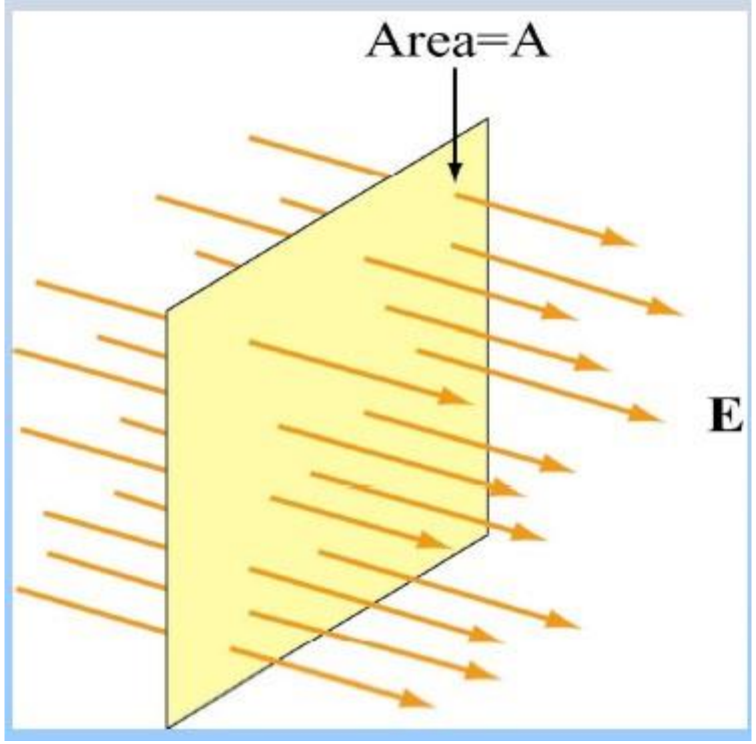
Física II- Curso de Verano 2021

Clase 2

Flujo Eléctrico Φ_E

Caso 1: $\overrightarrow{E}$ es un vector constante perpendicular al plano S de superficie A.

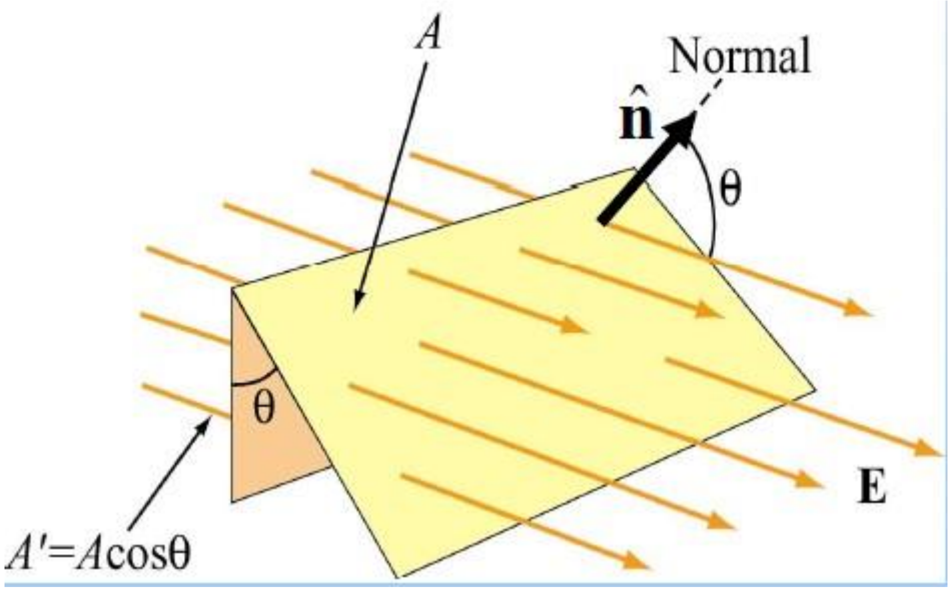


$$\Phi_E = \iint \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

$$\Phi_E = \pm\, EA$$

OJO! El signo depende de qué lado está observando la superficie!

Caso 2: $\vec{E}$ es un vector constante que forma un ángulo θ con la normal a la superficie del plano S.

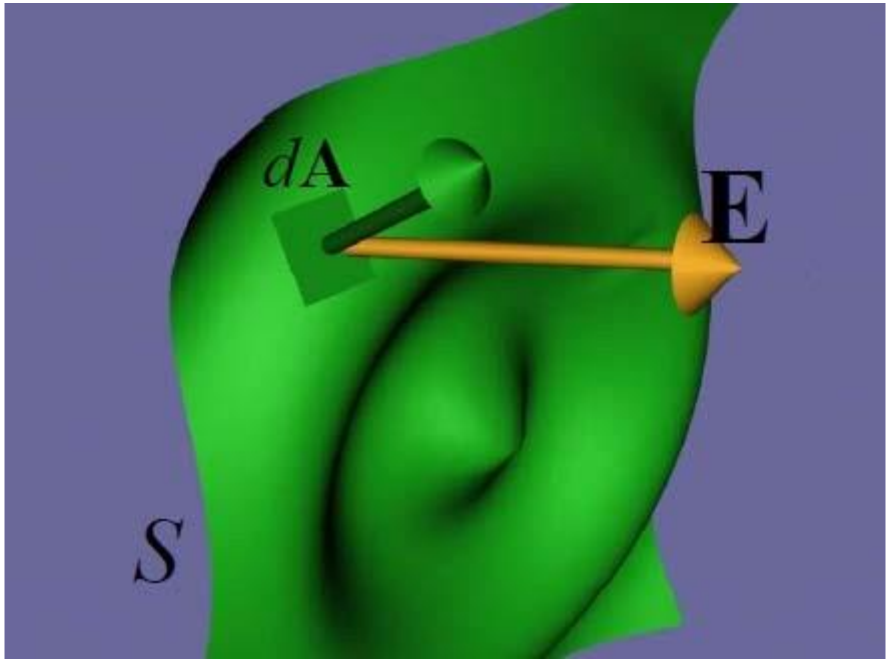


$$\Phi_E = \iint \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

$$d\vec{\mathbf{A}} = dA\,\hat{\mathbf{n}}$$

$$\Phi_E = EA\cos\theta$$

Caso 3: $\vec{E}$ no es constante y la superficie es curvada



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

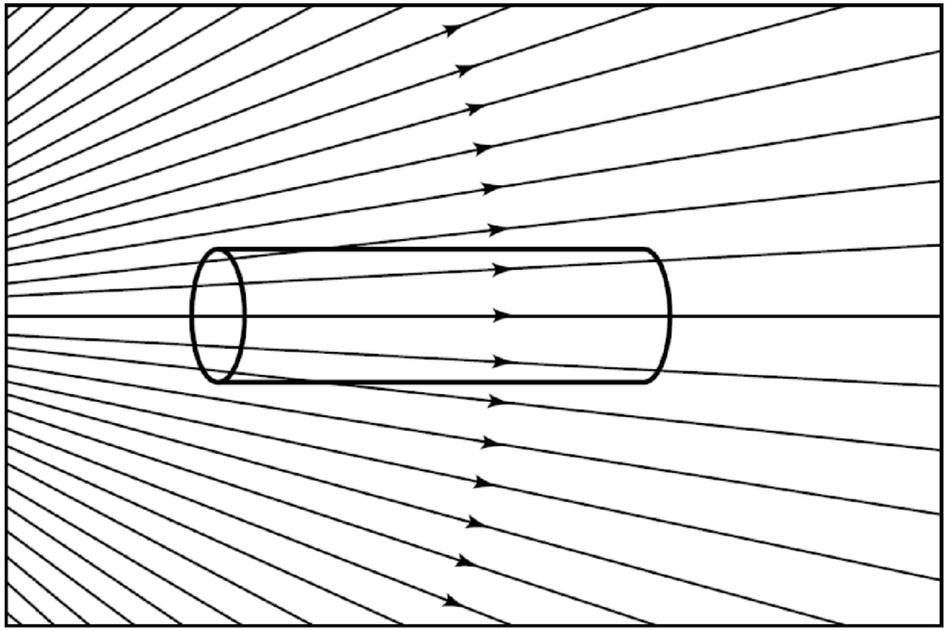
$$\Phi_E = \iint d\Phi_E$$

Calcular flujo de campo eléctrico a través de una esfera debido a una carga puntual ubicada en su centro.

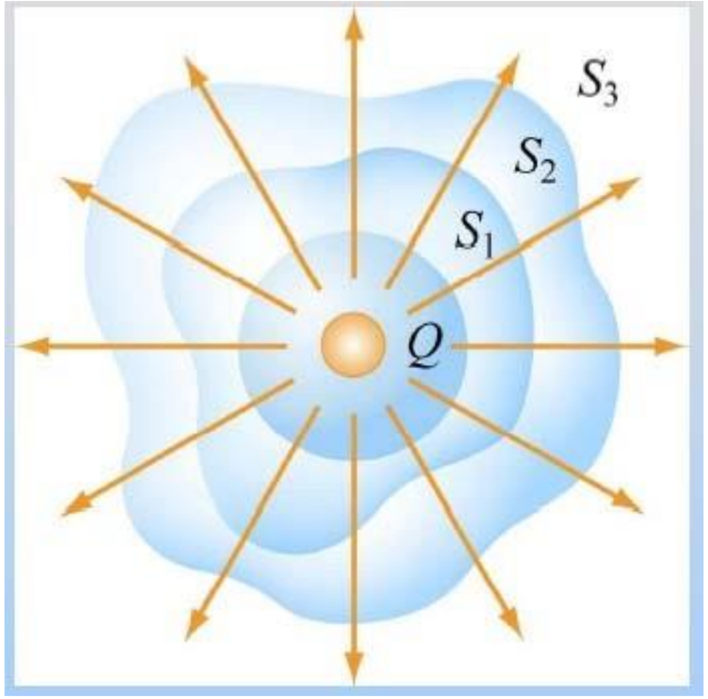
PC 6.

El objeto cilíndrico de material aislante está ubicado en un campo eléctrico externo como se muestra en la figura. El flujo del campo eléctrico que pasa a través de la superficie del cilindro es:

1. Positivo.
2. Negativo.
3. Cero.



Ley de Gauss (1ra de las ecuaciones de Maxwell)

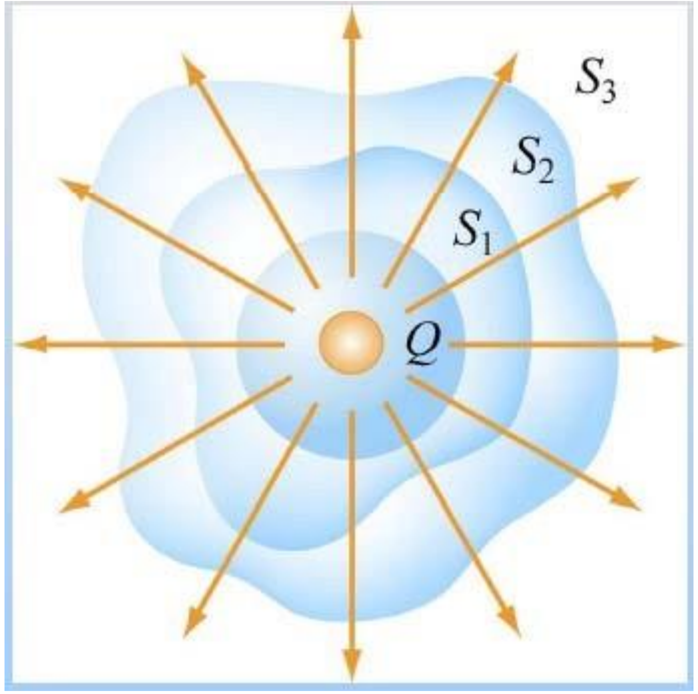


IDEA: El número total de líneas de campo que atraviesan cualquiera de estas superficies cerradas es el mismo y depende sólo de la carga encerrada.

$$\Phi_E = \underset{\substack{\text{Superficie} \\ \text{cerrada S}}}{\oint\!\!\!\oint} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

El flujo de campo eléctrico $\emptyset_E$(la integral de superficie de E sobre una superficie cerrada S) es proporcional a la carga encerrada por el volumen delimitado por S.

La superficie gaussiana puede ser cualquiera!



$$\Phi_E = \underset{\text{Superficie cerrada S}}{\oint\!\!\oint} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

Cierto: para cualquier superficie
Útil: para calcular $\vec{E}$ para algunas superficies

$$\Phi_E = \underset{\substack{\text{Superficie} \\ \text{cerrada S}}}{\oiint} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

Conviene elegir superficies en las que:

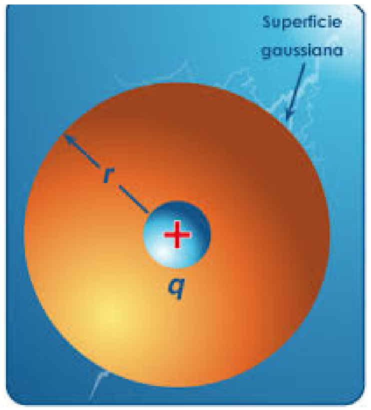
$\vec{E}$ sea constante sobre la superficie y perpendicular, es ese caso:

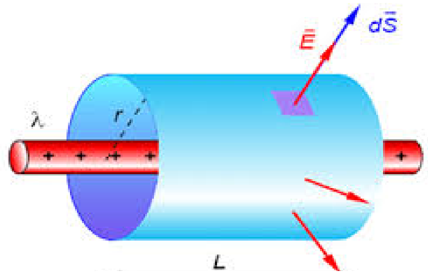
ϕ_E = EA ó –EA

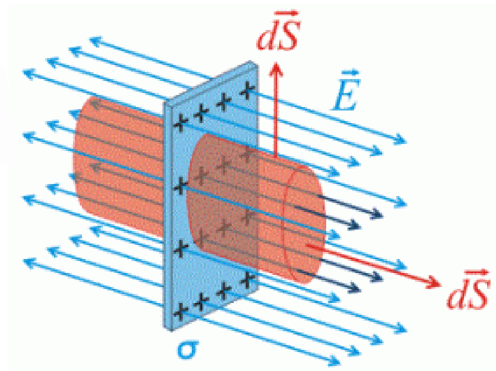
Ó $\vec{E}$ sea paralelo a la superficie (perpendicular al vector superficie) y en ese caso, el flujo es nulo.

Es sencillo determinar el flujo se desea que el campo sea perpendicular a la superficie y constante sobre la superficie. Entonces, la **ley de Gauss** es **útil** para determinar $\vec{E}$ para casos de **fuentes altamente simétricas**.

SIMETRÍA DE LA FUENTE	SUPERFICIE GAUSSIANA
Esférica	Esfera concéntrica
Cilíndrica	Cilindro concéntrico
Plana	Cilindro que atraviesa







Para calcular E utilizando ley de Gauss:

1) Teniendo en cuenta la fuente (cargas) definir en que región se desea calcular E
2) Elegir la superficie cerrada S (Gaussiana) adecuada según la simetria de la fuente
3) Calcular el flujo de campo eléctrico: $\emptyset_E = \oiint \overrightarrow{E}.\overrightarrow{dA}$
4) Calcular la carga encerrada por la superficie cerrada S (q_{enc})
5) Aplicar la ley de Gauss para calcular $\vec{E}$

$$\emptyset_E = \oiint \overrightarrow{E}.\overrightarrow{dA} = \frac{q_{enc}}{\varepsilon_0}$$

Utilizando la ley de Gauss calcular el campo eléctrico en las siguientes situaciones:

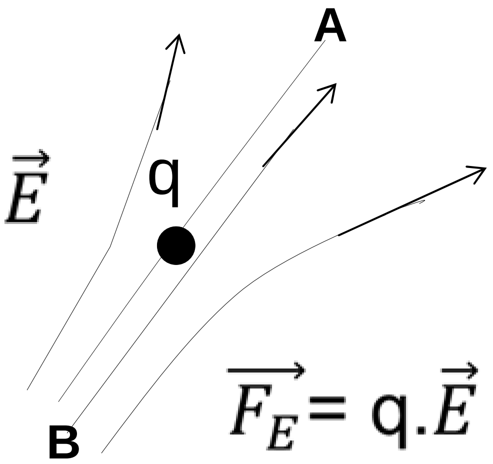
1)Esfera no conductora uniformemente cargada con carga total Q (radio: a). Para r <a y r<a).

2)Capa esférica uniformemente cargada cargada con carga total Q (radio: a). Para r <a y r<a).

3)Placa infinita uniformemente cargada con densidad superficial de carga σ.

4)Varilla infinita uniformemente cargada con densidad superficial de carga λ.

Energía Potencial Eléctrica (U)



$$\overrightarrow{F_E} = q.\vec{E}$$

La fuerza eléctrica es una fuerza **conservativa** y por eso tiene asociada una energía potencial **U**.

El cambio en la energía potencial por llevar la carga desde A hasta B es:

$$U_B - U_A = \Delta U$$

$$\Delta U = -\int_A^B \vec{\mathbf{F}}_E \cdot d\,\vec{\mathbf{s}}$$

La diferencia de energía potencial es igual al trabajo en contra de la fuerza eléctrica que hubo que hacer para llevar la carga desde A hasta B.

Potencial Eléctrico (V)

Energía potencial por unidad de carga.

$$\Delta V = V_B - V_A$$

$$\boxed{\Delta V \equiv -\int_A^B \vec{\mathbf{E}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}}}$$

Unidades:

V (Volts) =

J/C (Joule / Coulomb)

El cambio de energía potencial por llevar la carga de A hasta B es:

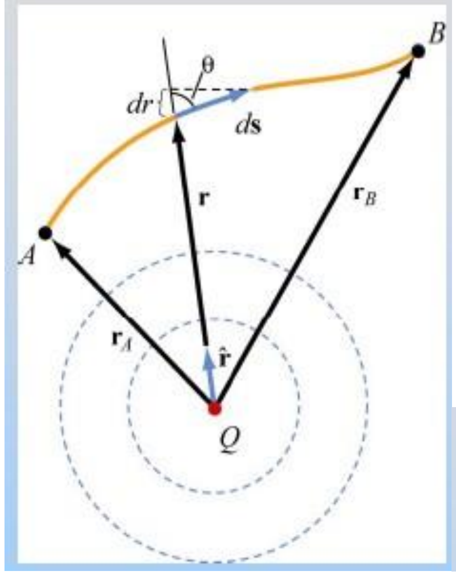
$$\Delta U = U_B - U_A = q\Delta V \quad \text{Joules}$$

Potencial debido a una carga puntual

$$\vec{\mathbf{E}} = kQ\frac{\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

$$d\vec{\mathbf{s}} = dr\,\hat{\mathbf{r}} + r\,d\phi\,\hat{\boldsymbol{\theta}}$$

¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos B y A?



$$\Delta V = V_B - V_A$$

$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{s}}$$

$$= -\int_A^B kQ\frac{\hat{\mathbf{r}}}{r^2} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = -kQ\int_A^B \frac{dr}{r^2} = kQ\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

Sólo las diferencias de potencial tienen sentido físico, pero se puede tomar un punto arbitrario como referencia y establecer que el potencial allí sea cero.

En general (aunque no en la totalidad de los casos) conviene tomar el cero de la energía potencial en el infinito ($\boldsymbol{r}_B \rightarrow \infty$). En ese caso, el potencial debido a una carga puntual Q en un punto P arbitrario ubicado a una distancia r de la misma es:

$$V_P(r) = \frac{k.Q}{r}$$

Cuando hay más de una carga, usamos el principio de superposición y el potencial será la suma de los potenciales debido a las cargas individuales:

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Y si, se tiene una distribución continua de carga:

$$V(r) = \int \frac{k}{r}\, \mathrm{dq}$$

Relación entre $\vec{E}$ y V

$$\Delta V \equiv V_B - V_A = -\int_A^B \vec{\mathbf{E}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}}$$

$$\updownarrow$$

$$\vec{\mathbf{E}} = -\nabla V$$

<u>En coordenadas cartesianas</u>:

$$\nabla \equiv \frac{\partial}{\partial x}\hat{\mathbf{i}} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{\mathbf{j}} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{\mathbf{k}}$$

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}, \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}.$$

$$\vec{\mathbf{E}} = E_x\hat{\mathbf{i}} + E_y\hat{\mathbf{j}} + E_z\hat{\mathbf{k}} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{\mathbf{i}} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{\mathbf{j}} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{\mathbf{k}}\right) = -\nabla V$$

Si la distribución de carga tiene simetría esférica:

$$\vec{E} = E_r \check{r}$$

$$\vec{\mathbf{E}} = E_r\hat{\mathbf{r}} = -\left(\frac{dV}{dr}\right)\hat{\mathbf{r}}$$

PC 7.

Se ubica una carga de prueba +q en el punto A (a una distancia r de la carga +Q). Luego se retira esa carga y se ubica una carga de prueba +2q en el punto B (a una distancia 2r de la carga +Q).

Comparado con el potencial electrostático de la carga en A, el de la carga en B es:

1. Mayor
2. Menor
3. Igual

PC 8.

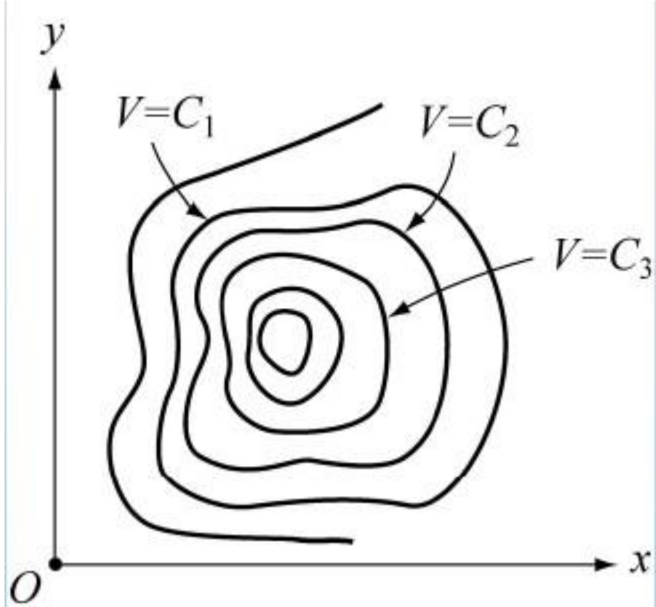
Se ubica una carga de prueba +q en el punto A (a una distancia r de la carga +Q). Luego se retira esa carga y se ubica una carga de prueba -q en el mismo lugar.

¿Cuál carga tiene mayor energía potencial electrostática?:

1. + q
2. - q
3. Es la misma para ambas.

Curvas equipotenciales

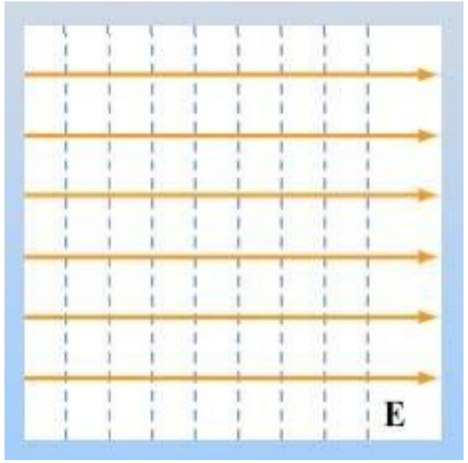
Todos los puntos (x,y) del plano que se caracterizan por tener el mismo potencial eléctrico.

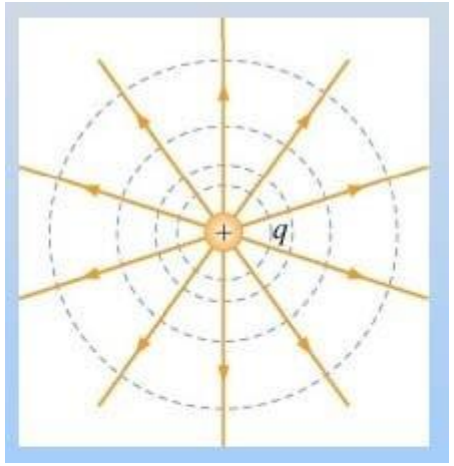


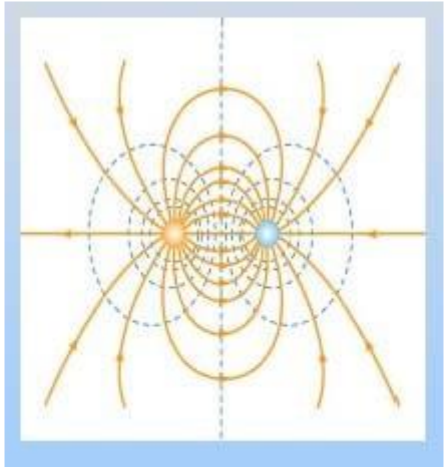
V (x,y) = constante

En tres dimensiones V (x,y,z) = cte, se llaman **superficies equipotenciales**.

La dirección de $\vec{E}$ en cualquier punto es siempre perpendicular a las líneas (superficies) equipotenciales en ese punto.







Campo eléctrico

Carga puntual

Dipolo eléctrico constante

Propiedades de las equipotenciales.

Las líneas de campo eléctrico apuntan siempre de alto a bajo potencial.

Las líneas de campo eléctrico son siempre perpendiculares a las equipotenciales:

No cuesta trabajo mover una carga a lo largo de una equipotencial.

Conductores y aisladores

Conductor: algunas cargas se pueden mover libremente. En general son lo electrones débilmente ligados a los átomos. Ej: metales.

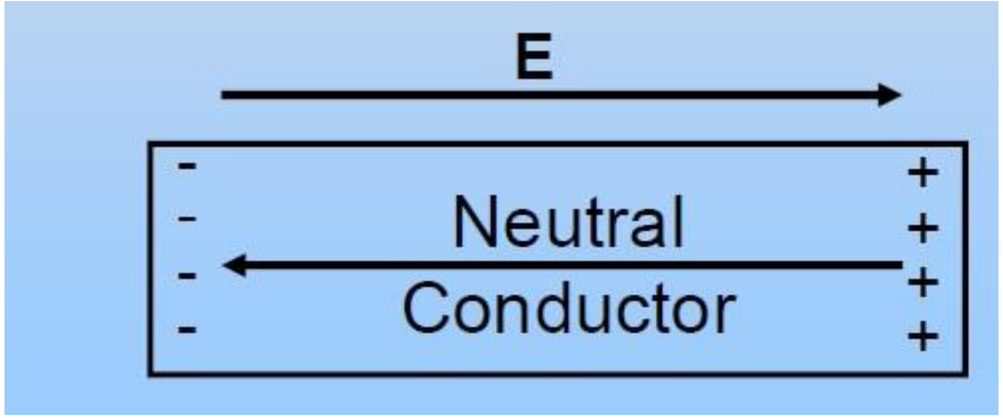
Aislantes: Las cargas no se pueden mover libremente. Electrones fuertemente ligados a los átomos. Ej: madera, papel, plástico.

Conductores

En presencia de un campo eléctrico los electrones se desplazan encontra del campo.

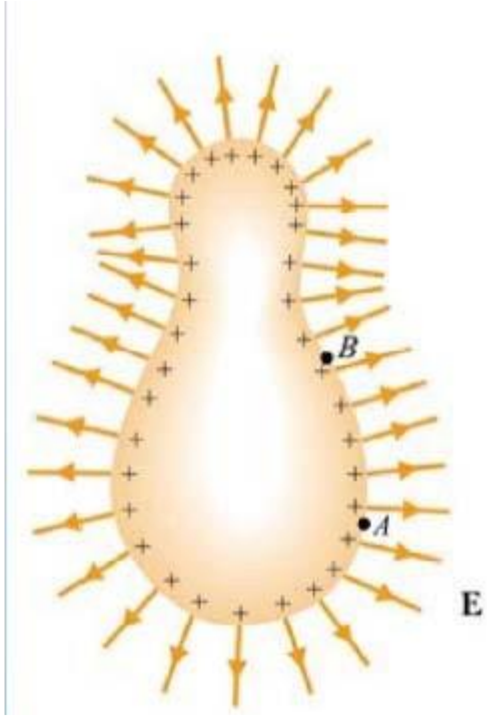
El campo eléctrico dentro del conductor debe ser cero.

No hay carga neta dentro del conductor.



Conductor en equilibrio electrostático

1. El campo eléctrico dentro de un conductor es cero
2. Cualquier carga tiene que ubicarse en la superficie del conductor (no hay carga neta dentro del conductor).
3. La componente tangencial del campo eléctrico en la superficie del conductor es nula.
4. Fuera del conductor, justo en la superficie el campo eléctrico es perpendicular a la superficie.



La superficie de un conductor en equilibrio electrostático es una superficie equipotencial.

¡¡¡Fin clase 2 de 8!!!