

# Energía electrostática almacenada en un condensador

J.E. Prieto

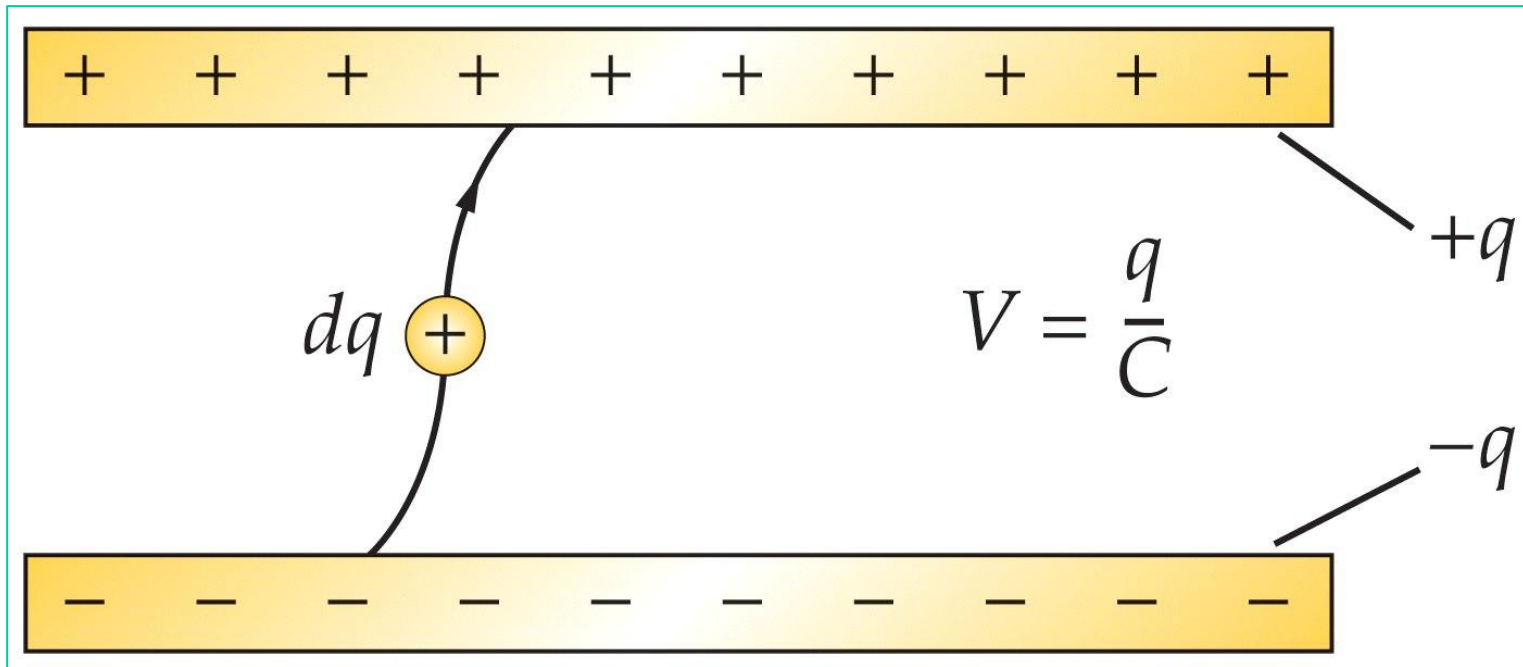
Fuente principal de figuras:

“Physics for scientists and engineers” (5<sup>th</sup> edition),

P.A. Tipler, G. Mosca

# Energía electrostática en un condensador

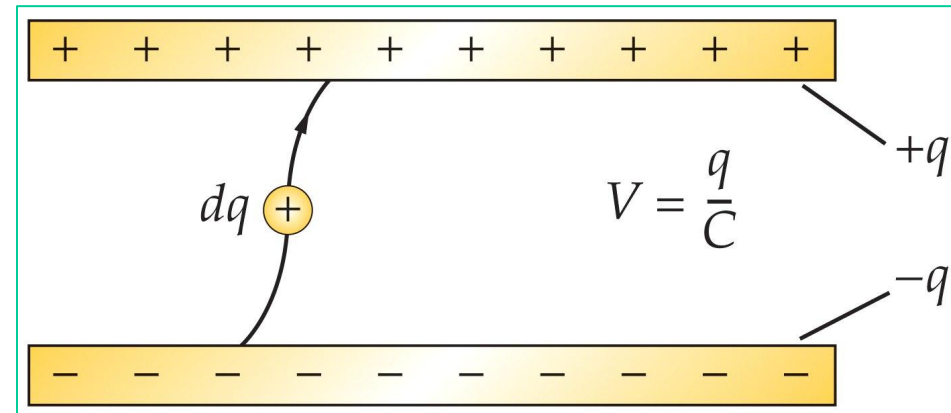
- Cargar un condensador *cuesta energía*:



- Para añadir *más carga*  $dq$  cuando ya hay una carga  $q$  acumulada hay que realizar *trabajo en contra* del campo  $\mathbf{E}$ : hay que *aumentar la energía potencial electrostática* en  $dU$ .

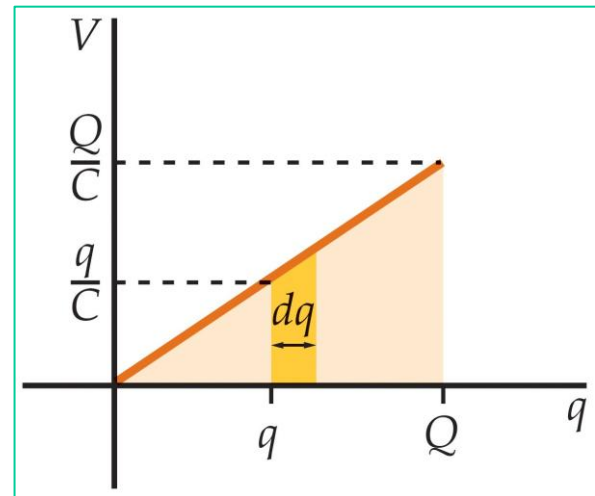
# Energía electrostática en un condensador

- ¿Cuánta energía cuesta cargar un condensador (acumular una carga  $Q$ )?
- Transferir *más* carga  $dq$  cuando ya hay una carga  $q$  acumulada cuesta una energía  $dU$ :



$$dU = dq \ V = dq \frac{q}{C}$$

$$\rightarrow U = \frac{1}{C} \int_0^Q q \, dq = \frac{Q^2}{2C}$$



$$\rightarrow U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} Q V$$

# Energía electrostática en un condensador

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

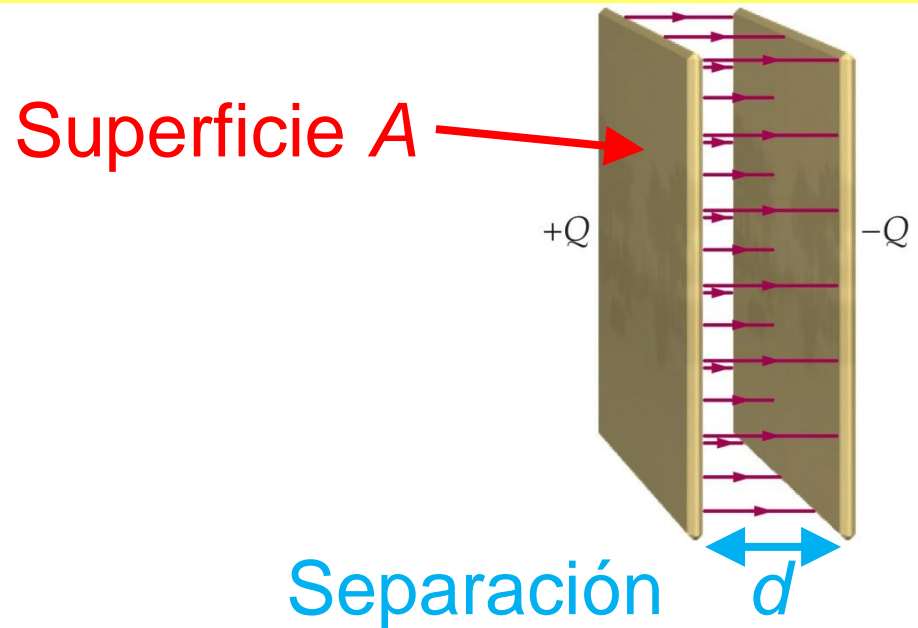
- ¿Dónde se encuentra esta energía  $U$ ?
  - En el campo  $\mathbf{E}$ : *crear un campo  $\mathbf{E}$  cuesta energía*
- Calculemos la *densidad de energía electrostática*  $u_{el}$  en el caso más simple: condensador plano-paralelo.
- Definición: *densidad de energía electrostática*  $u_{el}$ : energía electrostática  $U$  por unidad de volumen  $V_{vol}$ :

$$u_{el} \equiv \frac{dU}{dV_{vol}}$$

# Energía electrostática en un condensador

Volumen  $V_{vol}$  ocupado por el campo  $\mathbf{E}$ : en el condensador plano-paralelo:

$$V_{vol} = A d$$



$$U = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} C (E d)^2 = \frac{1}{2} \left( \epsilon_0 \frac{A}{d} \right) d^2 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 (A d) E^2$$

$$u_{el} \equiv \frac{dU}{dV_{vol}}$$



$$u_{el} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

# Densidad de energía electrostática

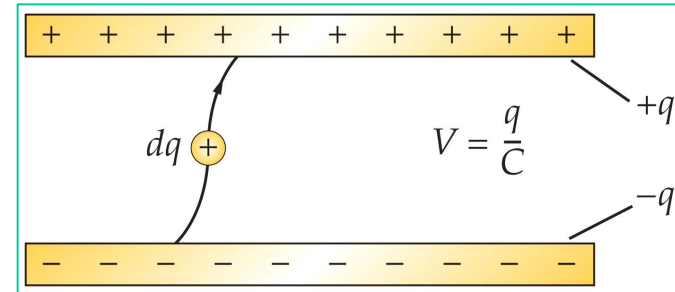
- Resultado *completamente general* (no sólo es válido para el condensador plano-paralelo):
- La *densidad de energía electrostática* (energía por unidad de volumen) de un campo  $\mathbf{E}$  es proporcional a  $E^2$  y vale:

$$u_{el} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

# Resumen: Energía electrostática en un condensador

- *Cargar un condensador siempre cuesta energía  $U$*  (hay que separar cargas):

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



- La energía  $U$  se encuentra en el campo  $\mathbf{E}$  (*crear un campo  $\mathbf{E}$  siempre cuesta energía*).

→ *Densidad de energía electrostática* (energía por unidad de volumen):

$$u_{el} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$