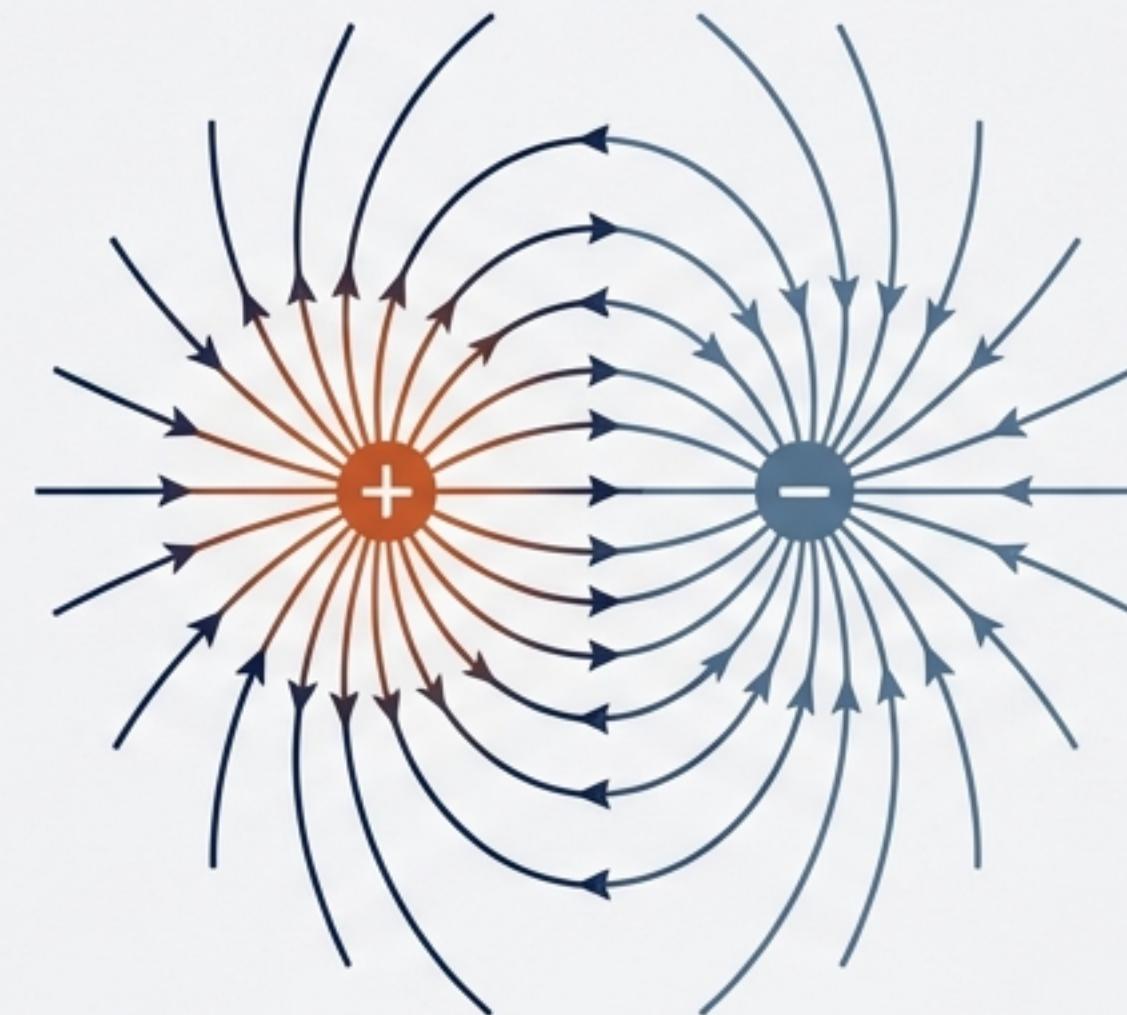


Campo Eléctrico: De la Carga Puntual a las Distribuciones Continuas

Física de 2º de Bachillerato | Electrostática y Teorema de Gauss



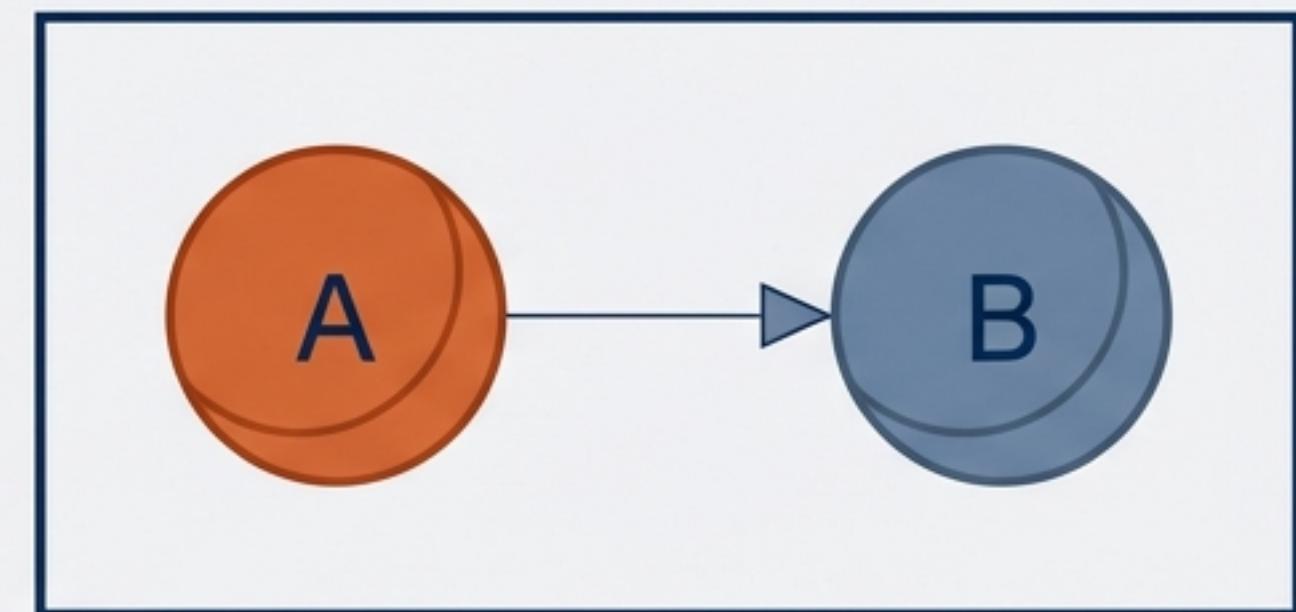
El viaje desde la interacción fundamental entre protones y electrones hasta el cálculo de campos en condensadores y líneas de alta tensión. Un análisis vectorial y escalar de la materia electrizada.

La Naturaleza Eléctrica de la Materia

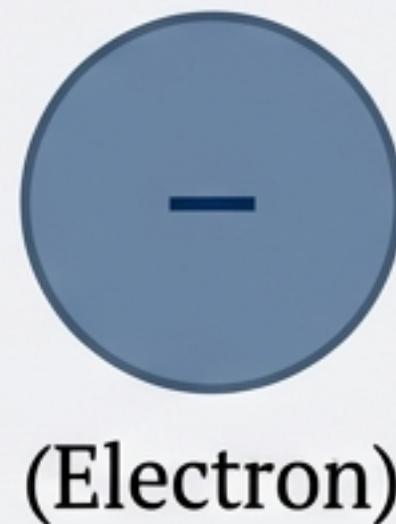
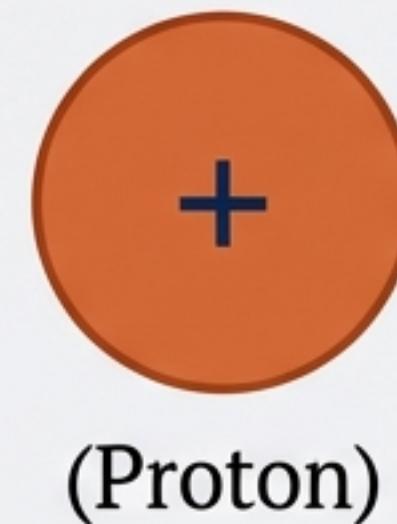
Principio Fundamental

- **La Carga Eléctrica (q):** Propiedad intrínseca de la materia.
- **Cuantización:** $Q = n \cdot e$. La carga no es continua. Unidad mínima (protón/electrón): $e = 1.6 \cdot 10^{-19} C$.
- **Conservación:** En un sistema aislado, la carga total es constante. No se crea ni se destruye.

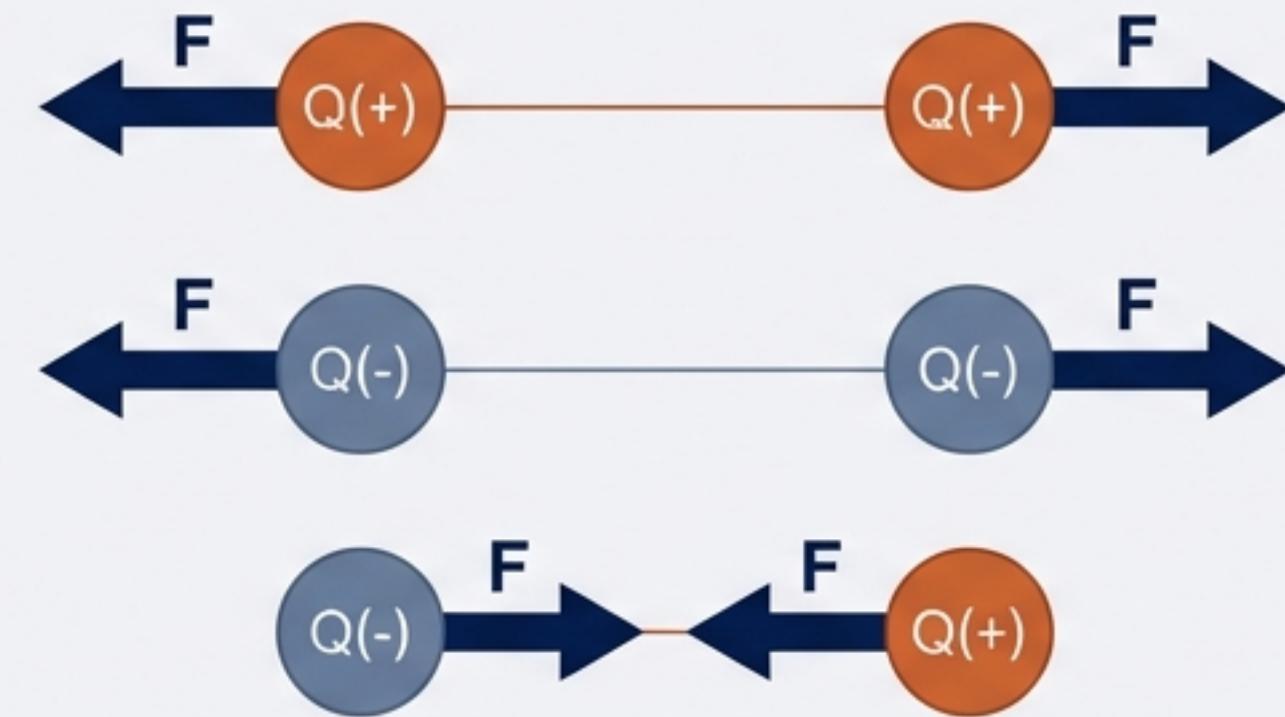
Conservation



$$Q_{total} = \text{cte}$$



La Interacción Fundamental: Ley de Coulomb



Fuerza Vectorial: Actúa en la línea que une los centros.

$$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_r$$

Constante K :

$9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ (en vacío).
Depende del medio ($K = 1/4\pi\epsilon$).

Ley de la Inversa del Cuadrado: La fuerza decae rápidamente con la distancia.

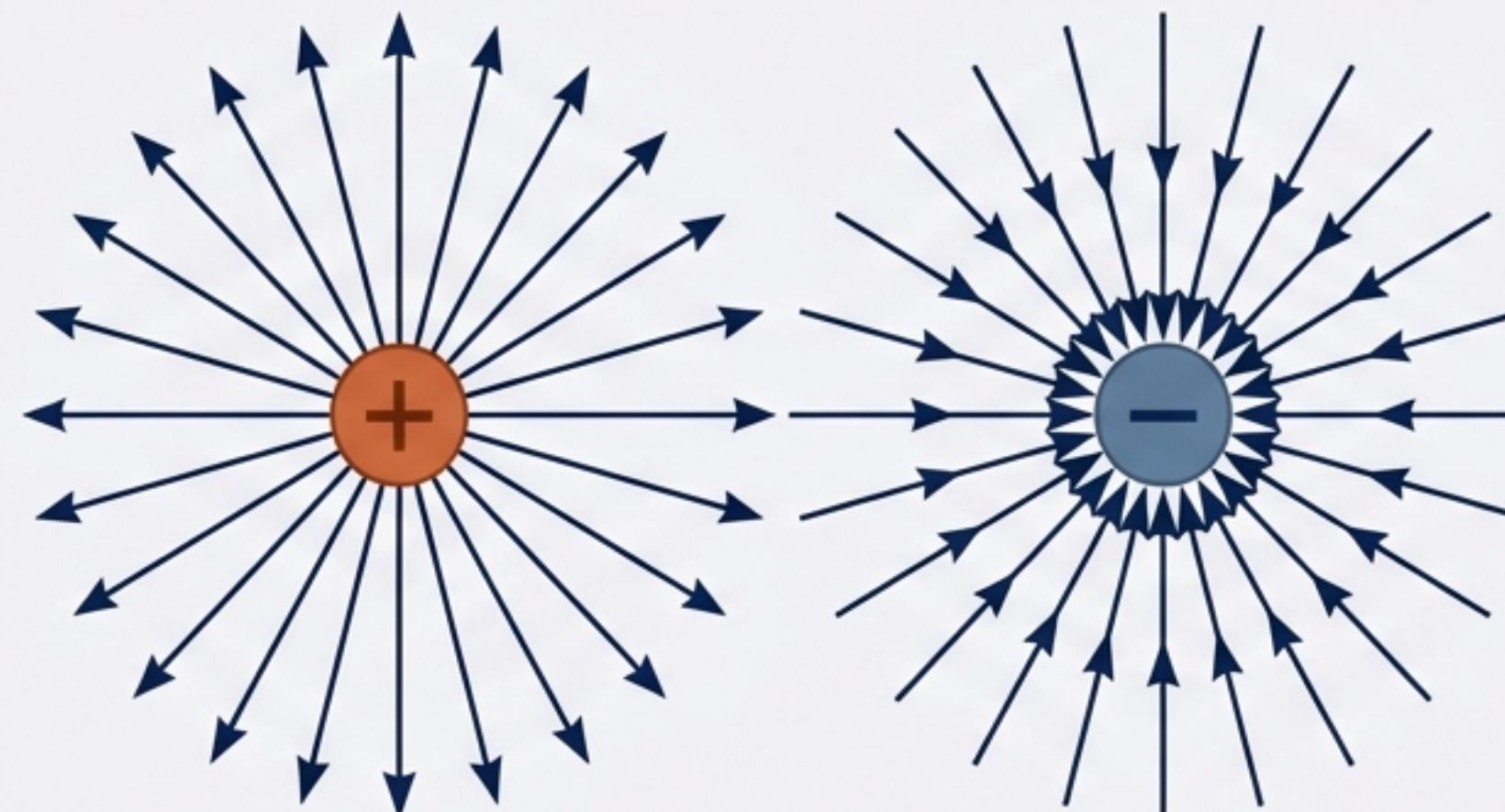
Gravedad vs. Electricidad

Fuerza Gravitatoria (F_g)	Fuerza Eléctrica (F_e)
	
Formula: $F_g = -G \frac{mM}{r^2}$	Formula: $F_e = K \frac{qQ}{r^2}$
Constant: $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ (Débil)	Constant: $K = 9 \cdot 10^9$ (Enorme)
Property: Solo Atracción	Property: Atracción y Repulsión
Source: Masa	Source: Carga

Semejanzas: Ambas son fuerzas centrales, conservativas y siguen la ley de $1/r^2$.

El Concepto de Campo Eléctrico (\vec{E})

Una perturbación del espacio



Manantial

Sumidero

Región del espacio modificada por una carga fuente (Q). Se detecta mediante una carga de prueba (q').

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

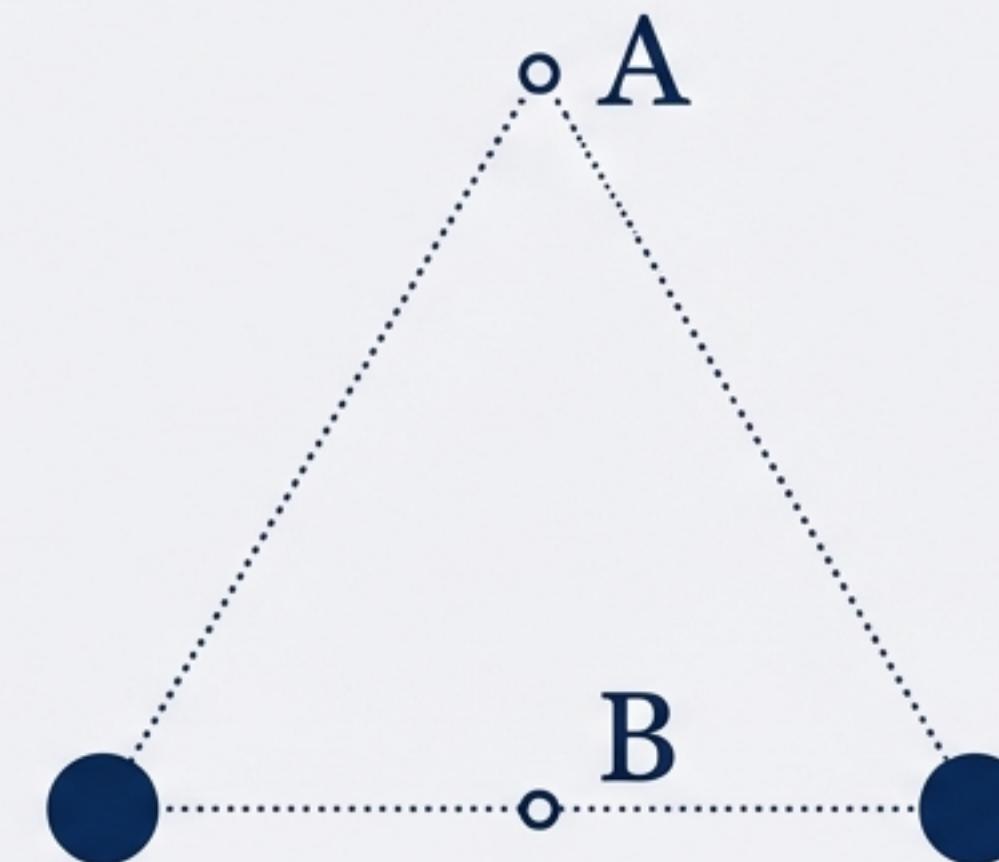
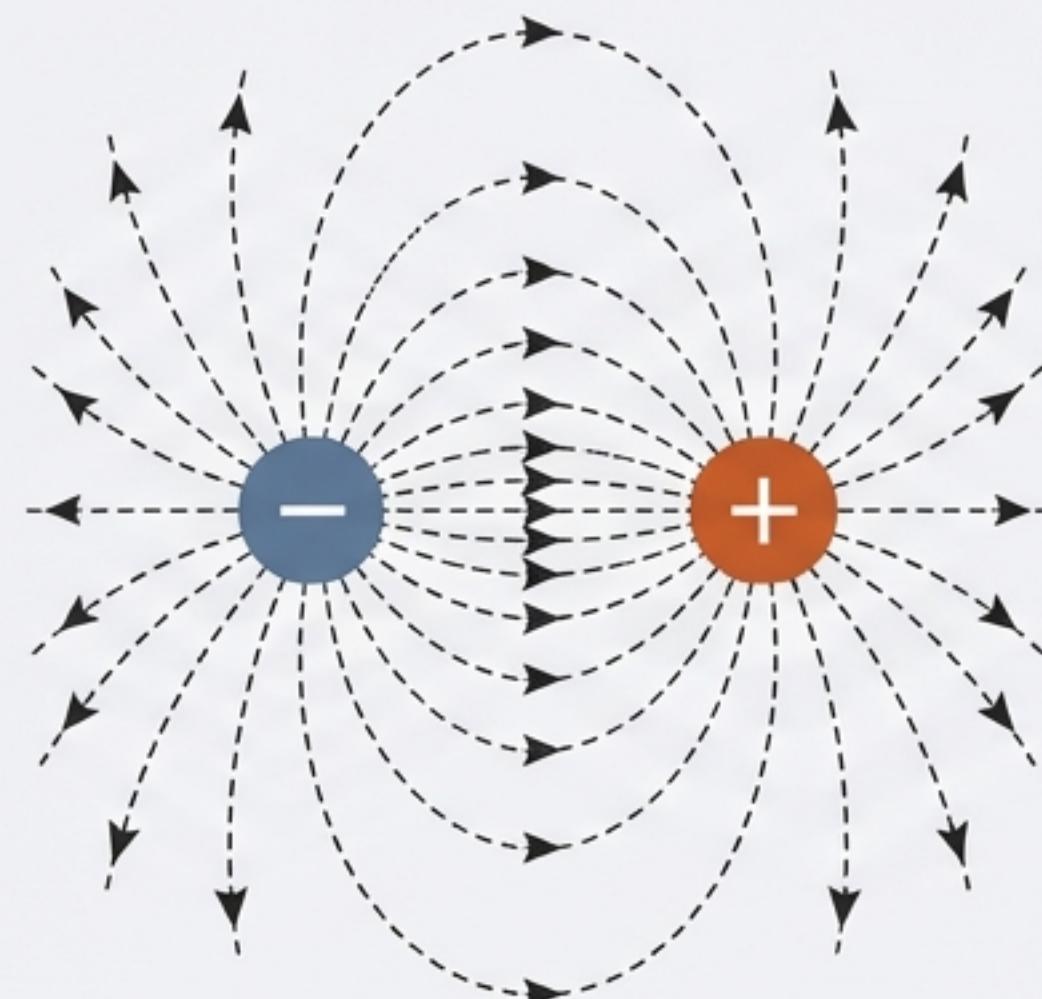
Unit: Newtons / Coulomb (N/C)

Nota: El vector \vec{E} es tangente a las líneas de fuerza en cada punto.

El Principio de Superposición

El campo total es la suma vectorial de los campos individuales.

$$\vec{E}_{total} = \sum \vec{E}_i$$



Método: Dibujar vectores en el punto, descomponer y sumar componentes.

Acto III: Energía Potencial Electrostática (E_p)

Escalando la montaña eléctrica (Escalares)

El trabajo necesario para traer una carga desde el infinito hasta un punto r .

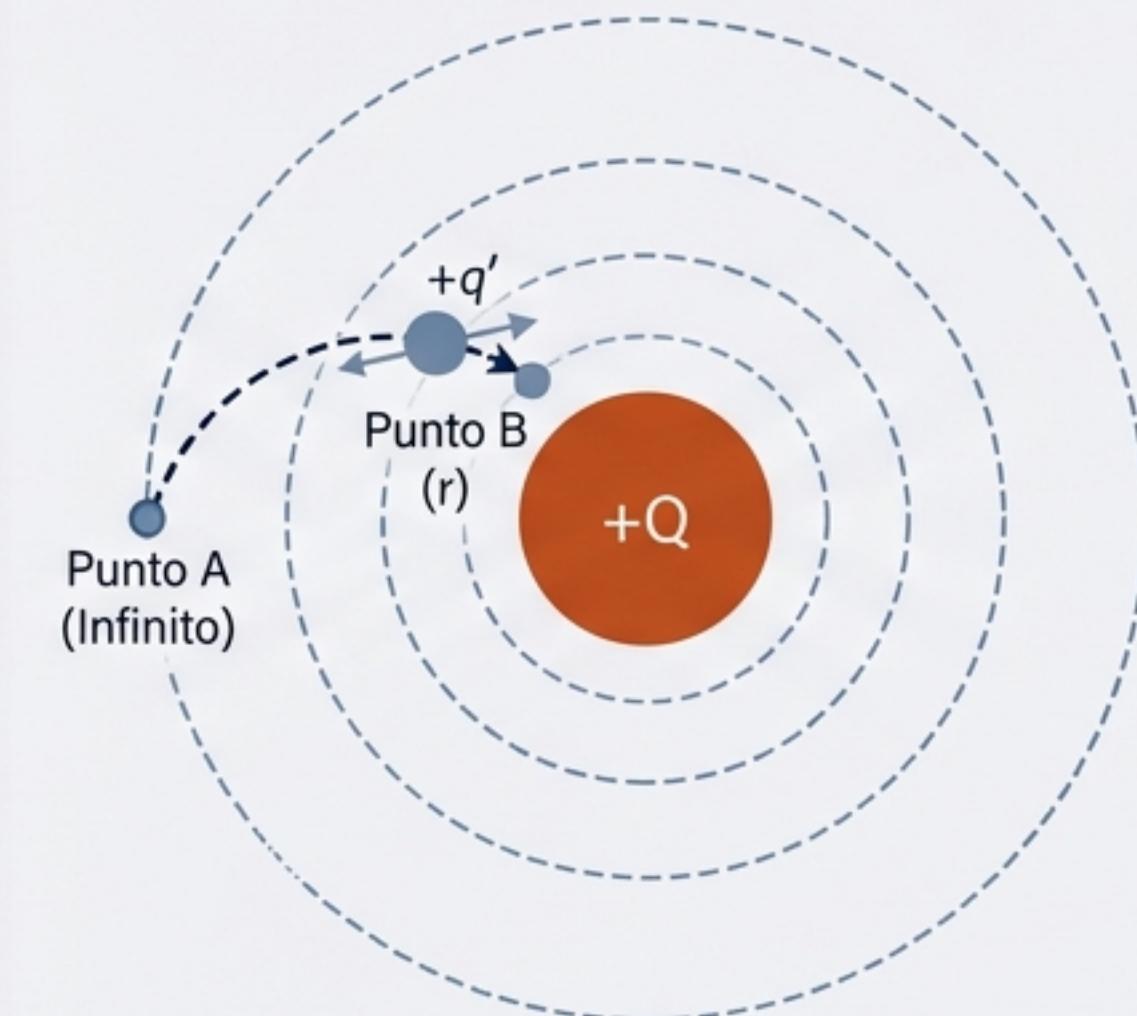
Definición

$$E_p = K \frac{qq'}{r} \text{ (Julios)}$$

Sign Convention

Teorema Trabajo-Energía ($W = -\Delta E_p$)

- **$W > 0$ (Espontáneo):** Trabajo realizado por el campo. (Ej. Cargas opuestas acercándose).
- **$W < 0$ (Forzado):** Trabajo realizado por un agente externo. (Ej. Juntar dos cargas positivas).



Potencial Eléctrico (V)

Energía por unidad de carga.
Define el 'nivel' eléctrico del punto.

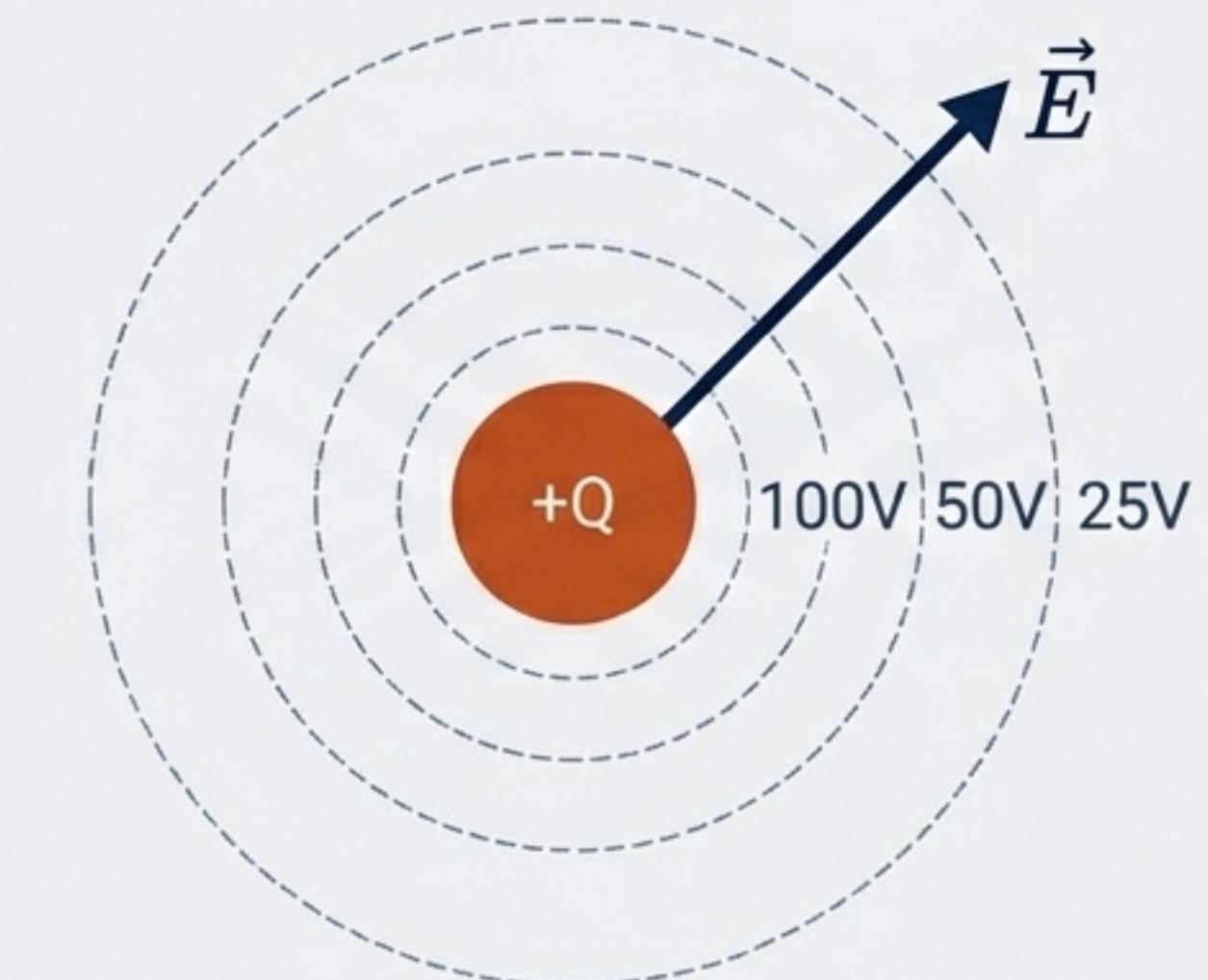
$$V = K \frac{q}{r} \text{ (Voltios)}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

Movement Rules

- (+) Cargas positivas caen a menor V .
- (-) Cargas negativas suben a mayor V .

Equipotential Surfaces



El campo \vec{E} siempre es perpendicular a las superficies equipotenciales.

Relación Campo - Potencial

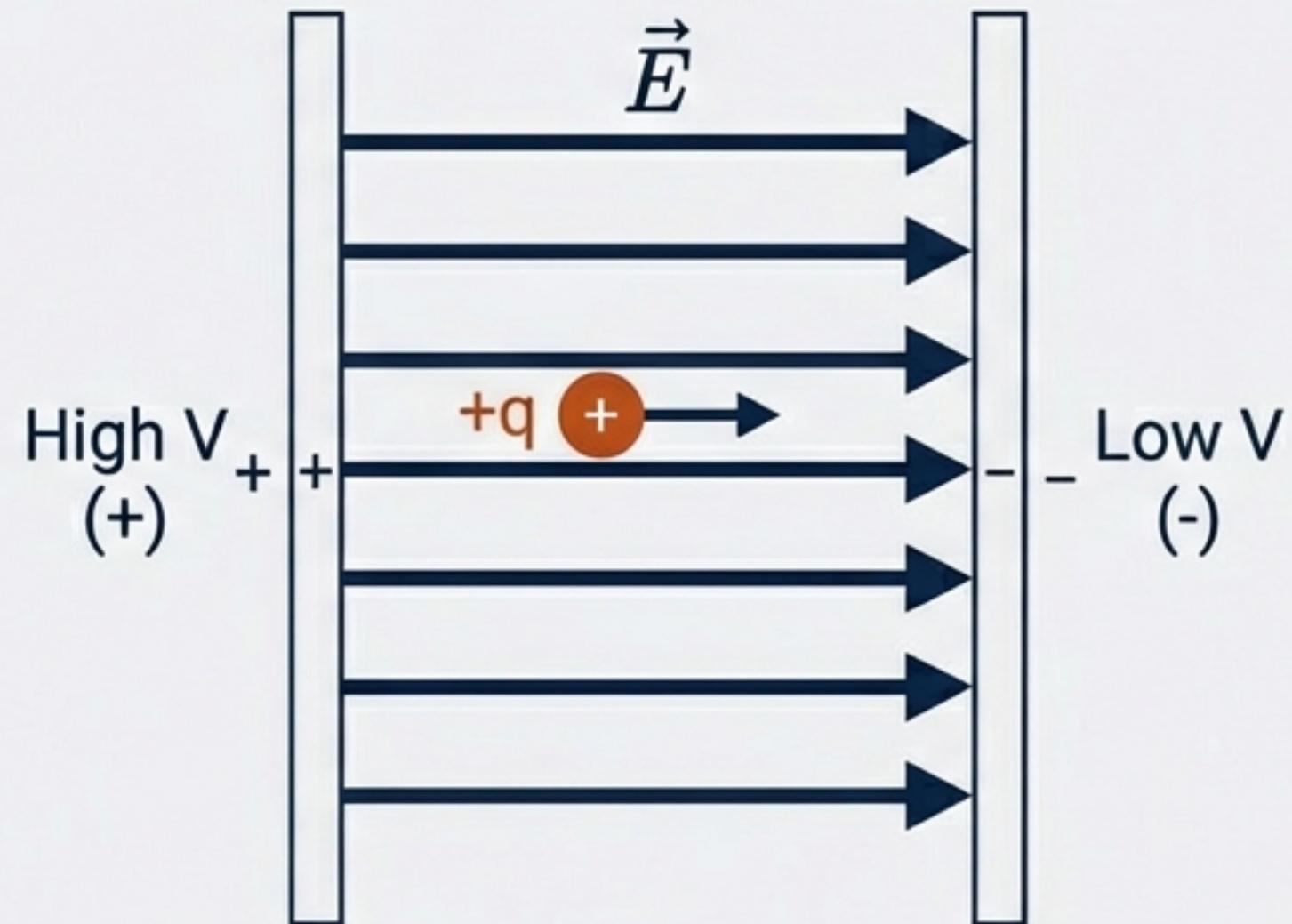
El campo eléctrico apunta hacia donde el potencial disminuye más rápido.

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{r}$$

Campo Uniforme (Condensador):

$$V_A - V_B = E \cdot d$$

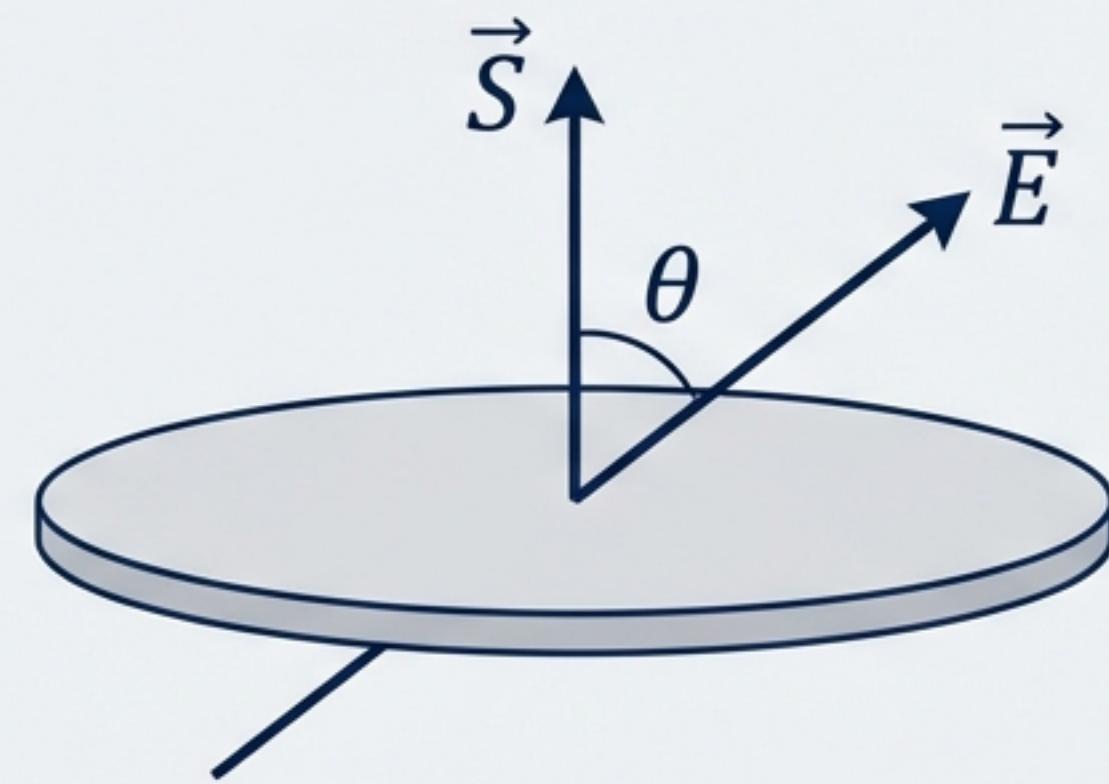
$$E = \Delta V/d$$



Las cargas positivas 'bajan' el potencial impulsadas por el campo.

Flujo del Campo Eléctrico (Φ)

Medida del número neto de líneas de campo que atraviesan una superficie.



$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot S \cdot \cos(\theta)$$

Interpretation Key

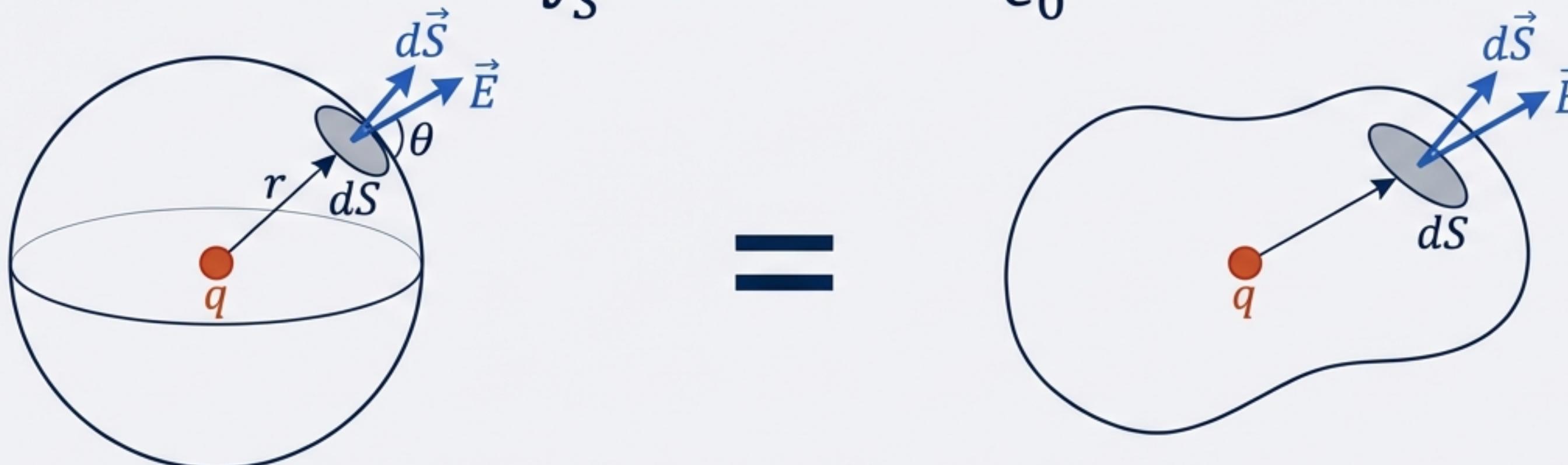
- **Saliente ($\Phi > 0$):**
Líneas salen.
- **Entrante ($\Phi < 0$):**
Líneas entran.
- **Nulo ($\Phi = 0$):** El campo es paralelo a la superficie ($\theta = 90^\circ$).

El Teorema de Gauss

La herramienta maestra para la simetría

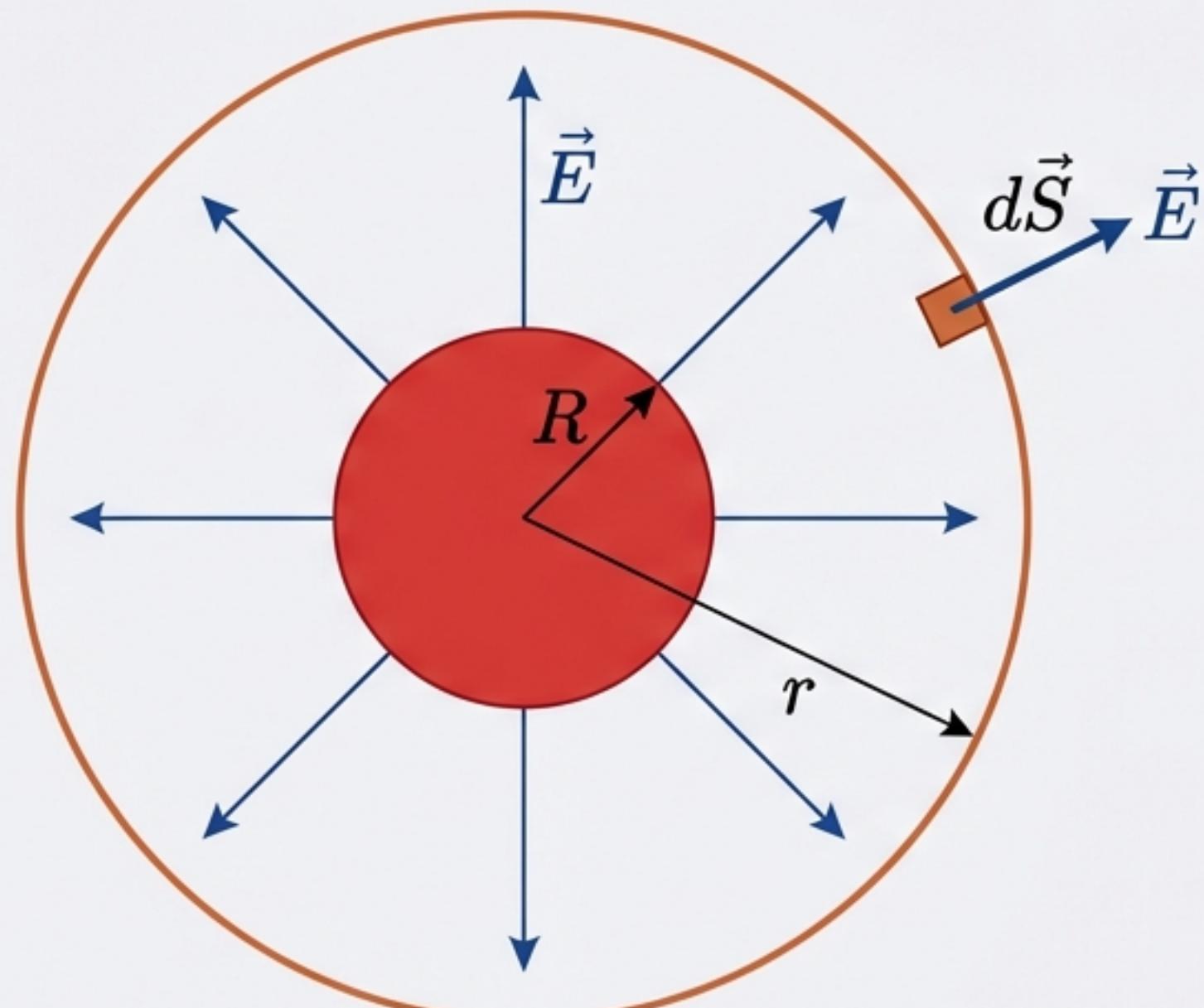
El flujo total a través de una superficie cerrada depende
ÚNICAMENTE de la carga encerrada.

$$\Phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{encerrada}}{\epsilon_0}$$



La forma de la superficie no importa.

Aplicación 1: La Esfera Cargada



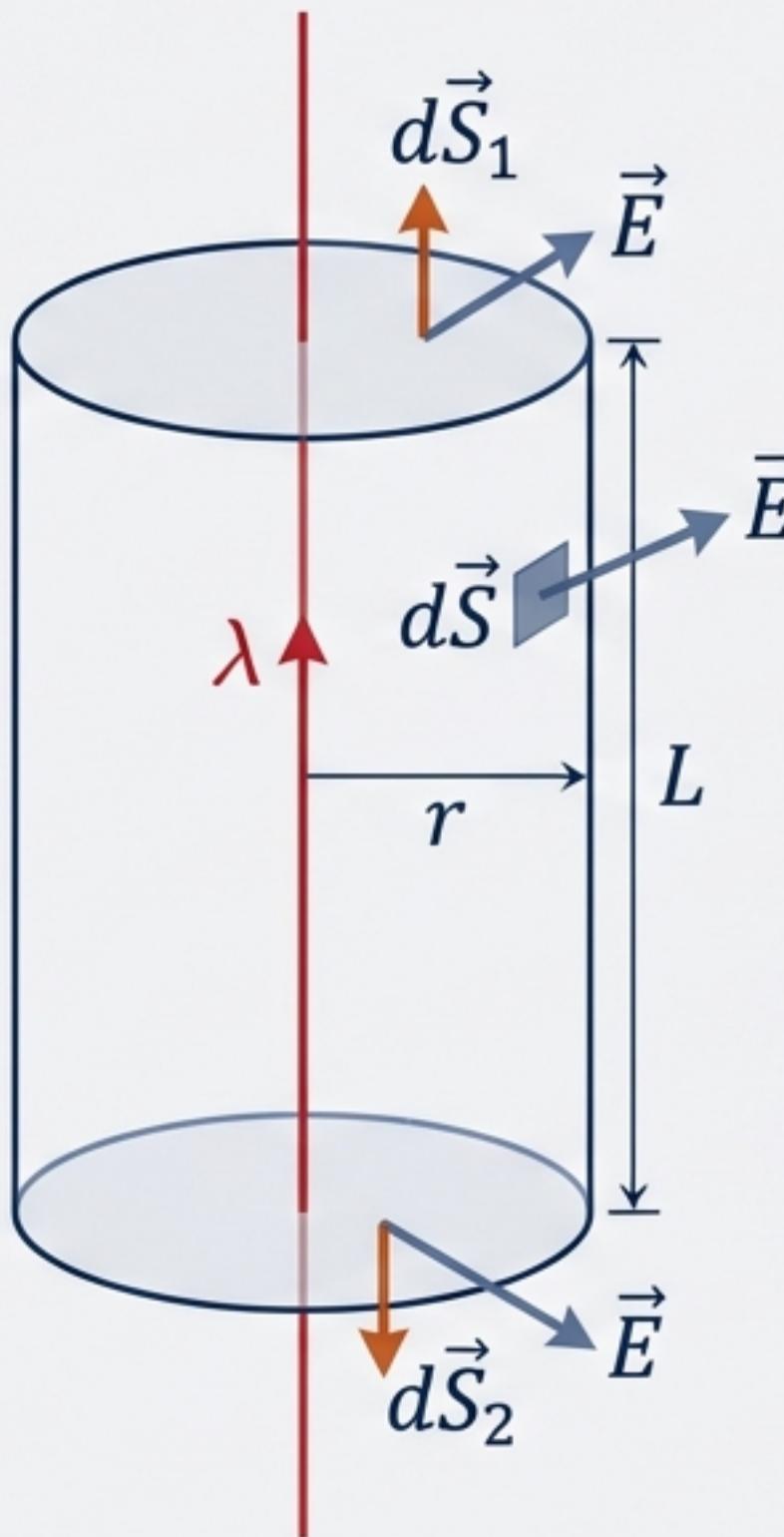
1. **Simetría:** Esférica. \vec{E} es radial.
2. **Superficie Gaussiana:** Esfera de radio r .
3. **Carga Interior:** Q_{total} .
4. **Resolución:**

$$\oint E dS = E(4\pi r^2) = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\text{Resultado: } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Fuera de la esfera, se comporta exactamente como una carga puntual.

Aplicación 2: Hilo Conductor Infinito



Simetría: Cilíndrica. Distribución lineal λ .

Superficie Gaussiana: Cilindro (radio r , longitud L).

Flujo: Nulo en las tapas. Solo lateral ($S = 2\pi rL$).

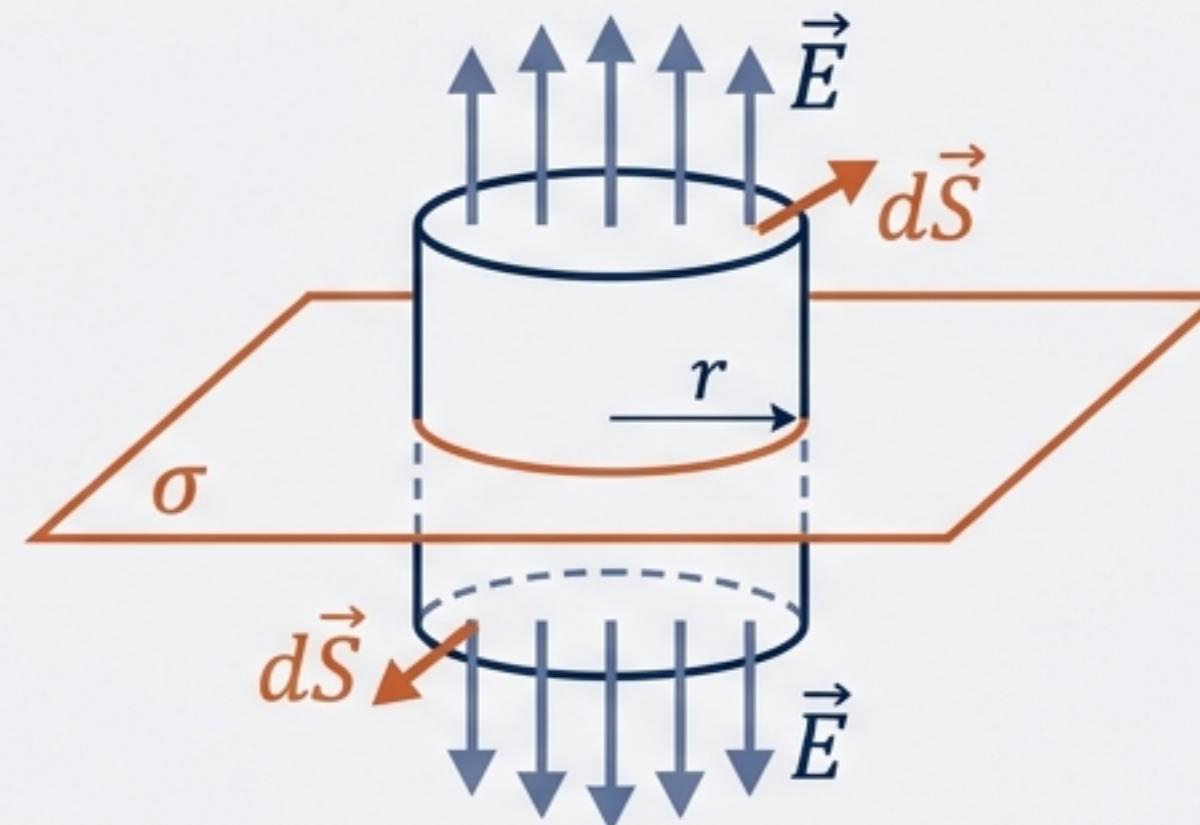
Resolución:

$$\vec{E} (2\pi rL) = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

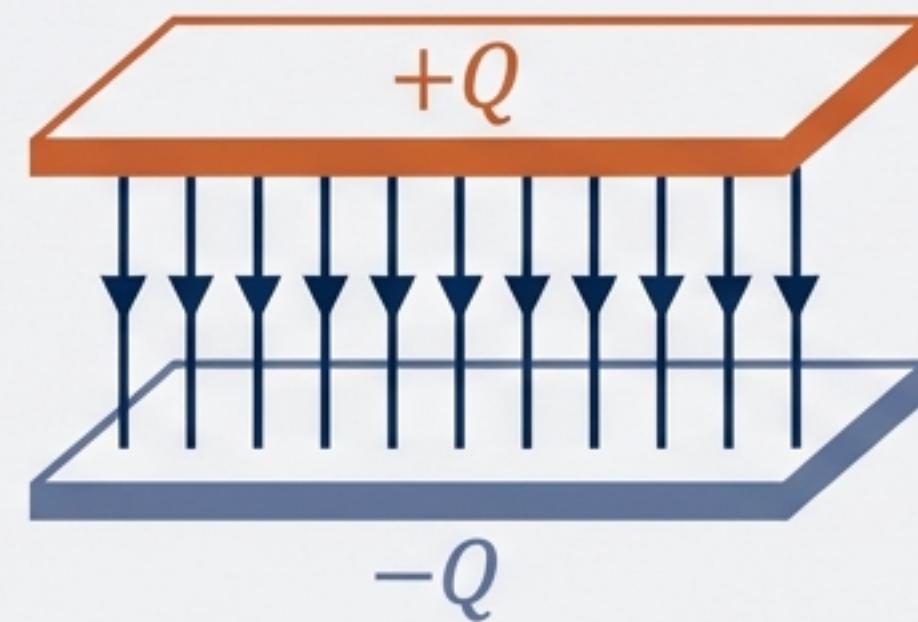
$$\text{Resultado: } E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

El campo decae con $1/r$ (más lento que la carga puntual).

Aplicación 3: Plano Infinito y Condensador



Plano Único: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ (Campo Uniforme).



Condensador Plano:

Campo Interior: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Capacidad: $C = Q/V$

Energía: $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

Resumen Estratégico y Fórmulas

Geometría	Campo (\vec{E})	Potencial (V)
Carga Puntual / Esfera	$\propto 1/r^2$	$\propto 1/r$
Hilo Infinito	$\propto 1/r$	$\propto -\ln(r)$
Plano / Condensador	Constante	$\propto -r$ (Lineal)

Clave de Resolución:

- ¿Es una carga puntual? → **Ley de Coulomb** ($F = KQq/r^2$)
- ¿Tiene simetría (Esfera/Hilo/Plano)? → **Gauss** ($\Phi = Q/\epsilon_0$)