

# Estructura de la Materia 2

Clase 11/12 - Teoría

## Docentes

Gustavo Grinblat, Andrea Barral, Adán Garros

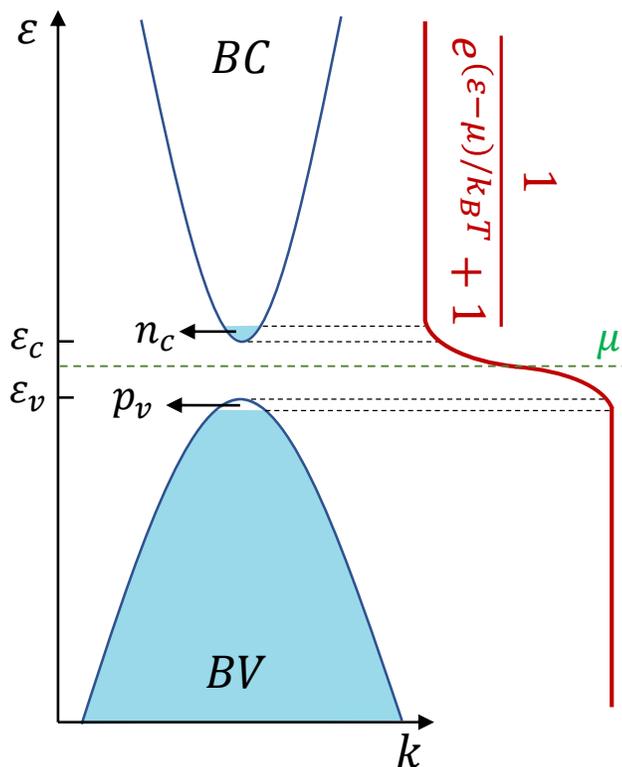
Departamento de Física, FCEN, UBA – Primer Cuatrimestre, 2025

Web: <https://asignaturas.df.uba.ar/edlm2-grinblat/>

# Repaso

## Semiconductor en equilibrio térmico y caso intrínseco

$$\begin{cases} n_c(T) = \int_{\varepsilon_c}^{\infty} f(\varepsilon) g_c(\varepsilon) d\varepsilon = \int_{\varepsilon_c}^{\infty} [e^{(\varepsilon-\mu)/k_B T} + 1]^{-1} g_c(\varepsilon) d\varepsilon \\ p_v(T) = \int_{-\infty}^{\varepsilon_v} (1 - f(\varepsilon)) g_v(\varepsilon) d\varepsilon = \int_{-\infty}^{\varepsilon_v} [e^{(\mu-\varepsilon)/k_B T} + 1]^{-1} g_v(\varepsilon) d\varepsilon \end{cases} \begin{cases} \varepsilon_c - \mu \gg k_B T \\ \mu - \varepsilon_v \gg k_B T \end{cases} \text{ (Condición de no-degeneración)}$$



$$\begin{cases} n_c(T) = N_c(T) e^{-\frac{\varepsilon_c - \mu}{k_B T}} \\ p_v(T) = P_v(T) e^{-\frac{\mu - \varepsilon_v}{k_B T}} \end{cases} \begin{cases} N_c(T) = \int_{\varepsilon_c}^{\infty} e^{-\frac{\varepsilon - \varepsilon_c}{k_B T}} g_c(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{1}{4} \left( \frac{2m_c k_B T}{\pi \hbar^2} \right)^{3/2} \\ P_v(T) = \int_{-\infty}^{\varepsilon_v} e^{-\frac{\varepsilon_v - \varepsilon}{k_B T}} g_v(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{1}{4} \left( \frac{2m_v k_B T}{\pi \hbar^2} \right)^{3/2} \end{cases}$$

$$n_c p_v = N_c P_v e^{-\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_v}{k_B T}} = N_c P_v e^{-\frac{E_g}{k_B T}} = n_i^2$$

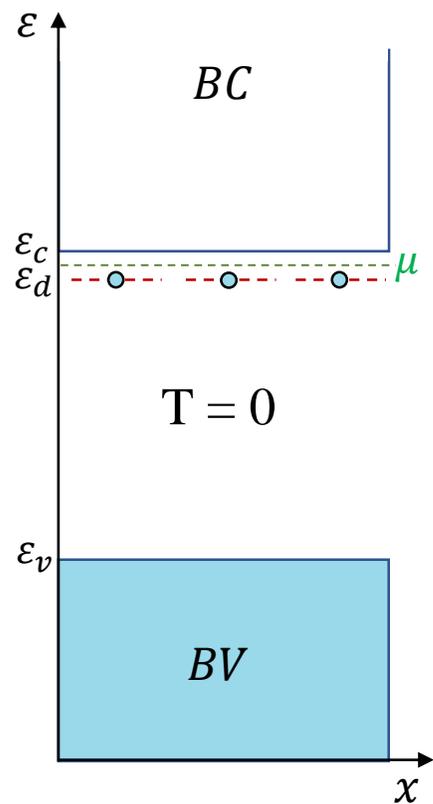
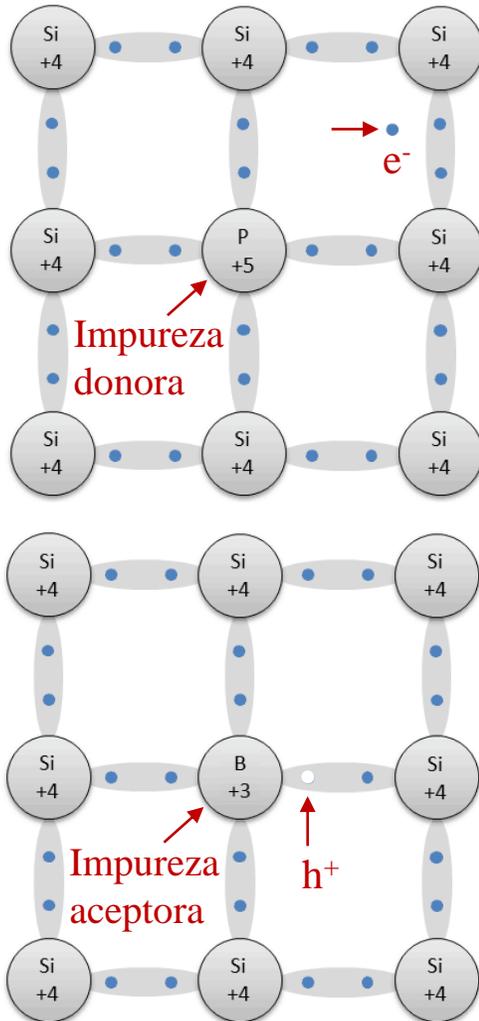
Ley de acción de masas

$$\begin{cases} n_i(T) = [N_c P_v]^{1/2} e^{-\frac{E_g}{2k_B T}} = \frac{1}{4} \left( \frac{2k_B T}{\pi \hbar^2} \right)^{3/2} (m_c m_v)^{3/4} e^{-\frac{E_g}{2k_B T}} = n_c^{(i)} = p_v^{(i)} \\ \mu_i = \varepsilon_v + \frac{E_g}{2} + \frac{1}{2} k_B T \ln \left( \frac{P_v}{N_c} \right) = \varepsilon_v + \frac{E_g}{2} + \frac{3}{4} k_B T \ln \left( \frac{m_v}{m_c} \right) \end{cases}$$

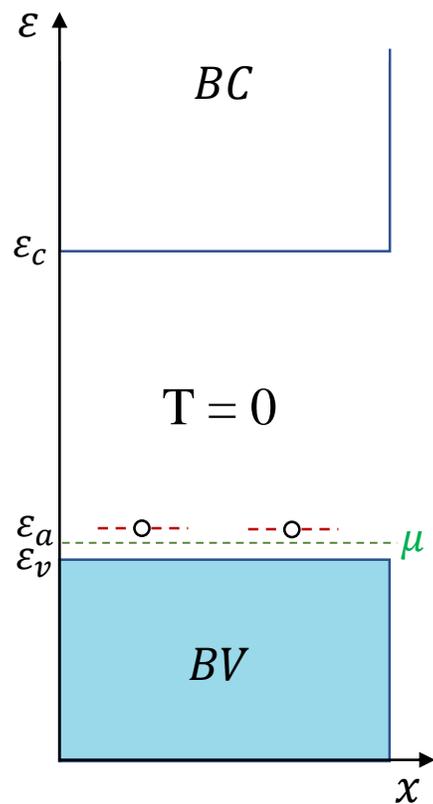
# Repaso

## Semiconductor extrínseco

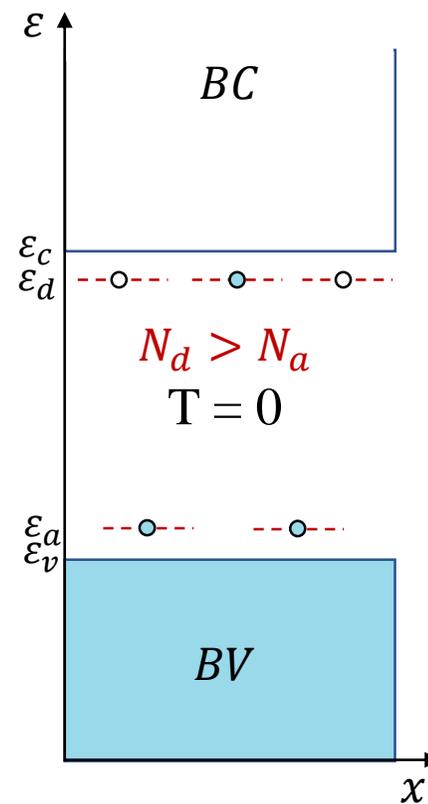
Dopamos al semiconductor con una baja concentración de impurezas donoras o aceptoras.



$$n_d = \frac{N_d}{\frac{1}{2} e^{\beta(\epsilon_d - \mu)} + 1}$$



$$p_a = \frac{N_a}{\frac{1}{2} e^{\beta(\mu - \epsilon_a)} + 1}$$



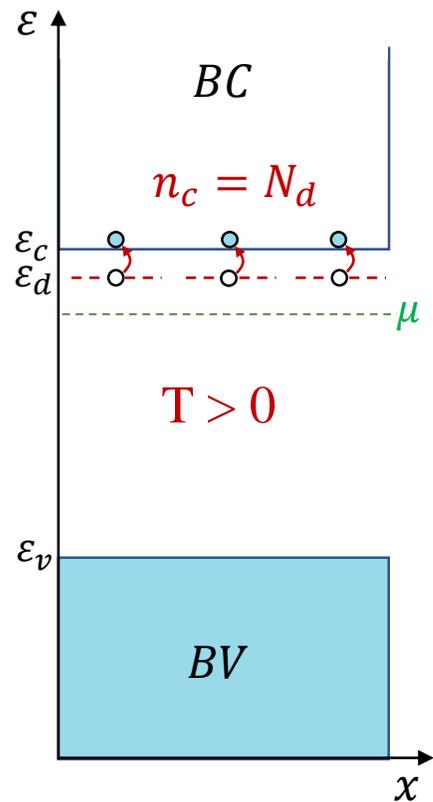
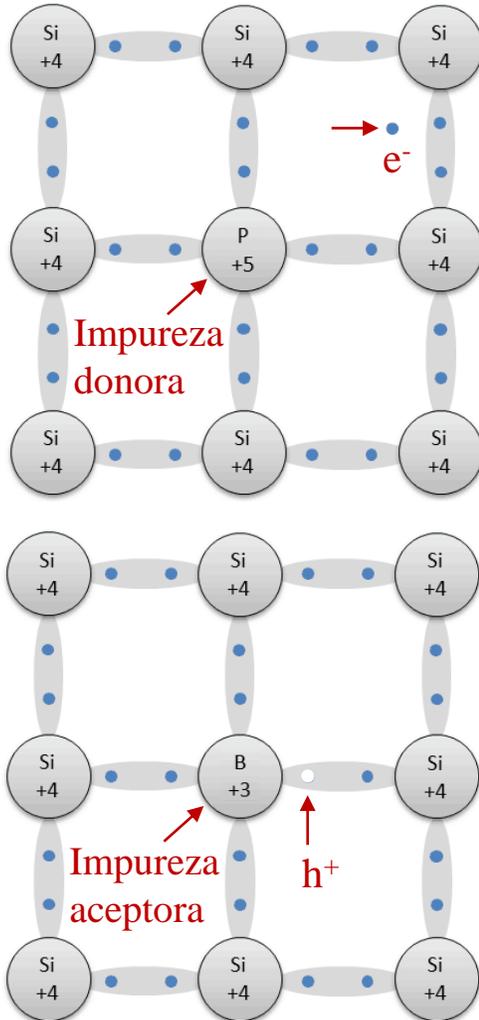
$$n_c + n_d = N_d - N_a + p_v + p_a$$

**Balance de carga**

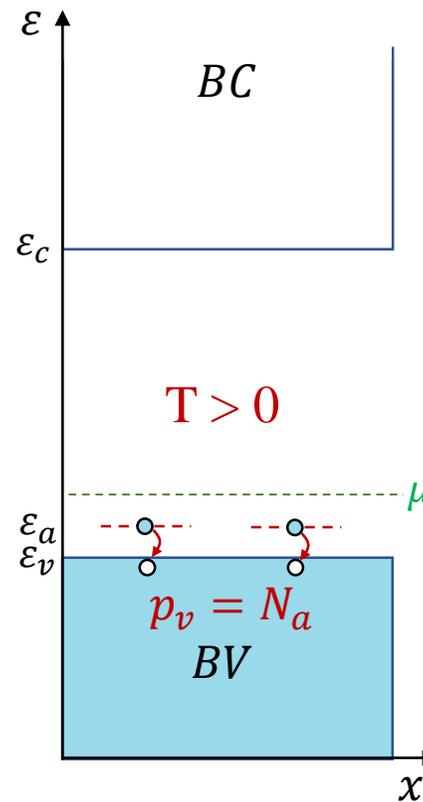
# Repaso

## Semiconductor extrínseco

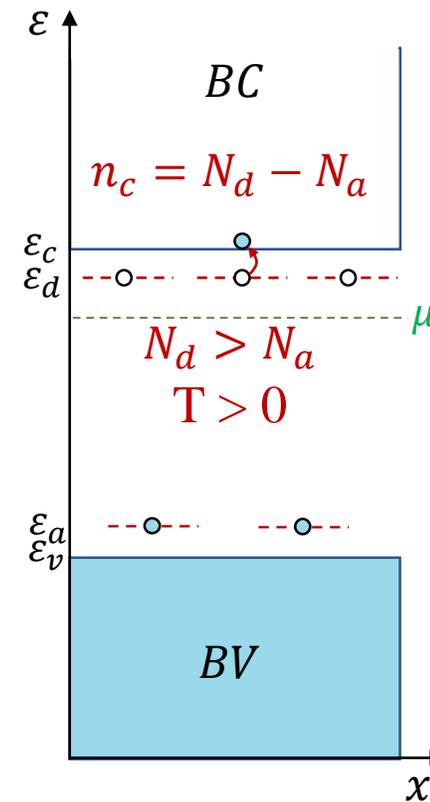
Dopamos al semiconductor con una baja concentración de impurezas donoras o aceptoras.



$$n_d = \frac{N_d}{\frac{1}{2} e^{\beta(\epsilon_d - \mu)} + 1}$$



$$p_a = \frac{N_a}{\frac{1}{2} e^{\beta(\mu - \epsilon_a)} + 1}$$



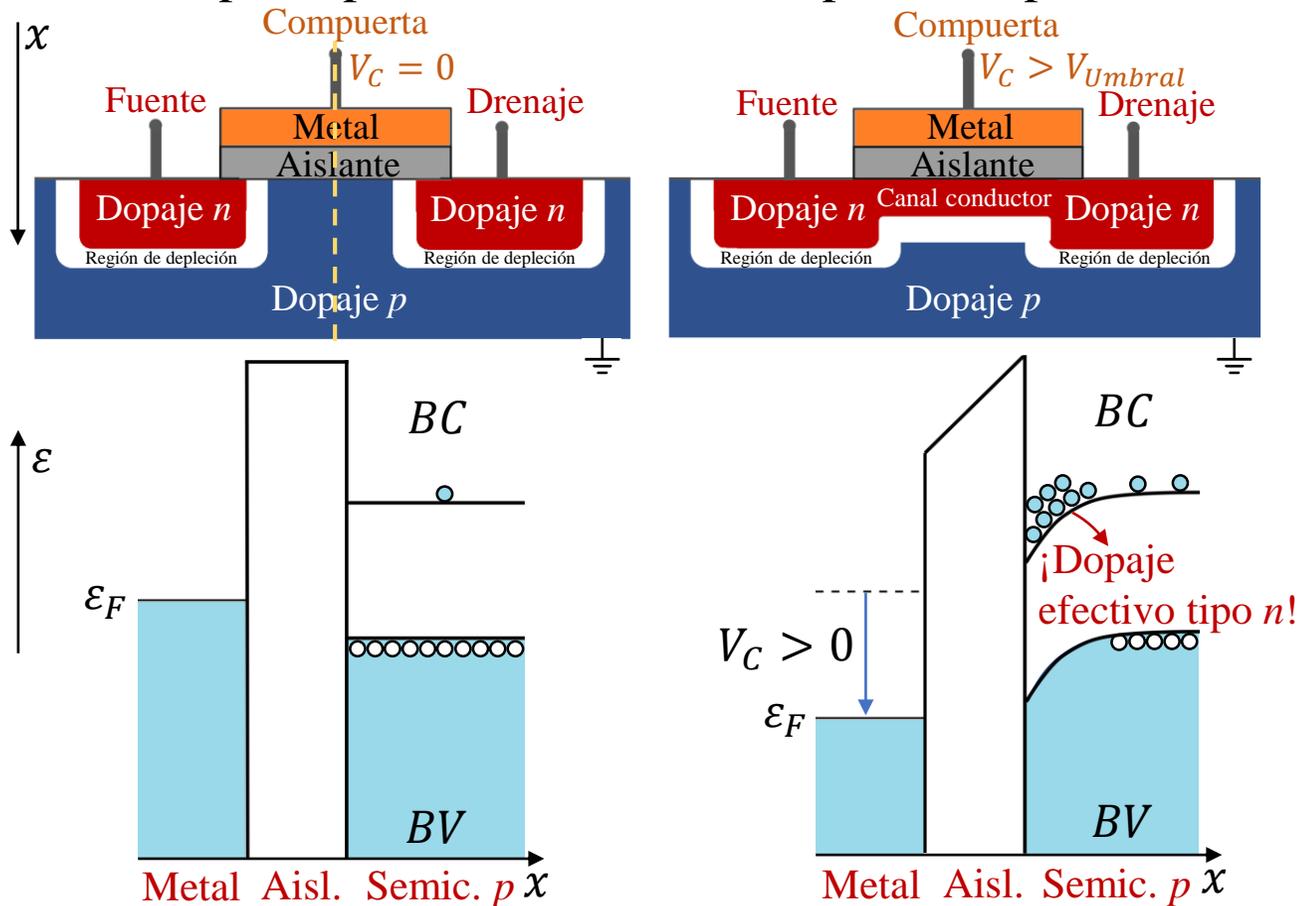
$$n_c + n_d = N_d - N_a + p_v + p_a$$

**Balance de carga**

# Transistor y pozos cuánticos

## Transistor de efecto de campo (MOSFET)

Se utiliza principalmente como interruptor o amplificador.

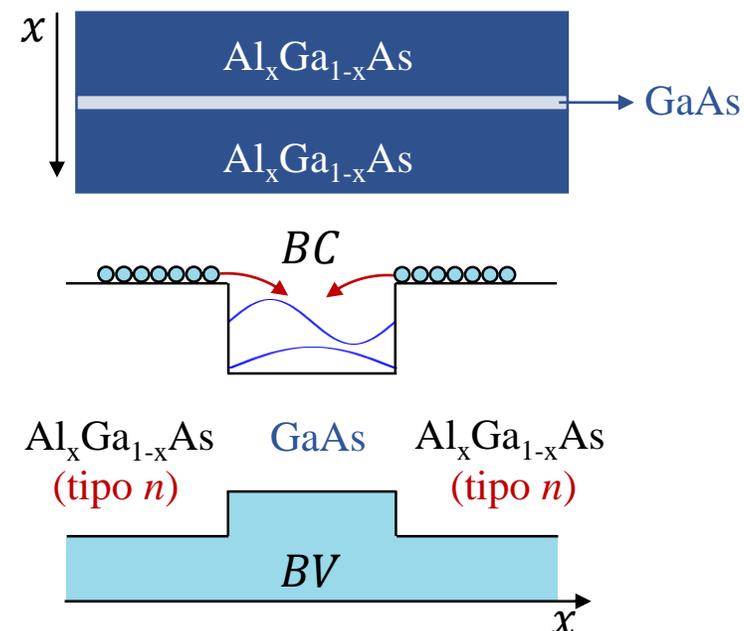


Al aumentar  $V_C$  por encima de  $V_{umbral}$ , se crea un canal de conducción, cuyo tamaño (y resistencia) depende de  $V_C$ .

## Pozos cuánticos

GaAs y AlAs son semiconductores de *gap* directo con  $E_g^{GaAs} = 1.4$  eV y  $E_g^{AlAs} = 2.7$  eV. Aleaciones  $Al_xGa_{1-x}As$  tienen  $E_g$  intermedios.

→ Heteroestructuras de  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  pueden formar pozos cuánticos.



Utilizando  $Al_xGa_{1-x}As$  tipo  $n(p)$ ,  $e^-$  ( $h^+$ ) "caen" al pozo creando un gas bidimensional de  $e^-$  ( $h^+$ ).

# Resumen

- Región de depleción en la juntura  $p$ - $n$
- Respuesta ante un voltaje aplicado
- Corriente a través de la juntura
- Polarización directa e inversa
- Aplicaciones de junturas  $p$ - $n$

