

## Formulario-Bloque-II-con-magnitu...



candeladav



Fundamentos Físicos de la Informática



1º Grado en Ingeniería del Software



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Málaga

Máster  
**Online en Ciberseguridad**  
Nº1 en España según El Mundo

 **Hasta el 46%  
de beca**

 **Mejor Máster  
según el  
Ranking de  
ELMUNDO**

Para ser el mejor hay que aprender  
de los mejores.

**IMEF**  
Smart Education  
**Deloitte**

**Infórmate**

# Consigue Empleo o Prácticas

Matrícúlate en IMF y accede sin coste a nuestro servicio de Desarrollo Profesional con más de 7.000 ofertas de empleo y prácticas al mes.



**IMF**  
Smart Education

¿Quieres conocer todos los servicios?



## Efecto Fotoeléctrico

$$I = n \cdot h \cdot f \rightarrow n = \frac{I}{h \cdot f}$$

$n$  = fotones /  $m^2 \cdot s$   
 $h$  = cte  
 $f$  = frecuencia (Hz)  $\rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$   
 $I$  = intensidad (W)

$$E_c = h \cdot f - W_0$$

$h$  = cte  
 $f$  = frecuencia de radiación (Hz)  
 $W_0$  = trabajo extracción (J)  
 $E_c$  = energía cinética (J)

$$W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_0}$$

$W_0$  = trabajo de extracción (J)  
 $h$  = cte  
 $c$  = velocidad de la luz (m/s)  
 $\lambda_0$  = longitud de onda umbral (m)

$$c = \lambda \cdot f$$

$c$  = velocidad de la luz (m/s)  
 $f$  = frecuencia (Hz)  
 $\lambda$  = longitud de onda (m)

$$E_c = q \cdot \Delta V$$

$q$  = carga (C)  
 $\Delta V$  = potencial frenado (V)  
 $h$  = cte  
 $f$  = frecuencia (Hz)  
 $E_{fotón}$  = energía fotón (J)

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$h$  = cte  
 $\lambda$  = longitud de onda (m) - de Broglie  
 $p$  = momento lineal ( $kg \cdot m/s$ )

$$p = m \cdot v$$

$m$  = masa ( $kg$ )  
 $v$  = velocidad (m/s)

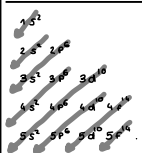
$$E_f = p \cdot c$$

$E_f$  = energía fotón (J)  
 $p$  = cantidad de movimiento ( $kg \cdot m/s$ )  
 $c$  = velocidad de la luz (m/s)  
 $n$  = nivel energético

$$E_n = \frac{n^2 \cdot h^2}{8mL^2}$$

$h$  = cte  
 $m$  = masa electrón ( $kg$ )  
 $L$  = longitud (m)  
 $E_n$  = energía total electrón (J)

## Diagrama de Moeller



## Números Atómicos

$n$  = nivel energético mayor orbital  
 $l$  = momento angular = 0 hasta  $n-1$   
 $m_l$  = momento cuántico =  $-l$  hasta  $+l$   
 $m_s$  = espín =  $\pm 1/2$

Grupo 14 ( $Si, Ge$ )  $\rightarrow$  B-Al-Ga-In-Te

Grupo 15 ( $S, Se, Te$ )  $\rightarrow$  C-Si-Ge-Sn-Pb

Grupo 16 ( $S, Se, Te$ )  $\rightarrow$  N-P-As-Sb-Bi

## Constantes

$Planck = h = 6.62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$   
 $1 eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$   
 $Boltzman = k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$   
 $0 K = 273^\circ C$   
 $\lambda = 10^{-9} m$   
 $\bar{e} = 1.6 \cdot 10^{-19} C$   
 $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$   
 $N_A = Avogadro = 6.023 \cdot 10^{23} mol^{-1}$   
 $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

## Física del Estado Sólido

$$F(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-E_F)/k_B T}}$$

$T$  = temperatura (K)  
 $F(E)$  = probabilidad  
 $E$  = estado de energía (J)  
 $E_F$  = energía de Fermi (J)  
 $k_B$  = cte

$$U = k_B T$$

$U$  = energía térmica (J)  
 $k_B$  = cte  
 $T$  = temperatura (K)

$$n = N_A \cdot \frac{d}{m_a} \cdot z$$

$n$  = densidad de portadores ( $e^- / m^3$ )  
 $d$  = densidad (g/m<sup>3</sup>)  
 $m_a$  = masa atómica (g/mol)  
 $N_A$  = n° Avogadro = cte  
 $z$  = relación  $e^-$  / átomo

$$v_d = \mu \cdot E$$

$v_d$  = velocidad de arrastre (m/s)  
 $\mu$  = movilidad de carga ( $m^2/V \cdot s$ )  
 $E$  = campo eléctrico (V/m)

## Semiconductores Intrínsecos

$$n_i = n = p$$

$n_i$  = densidad intrínseca ( $m^3$ )  
 $n$  = densidad portadores ( $m^3$ )  
 $p$  = densidad huecos ( $m^3$ )  
 $n_i^2 = n \cdot p$   
 $n_i$  = densidad intrínseca ( $m^3$ )  
 $n$  = densidad portadores ( $m^3$ )  
 $p$  = densidad huecos ( $m^3$ )

$$n = N_C \cdot e^{-(E_C - E_F)/k_B T}$$

$n$  = densidad portadores ( $m^3$ )  
 $N_C$  = densidad efectiva BC ( $m^3$ )  
 $E_C$  = energía conducción (J)  
 $E_F$  = energía Fermi (J)  
 $k_B$  = cte  
 $T$  = temperatura (K)

$$E_F = \frac{E_C + E_V}{2} + \frac{k_B T}{2} \ln \frac{N_V}{N_C}$$

$E_F$  = energía Fermi (J)  
 $E_C$  = energía BC (J)  
 $E_V$  = energía BV (J)  
 $k_B$  = cte Boltzman  
 $T$  = temperatura (K)  
 $N_V$  = densidad efectiva BV ( $m^3$ )  
 $N_C$  = densidad efectiva BC ( $m^3$ )

Si  $n \approx p$

$$E_F \approx \frac{E_C + E_V}{2}$$

$E_F$  = energía Fermi (J)  
 $E_C$  = energía BC (J)  
 $E_V$  = energía BV (J)

Si  $n \approx p$

$$n_i = \sqrt{N_C N_V} \cdot e^{-E_G/2k_B T}$$

$T$  = temperatura (K)  
 $n_i$  = densidad intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_C$  = densidad BC ( $m^3$ )  
 $N_V$  = densidad BV ( $m^3$ )  
 $E_G$  = anchura BPC (J)  
 $k_B$  = cte

$$E_G = E_C - E_V$$

$E_G$  = anchura banda prohibida (J)  
 $E_C$  = energía BC (J)  
 $E_V$  = energía BV (J)  
 $\sigma$  = conductividad (S/m)  
 $E$  = campo eléctrico (V/m)  
 $J$  = densidad de corriente (A/m<sup>2</sup>)  
 $I$  = intensidad (A)  
 $S$  = superficie (m<sup>2</sup>)  
 $e$  = carga electrón  
 $\mu$  = movilidad portadores ( $m^2/V \cdot s$ )  
 $\sigma = e \cdot n_i (N_C + N_V)$   
 $n_i$  = densidad intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_C/N_V$  = movilidad huecos/portadores ( $m^2/V \cdot s$ )

## Semiconductor Extrínseco

$$n \approx N_D$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $N_D$  = concentración átomos donadores (átomos/m<sup>3</sup>)

$$n \approx N_A$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $N_A$  = concentración átomos aceptores (átomos/m<sup>3</sup>)

$$n \approx N_D$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $N_D$  = concentración átomos donadores (átomos/m<sup>3</sup>)

$$n \approx N_A$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $N_A$  = concentración átomos aceptores (átomos/m<sup>3</sup>)

$$p = \frac{n_i^2}{N_D}$$

$p$  = concentración huecos ( $m^3$ )  
 $n_i$  = concentración intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_D$  = concentración donadores ( $m^3$ )

$$p = \frac{n_i^2}{N_A}$$

$p$  = concentración huecos ( $m^3$ )  
 $n_i$  = concentración intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_A$  = concentración aceptores ( $m^3$ )

$$n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $n_i$  = concentración intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_A$  = concentración aceptores ( $m^3$ )

$$n = \frac{n_i^2}{N_D}$$

$n$  = concentración portadores ( $m^3$ )  
 $n_i$  = concentración intrínseca ( $m^3$ )  
 $N_D$  = concentración donadores ( $m^3$ )

## CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

semiconductor  $\rightarrow \sigma = \sigma_n + \sigma_p = e \cdot n \cdot \mu_n + e \cdot p \cdot \mu_p = e (n \mu_n + p \mu_p)$

- $\sigma$  = conductividad (S/m)
- $\sigma_n / \sigma_p$  = conductividad portadores huecos (S/m)
- $e$  = carga electrón
- $n/p$  = densidad portadores/huecos ( $\text{m}^{-3}$ )
- $\mu_n / \mu_p$  = movilidad portadores/huecos ( $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )

semiconductor intrínseco

- $n = p = n_i$ 
  - $n$  = densidad portadores ( $\text{m}^{-3}$ )
  - $p$  = densidad huecos ( $\text{m}^{-3}$ )
  - $n_i$  = densidad intrínseca ( $\text{m}^{-3}$ )
- $\sigma = n_i \cdot e (\mu_n + \mu_p)$ 
  - $n_i$  = densidad intrínseca ( $\text{m}^{-3}$ )
  - $\sigma$  = conductividad (S/m)
  - $e$  = carga electrón
  - $\mu_n$  = movilidad portadores ( $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )
  - $\mu_p$  = movilidad huecos ( $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )

semiconductor extrínseco

- tipo n  $\left\{ \begin{array}{l} n \gg p \rightarrow n \approx N_D \rightarrow \sigma_n = e \cdot N_D \cdot \mu_n \\ N_D = \text{concentración átomos donadores } (\text{m}^{-3}) \\ N_A = \text{concentración átomos aceptores } (\text{m}^{-3}) \\ e = \text{carga electrón} \\ \sigma_n = \text{conductividad portadores } (\text{S/m}) \\ \sigma_p = \text{conductividad huecos } (\text{S/m}) \\ \mu_n = \text{movilidad portadores } (\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}) \\ \mu_p = \text{movilidad huecos } (\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}) \end{array} \right.$
- tipo p  $\left\{ \begin{array}{l} p \gg n \rightarrow p \approx N_A \rightarrow \sigma_p = e \cdot N_A \cdot \mu_p \end{array} \right.$

## EXTRA

Einstein  $\rightarrow \frac{D_n}{\mu_n} = \frac{k_B T}{e} = V_T$

- $V_T$  = voltaje en función de la temperatura (V)
- $D_n$  = coeficiente de difusión portadores ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
- $\mu_n$  = movilidad portadores ( $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )
- $k_B = \text{cte}$
- $T$  = temperatura (K)
- $e$  = carga electrón

corriente de difusión  $\rightarrow \vec{J} = -D \nabla c$  (Ley de Fick)

- tipo n  $\rightarrow J_{n, \text{difusión}} = e D_n \frac{dn}{dx}$ 
  - $J$  = corriente difusión
  - $e$  = carga electrón
  - $D_n$  = coeficiente difusión portadores ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
  - $dn/dx$  = derivadas
- tipo p  $\rightarrow J_{p, \text{difusión}} = e D_p \frac{dp}{dx}$ 
  - $J$  = corriente difusión
  - $e$  = carga electrón
  - $D_p$  = coeficiente difusión huecos ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
  - $dp/dx$  = derivadas