistema se mantiene en equilibrio.

Los RESULTADOS de las experiencias Condujeron a la Siguiente expresión:

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \, [N] = |F_{12}| = |F_{21}|.}$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \ \frac{N\,m^2}{C^2}$$



$$\varepsilon_0 = 8{,}85418 \times 10^{-12} \ \frac{C^2}{N \cdot m^2}.$$

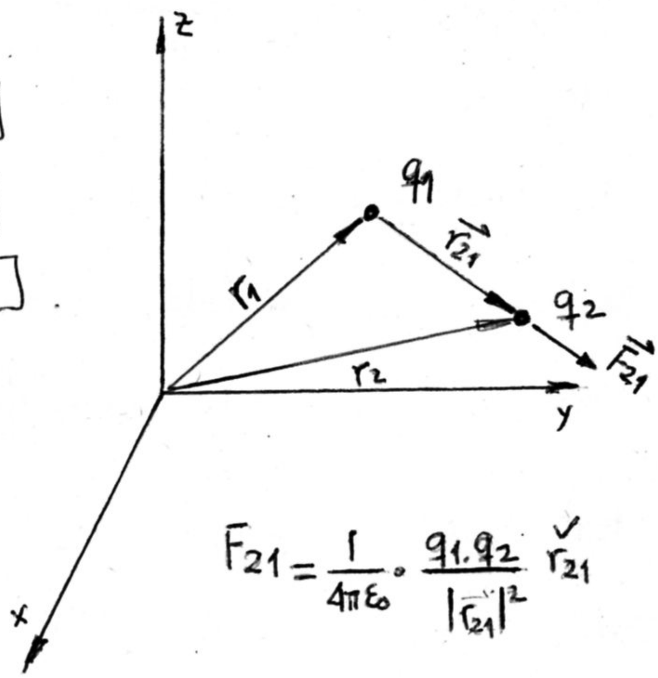
$\varepsilon_0 \equiv$ PERMITIVIDAD DEL MEDIO O CONSTANTE DIELÉCTRICA -

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

Esto será así AUNQUE LAS CARGAS SEAN DE DISTINTO VALOR.

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

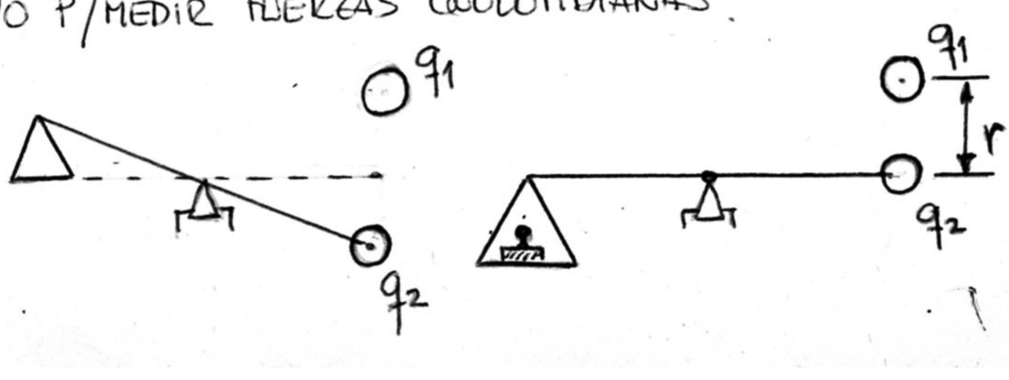
EN M.K.S
$$\begin{cases} q \rightarrow [\text{Coulomb}] \\ r \rightarrow [\text{metros}] \\ F \rightarrow [\text{Newton}] \end{cases}$$



i) A doble Separación de cargas, habra $\frac{1}{4}$ de Fuerza de interacción.

$$F_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{|\vec{r}_{21}|^2} \, \check{r}_{21}$$

OTRO DISPOSITIVO P/MEDIR FUERZAS COULOMBIANAS.



CAMPO ELÉCTRICO $\vec{E}$

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 $\boxed{\text{CARGA } ①} \rightleftarrows \boxed{\text{CARGA } ②}$.

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.

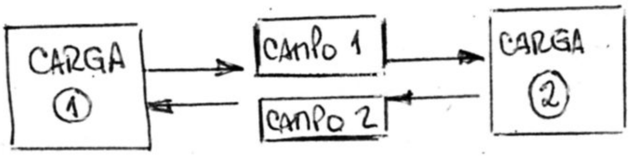
Por esto podemos decir que q_1 PRODUCE un campo eléctrico en el espacio que la rodea -

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 $\boxed{\text{CARGA } ①} \rightleftarrows$ CAMPO.

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

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.

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

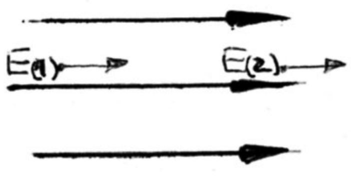
LINEAS DE FUERZA

Sirven para visualizar (graficar) los Campos eléctricos cualitativamente.

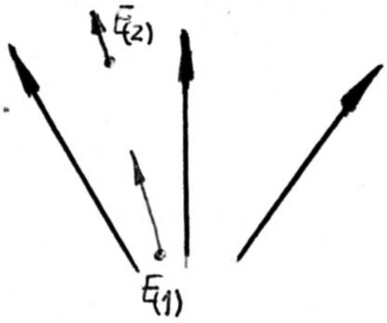
Características:

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

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



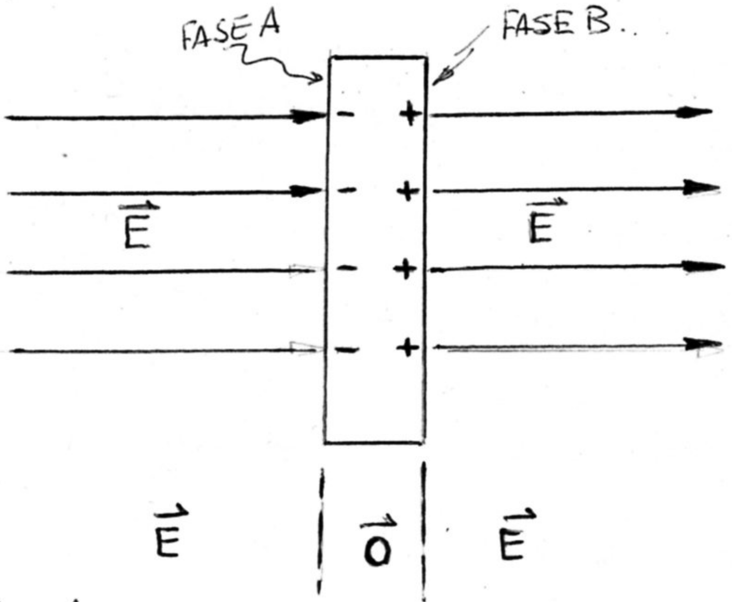
$E_{(1)} = E_{(2)}$



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

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 –

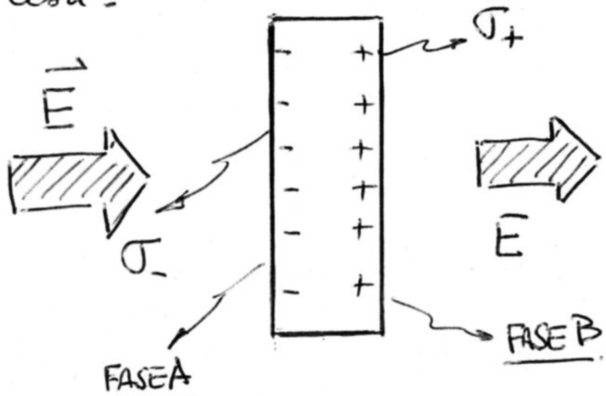
El $\vec{E}$ atrae electrones sobre la FASE A.
y carga positivamente la FASE B de la placa que sigue siendo neutra –

Como consecuencia de esta polarización de la placa metálica se genera un campo interno Eint 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 "σ". Cuando el campo $\vec{E}$ exterior cesa, la polarización también cesa.

La σ_- RECIBE el campo $\vec{E}$

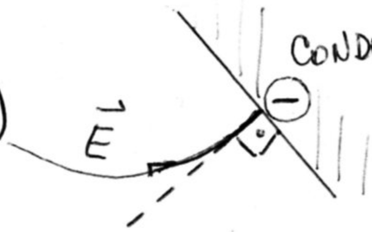
La σ_+ RETRANSMITE el campo E recibido en la FAZ IZQUIERDA



PLACA NEUTRA.
REPETIDORA.

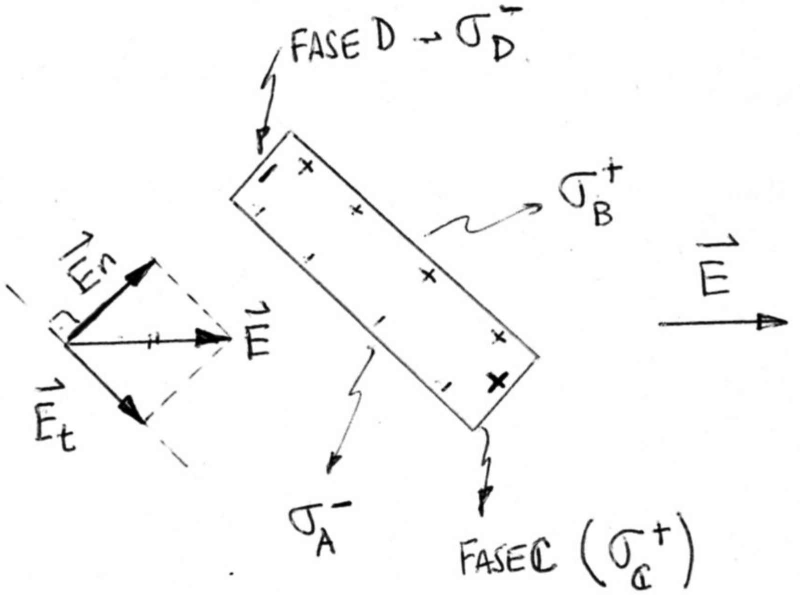
•) El $\vec{E}$ es NORMAL al conductor

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

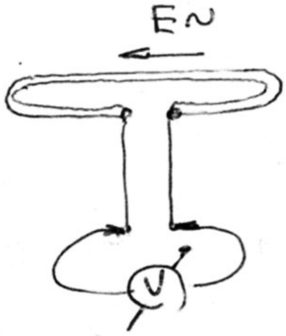


En régimen permanente (frecuencia = 0) es decir en electrostática, si el campo E ingresase tangencialmente, sucedería el mismo transitorio arriba descripto.

Así se reacomodarían cargas en las fases C y D de la placa neutra tal que se cancele el campo eléctrico que ingresó..

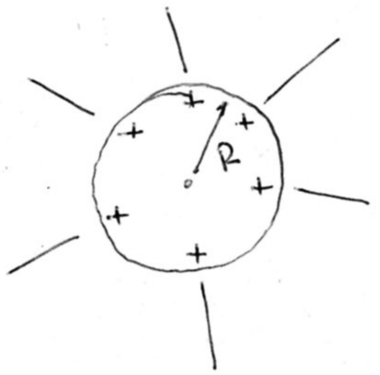


En electrodinámica (frec > 0) esto se da alternativamente. Así es posible convertir una onda electromagnética que se deposita sobre la antena, en una señal eléctrica que baja por el coaxil



•) CASO DEL CONDUCTOR CARGADO

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.

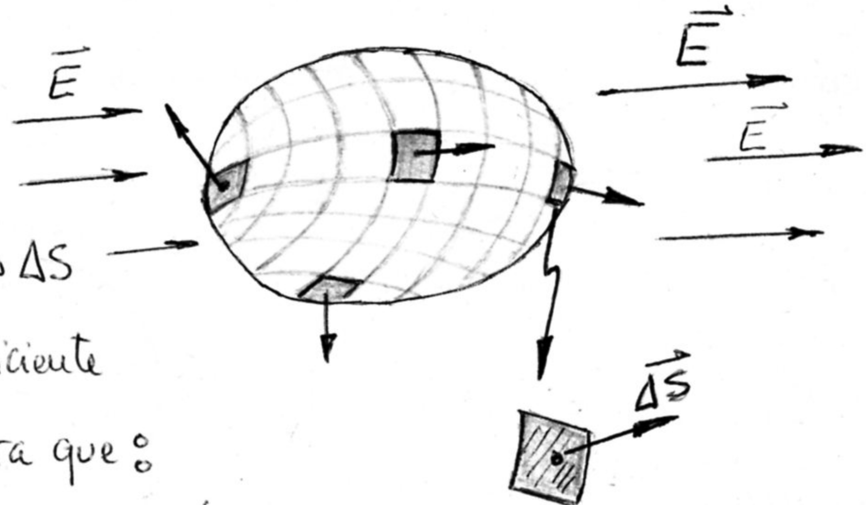


En una esfera con carga q., la densidad eléctrica es $\sigma = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$

FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO

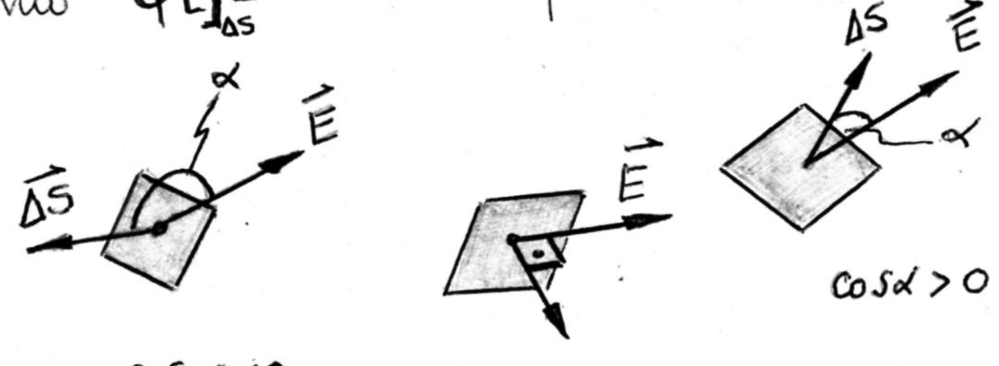
<u>Concepto de Flujo</u>: Mide la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan una superficie.

Dada una superficie cerrada, la dividimos en cuadrados elementales ΔS. Cada cuadrado es lo suficientemente pequeño como para que: sea considerado plano, y además con E = 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 $\phi_E\Big|_{\Delta S} = \vec{E} \cdot \vec{\Delta S}$ (producto escalar).



$\cos\alpha > 0$

$\cos\alpha < 0$

$\cos\alpha = 0$

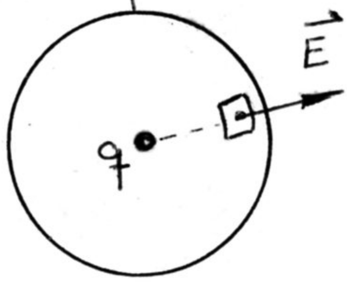
COULOMB Y E
6-B

El flujo en toda la superficie será $\phi_E = \oint \vec{E} . d\vec{S}$.

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

Establece la relación entre ϕ_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 -).

$$\boxed{\varepsilon_0 \phi_E = q}$$



Supongamos una carga encerrada por una esfera.

Por Gauss: $\varepsilon_0 \oint \vec{E} \, d\vec{S} = q$.

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

∴ Sale fuera de la integral.

$$\varepsilon_0 \vec{E} \oint d\vec{S} = q \Rightarrow \varepsilon_0 E . 4\pi r^2 = q \Rightarrow E = \frac{q}{\varepsilon_0 4\pi r^2}$$

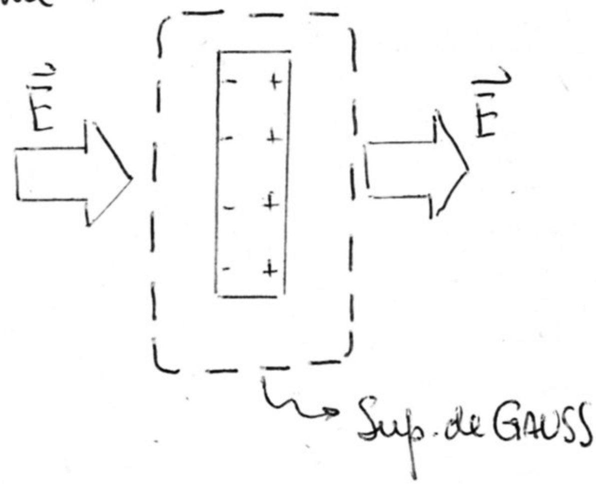
Si colocamos una carga punto q_0 en dicha superficie, la fuerza que actuará sobre ella será:

$$F = q_0 E = \frac{q \, q_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

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

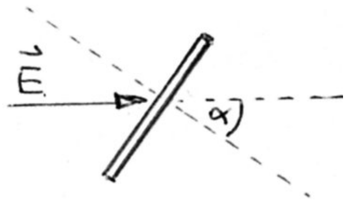
En la placa neutra repetidora el flujo neto es nulo ya que $\nexists$ carga neta interna

$$\phi = 0$$



OTRA EXPLICACIÓN PREVIA A LA LEY DE GAUSS

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



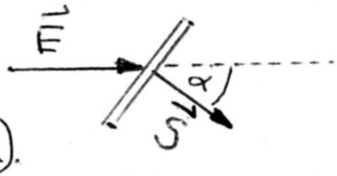
•) Si la superficie atravesada NO es normal a E entonces habrá que considerar sólo la componente normal de $\vec{E}$ para computar correctamente el ϕ

$$\therefore \quad \phi = E \cos\alpha . S .$$

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

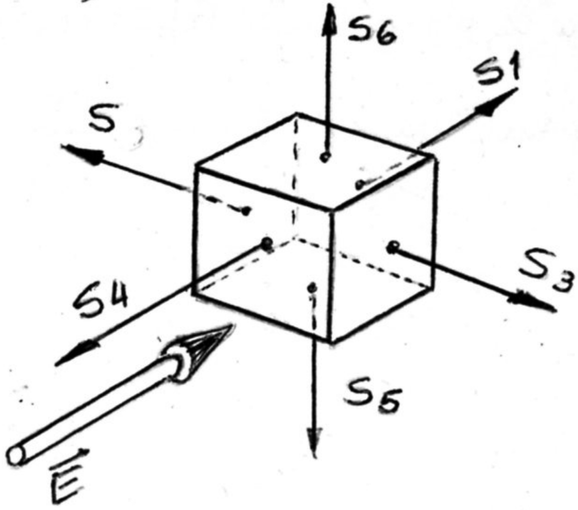
•) Pero el producto escalar es entre vectores. Por esto conviene asignar a la superficie un vector $\vec{S}$ normal a la misma.

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



$\therefore$ $\phi = E . S . \cos\alpha$. (igual que arriba).

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



Analicemos cara por cara el flujo respectivo:

$$\phi_1 = E.S \cos 0^\circ = ES$$
$$\phi_2 = E.S.\cos 90^\circ = 0$$
$$\phi_3 = E.S.\cos 90^\circ = 0$$
$$\phi_4 = E.S.\cos 180^\circ = -E.S.$$
$$\phi_5 = E.S.\cos 90^\circ = 0$$
$$\phi_6 = E.S.\cos 90^\circ = 0$$

$\sum \phi_i = 0$ → 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 ($\phi < 0$). ∴ Las cargas eléctricas GENERAN líneas de $\vec{E}$.

$$\boxed{\varepsilon_0 \phi = q}$$