Temas a trabajar: Campo y potencial eléctrico

Teorema Trabajo - Energía en electrostática.
Potencial y campo electrostático de una carga puntual. Diferencia de potencial electrostático.
Relación entre campo y potencial eléctrico.
Superficies equipotenciales.
Distribuciones discretas: N cargas puntuales..

Trabajo - Energía

Definición física de trabajo de una fuerza externa

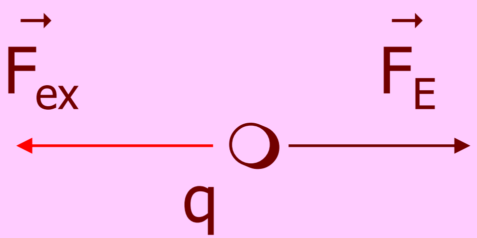
$$W = \int_a^b \mathbf{F}_{ex} \cdot d\mathbf{r} = \int_a^b F_{ex}\ dr \cos\theta$$

Principio de Trabajo – Energía Mecánica (sistemas no disipativos)

$$W = \Delta E_p + \Delta E_c$$

Energía potencial eléctrica (cuando la fuerza externa es opuesta a la eléctrica)

La energía potencial eléctrica se define a partir del trabajo que se realiza, en condiciones **"quasi-estáticas" (ΔEc=0),** para desplazar una carga q desde el punto A al punto B, en contra de la fuerza eléctrica



$$\left(\vec{F}_{ex} + \vec{F}_{E} = 0 \right) \qquad \text{condición de equilibrio}$$

$$\Delta Ep = \int_A^B \vec{F}_{ex} \cdot \vec{dr} = - \int_A^B \vec{F}_{E} \cdot \vec{dr}$$

Si el punto A se toma como el referencial de energía potencia eléctrica nula (conveniencia)

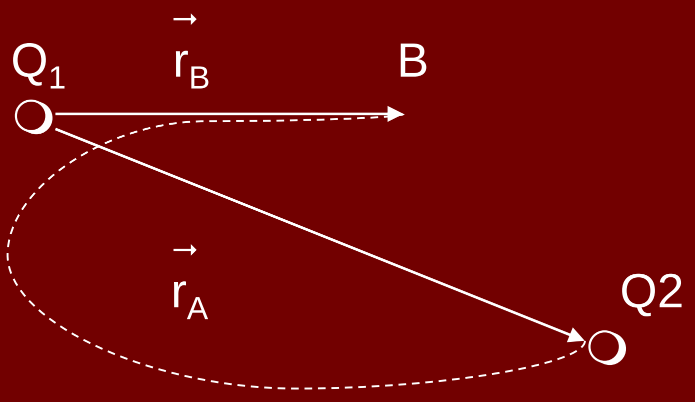
$$E_p = \int_A^B \vec{F}_{ex} \cdot d\vec{r} = -\int_{ref}^B \vec{F}_E \cdot d\vec{r}$$

Para el sistema de dos cargas puntuales Q_1 y Q_2 :

$$\Delta E_p = k\, Q_1\, Q_2 \{ 1/r_B - 1/r_A \}$$

y

$$E_p = k\, Q_1\, Q_2 \{ 1/r_B \}$$



Referencia en el infinito

Extensión a Sistema de N cargas puntuales

Fuerza sobre una carga cualquiera Q_i

$$\vec{F}_i = \sum_{i \neq j} k\, Q_i\, Q_j\, \mathbf{r}_{ij} / r_{ij}^2$$

$\mathbf{r}_{ij}$ es el vector unitario en la dirección j a i

Energía potencial eléctrica de **N** cargas puntuales,

$$W = (1/2) \sum_i \sum_j k\, Q_i\, Q_j / r_{ij}$$

Campo eléctrico

el cociente **F**/q

en un punto es una magnitud **vectorial**

no depende en **valor de la carga** en ese punto,

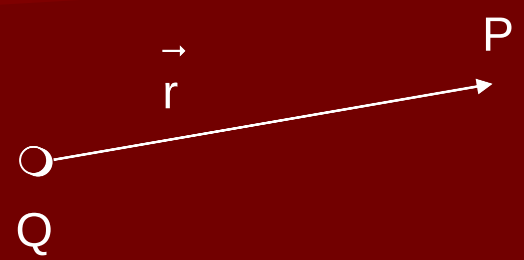
su sentido como vector depende de **signo** de esa carga,

Es el Campo Eléctrico en el punto P

$$\overrightarrow{E(P)}$$

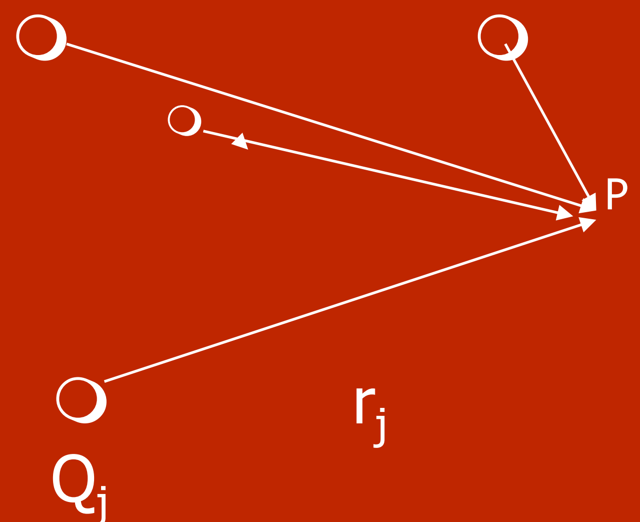
Campo eléctrico producido por una carga puntual Q en un punto P

$$\overrightarrow{E(P)} = kQ\,\hat{r}/\, r^2$$



Campo eléctrico producido en P por N cargas puntuales

$$\overrightarrow{E(P)} = \sum_j kQ\,\hat{r}/\, r^2$$



El vector Campo Eléctrico y la expresión del trabajo

$\vec{E} = \vec{F}_E / Q_o$ **Campo eléctrico**

Trabajo por unidad de carga desplazada entre los puntos A y B

$$W = \int_A^B (\vec{F}_{ex} / Q_o) \cdot \vec{dr} = - \int_A^B (\vec{F}_E / Q_o) \cdot \vec{dr}$$

Si A se denomina ref : referencia del valor tomado cero

$$W = \int_{ref}^B (\vec{F}_{ex} / Q_o) \cdot \vec{dr} = - \int_{ref}^B (\vec{F}_E / Q_o) \cdot \vec{dr}$$

Un campo escalar : el Potencial Eléctrico

Se define el potencial eléctrico como la energía potencial eléctrica por unidad de carga transportada desde el referencial al punto B

$$V_b = \mathrm{V(B)} = \frac{\mathrm{W}_{ref \to B}}{Q_0} = - \int_{ref}^{B} \frac{\vec{F}_E}{Q_0} \circ \overrightarrow{dr} = - \int_{ref}^{B} \overrightarrow{E(P)} \circ \overrightarrow{dr}$$

Una carga puntual Q, genera en un punto B (posición determinada por el vector posición $\vec{r}_B$) un potencial

V_B = k Q [$1/r_B$] con respecto a la referencia V=0

La diferencia de potencial eléctrico entre los puntos A y B

$$\Delta U_p / Q_0 = -\int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dr}$$

Lo que lleva a

$$V_{AB} = k\,Q\,\{ 1/r_B - 1/r_A \}$$

Relación potencial eléctrico y campo eléctrico

$$V_B - V_A = \Delta Up / q = -\int_{ref}^{B} \vec{E} \cdot \vec{dr} = k\,Q / r_B - k\,Q / r_{ref}$$

El potencial eléctrico V(P) y la diferencia de potencial eléctrico ΔV son magnitudes ***escalares*** mientras que el campo eléctrico $\overrightarrow{E(P)}$ es una magnitud ***vectorial***.

Superficies equipotenciales

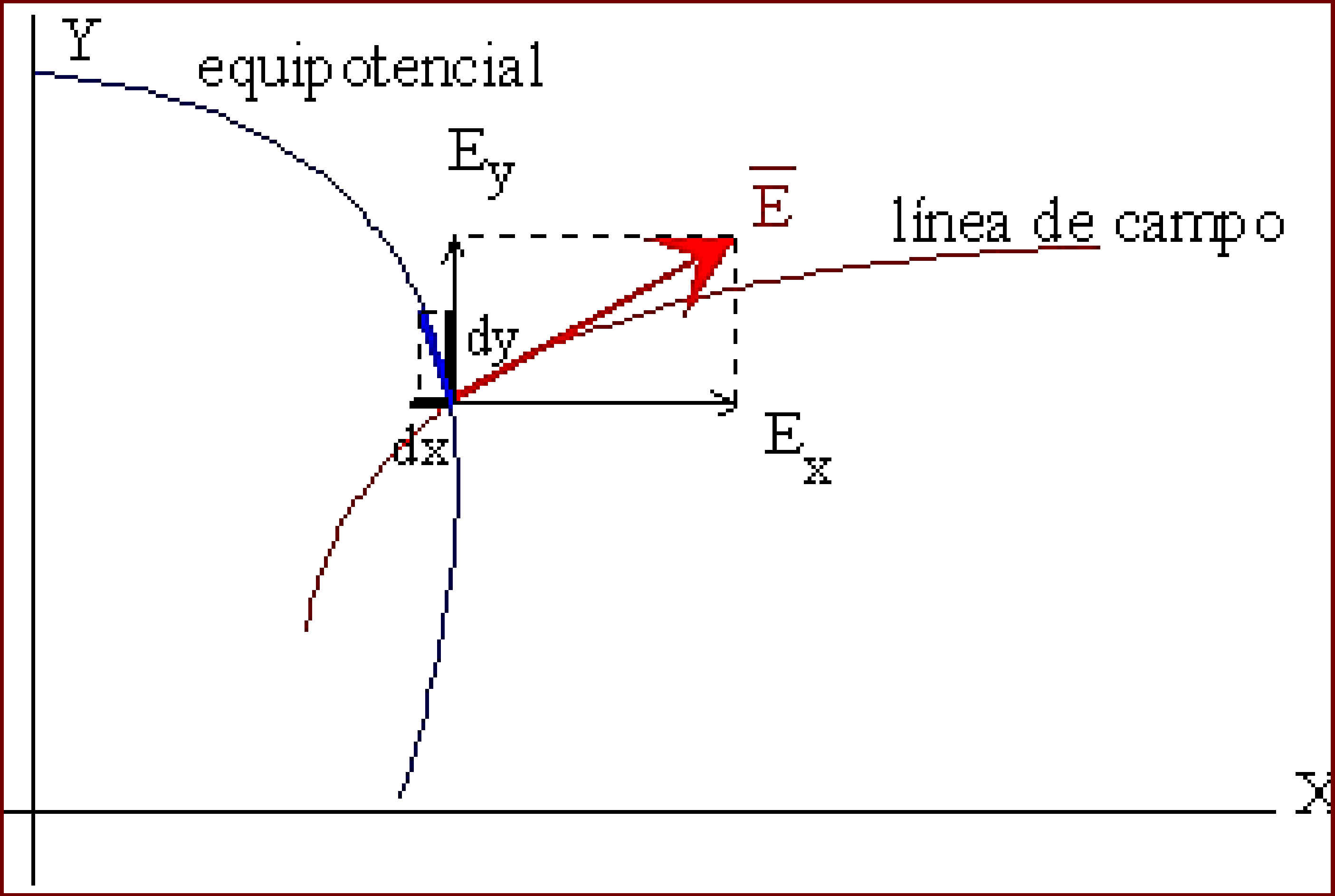
Superficie en el espacio identificada como el lugar geométrico de los puntos del espacio de igual potencial eléctrico.

Para una carga puntual, responde a la condición:

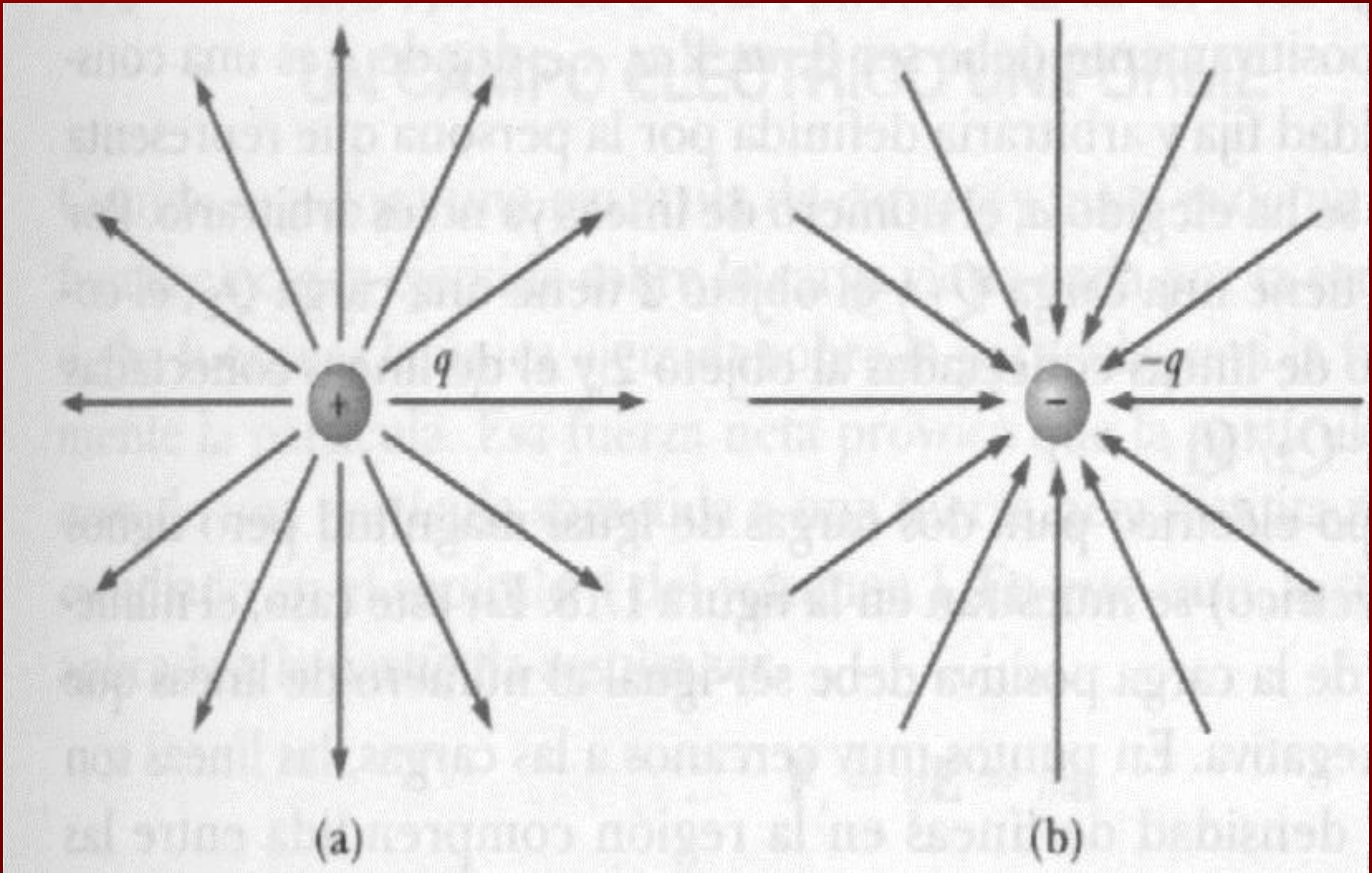
r = constante = C o sea $X^2+y^2+z^2 = C^2$

La ecuación representa geométricamente una familia de esferas. La proyección en el plano son circunferencias centradas en la carga, son las líneas equipotenciales.

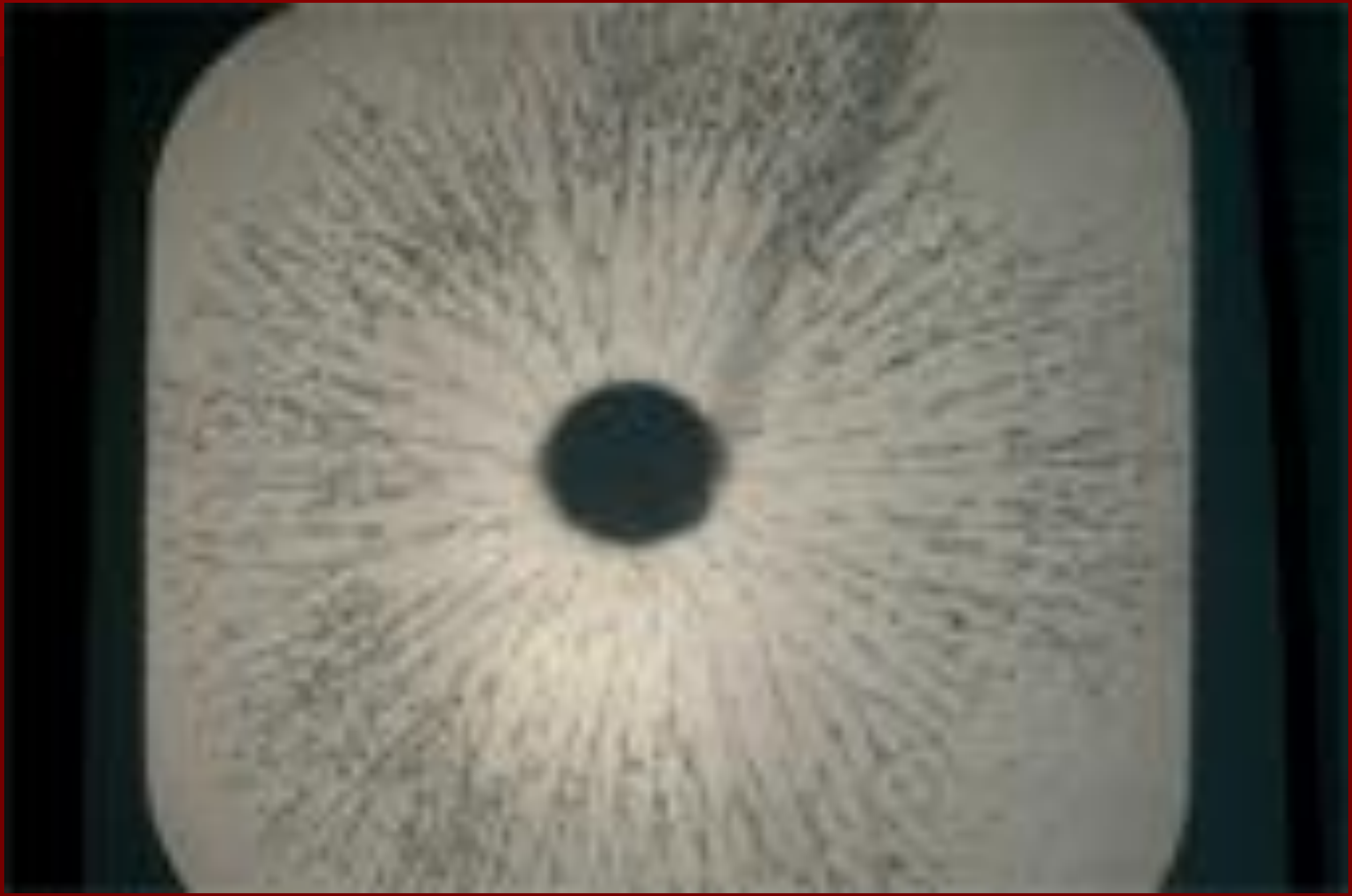
El campo eléctrico se representa por líneas de fuerza que son tangentes al vector campo eléctrico en cada punto. Las líneas de campo de una carga puntual aislada son líneas rectas radialmente distribuidas.



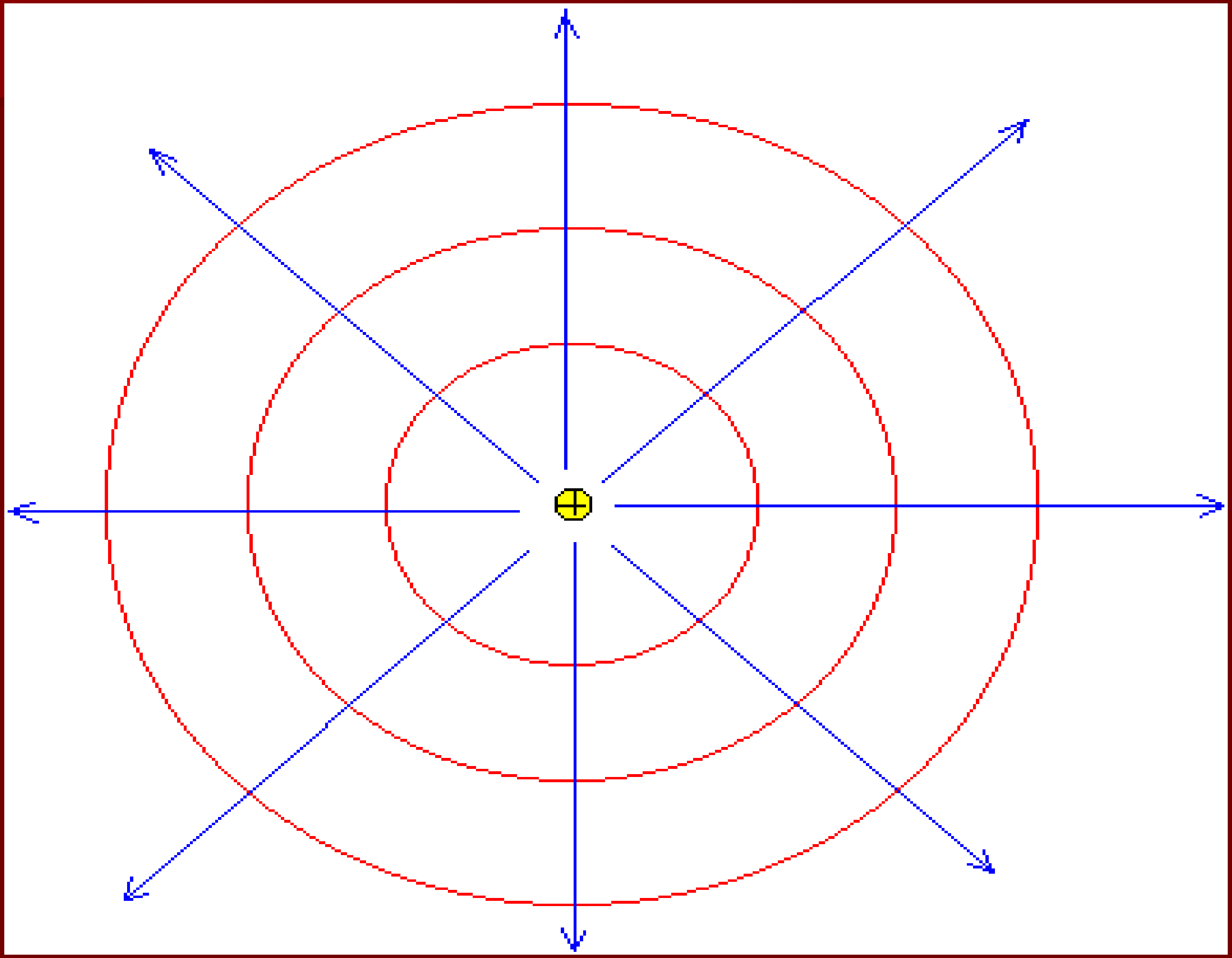
Líneas para representar campo eléctrico de carga puntual



Semillas orientadas en el campo eléctrico de carga esférica

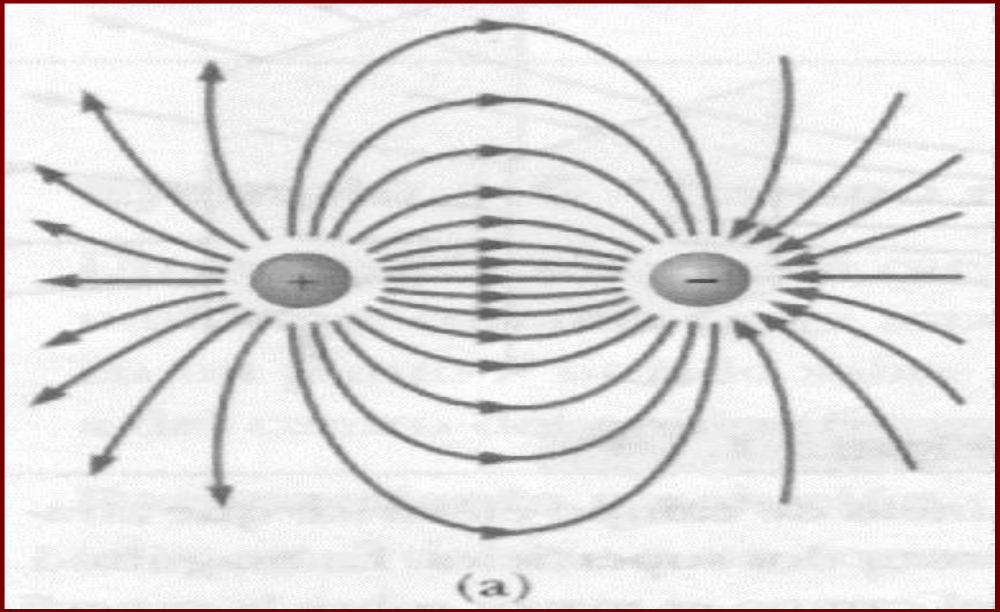


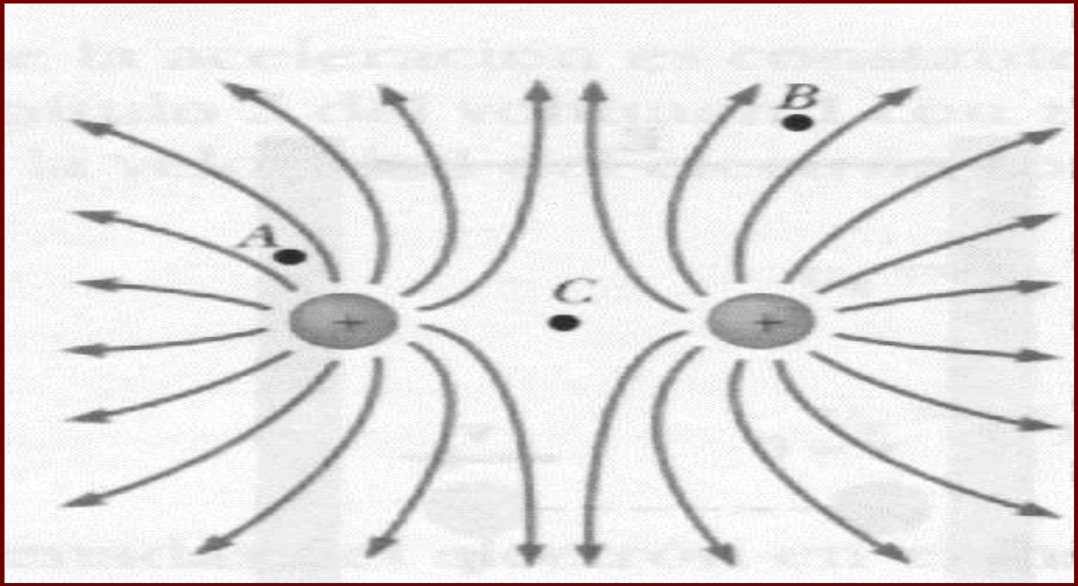
Las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies o líneas equipotenciales



Líneas equipotenciales y de campo eléctrico

Líneas de campo eléctrico de un dipolo eléctrico



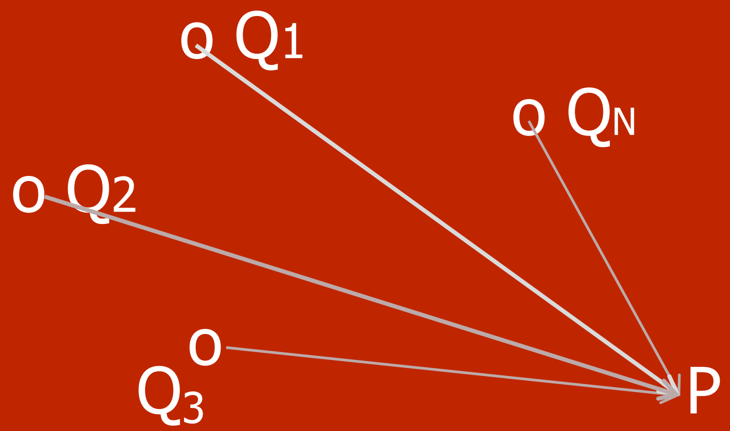


Líneas de campo eléctrico de dos cargas puntales de igual signo

Semillas orientadas
en el campo eléctrico de dos cargas esféricas

Potencial y Campo debido a N cargas puntuales

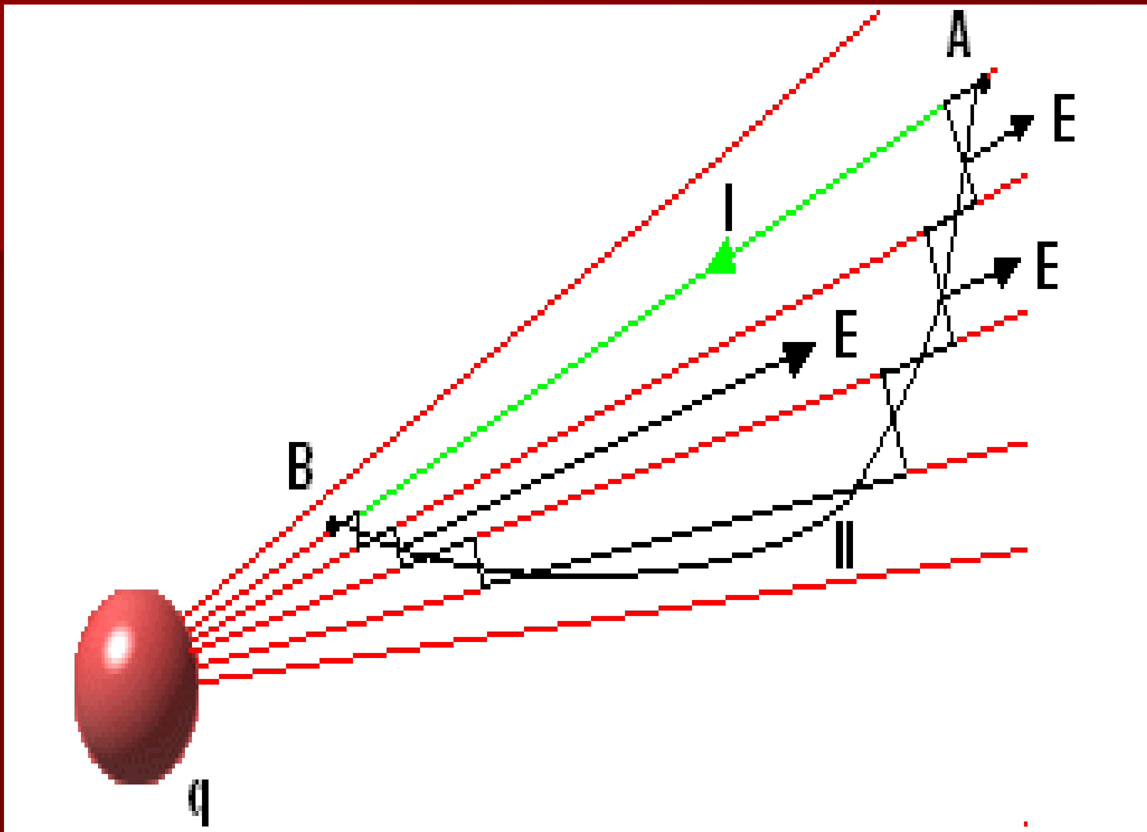
En el punto P,

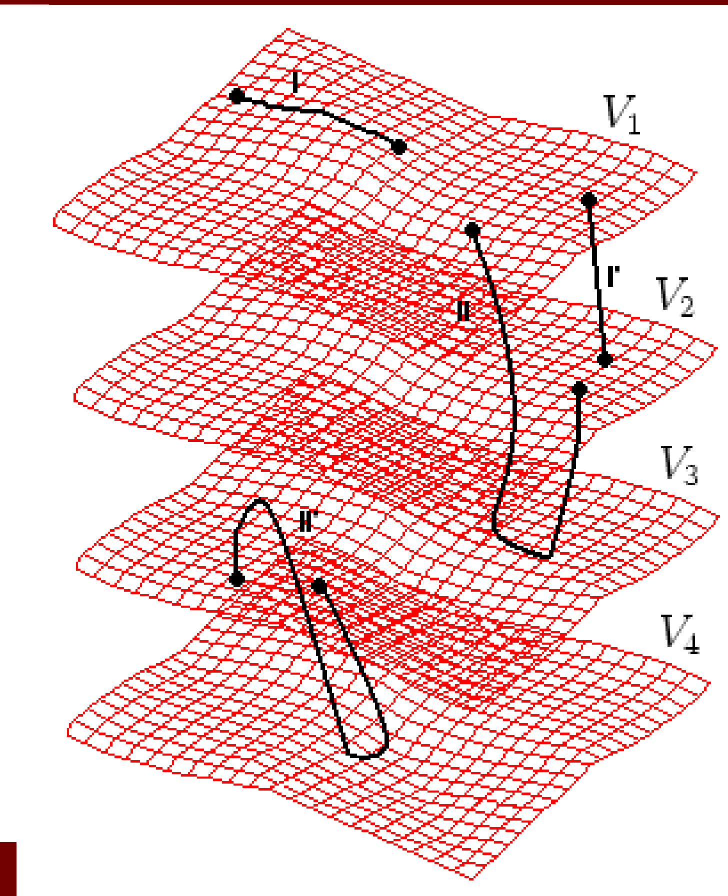


$$V(P) = k \sum_{j}^{N} Q_j / r_j$$

La propiedad V(P) es una suma **escalar**,
mientras que en el cálculo de la propiedad E(P), el campo eléctrico, la suma es **vectorial.**

$$\overrightarrow{E(P)} = \sum_{j=1}^{N} \overrightarrow{E_j}$$





Independencia del camino seguido entre A y B

Derivación del campo a partir del potencial

De la definición de potencial

$$V(P) = -\int_{ref}^{B} \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_{ref}^{B} (E_x\, dx + E_y\, dy + E_z\, dz)$$

Se obtiene

$$E_x = -\partial V / \partial x \quad ; E_y = -\partial V / \partial y \quad ; E_z = -\partial V / \partial z$$

Lo que lleva a

$$\vec{E} = -\left(\partial V / \partial x\, \mathbf{i} + \partial V / \partial x\, \mathbf{j} + \partial V / \partial x\, \mathbf{k}\right) = -\,\vec{\text{grad}}\, V = -\vec{\nabla} V$$

permite calcular el campo a partir del potencial