física

BLOQUE 2

Examen
final

IMBRODA

E.T.S. DE INGENIERíA INFORMÁTICA
Departamento de Física Aplicada II
Fundamentos Físicos de la Informática
Curso 2022-2023

BLOQUE 2: ESTADO SÓLIDO

1. Para romper un enlace químico en las moléculas de piel humana (dando lugar a una quemadura), se requiere la energía de un fotón de, aproximadamente, 3,5 eV. ¿A qué longitud de onda corresponde? ¿Qué lugar ocupa en el espectro de las ondas electromagnéticas?
DATOS: h= 6´62·10^{-34} J·s; c= 3·10^{8} m/s.
SOL.: λ = 3,546·10^{-7} m

$E = 3'5\ eV$ (Pasamos a Julios) $\rightarrow 3'5 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} = 5'6 \cdot 10^{-19}\ J$

$c = 3 \cdot 10^{8}$ (m/s)

$E = h \cdot v \rightarrow \boxed{E = h \cdot \frac{c}{\lambda}}$ $\quad \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{5'6 \cdot 10^{-19}} = \boxed{3'55 \cdot 10^{-7}\ m}$

$C = \lambda \cdot v$

2. En una lámpara de incandescencia de 50 W, el filamento de wolframio está a una temperatura de 2150ºC. Si la energía emitida en el campo visible es el 28% de la total correspondiente a un cuerpo negro a la misma temperatura, hallar la superficie del filamento de wolframio.
SOL.: 0,914 cm^{2}

$P = 50\ W$

$T = 2150\ °C \rightarrow +273 \rightarrow 2423\ K$

28%

$R_{TL} = 0'28 R_{TN}$

$P = \frac{W}{t}$

$RT = \sigma \cdot T^4$

$R_T = \sigma \cdot T^4 = 5'67 \cdot 10^{-8} \cdot (2423)^4 = 1'954 \cdot 10^{6}\ \frac{J}{m^2 \cdot s}$

$R_T = 0'28\ R_T = 0'28 \cdot 1'954 \cdot 10^{6} = 5'4712 \cdot 10^{5}\ \frac{J}{m^2 \cdot s}$

$S = \frac{P}{R_T} = \frac{50}{5'4712 \cdot 10^{5}} = \boxed{9'138 \cdot 10^{-5}\ m^2}$

3. Un electrón, un neutrón y un fotón tienen una longitud de onda de 1 Å. Calcular la frecuencia y la energía asociada a cada uno de ellos. DATOS: me = 9,1×10-31 kg; mn = 1,68×10-27 kg.

$\lambda \to 1\ A = 10^{-10}\ m$ CALCULAR FRECUENCIA Y LA ENERGÍA ASOCIADA

$\nu = ?$

Sabemos que:

$c = \lambda \cdot \nu$

$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{8}}{10^{-10}} = 3 \cdot 10^{18}\ m/s$

$E = h \cdot v = 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{18} = 1'986 \cdot 10^{-15}\ J$

4. La radiación emitida por electrones que caen de un estado energético de 30,4 eV a otro de 5,54 eV se utiliza para irradiar un metal y producir efecto fotoeléctrico. Determinar: (a) la longitud de onda y frecuencia de la radiación utilizada; (b) el trabajo de extracción del metal si el potencial de frenado medido es de 22,4 V; (c) la frecuencia umbral para la emisión fotoeléctrica del metal utilizado; (d) el radio de la circunferencia descrita por los electrones emitidos con la energía cinética máxima cuando éstos entran en el seno de un campo magnético uniforme de $2 \cdot 10^{4}$ G perpendicular al plano de su trayectoria.
SOL.: (a) $\lambda=4{,}99 \cdot 10^{-8}$ m; $\nu=6{,}00 \cdot 10^{15}$ Hz; (b) $W_o = 3{,}94 \cdot 10^{-19}$ J; (c) $\nu_o=5{,}94 \cdot 10^{14}$ Hz; (d) $R=7{,}98 \cdot 10^{-6}$ m

$30'4 - 5'54 = 24'86\ eV = \boxed{3'97 \cdot 10^{-18}\ J}$

a) $\lambda = ?$ $f = ?$

$E = h \cdot v \Rightarrow \frac{3'97 \cdot 10^{-18}}{6'63 \cdot 10^{-34}} = f = 5'99 \cdot 10^{15} \simeq \boxed{6 \cdot 10^{15}\ Hz}$

$f = \frac{c}{\lambda}$ $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^{8}}{6 \cdot 10^{15}} = \boxed{5 \cdot 10^{-8}\ m}$

b) $V = 22'4\ V$ $E_c = eV = 3'584 \cdot 10^{-18}$

$E_{luz} = W_o + E_c$

$3'97 \cdot 10^{-18} = W_o + 3'584 \cdot 10^{-18}$

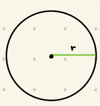
$\boxed{W_o = 3'86 \cdot 10^{-19}}$

c)

$W_o = h \cdot \nu_o$

$\nu_o = \frac{W_o}{h} = \frac{3'86 \cdot 10^{-19}}{6'63 \cdot 10^{-34}} = \boxed{5'822 \cdot 10^{14}\ Hz}$

d)



$\vec{B} = 2 \cdot 10^{4}\ G$

Masa electron: $9'11 \cdot 10^{-31}$ (Kg)

$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Big\} \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = v \Big\{ v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3'58 \cdot 10^{-18}}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = \boxed{2'8 \cdot 10^{6}\ m/s}$

$F_c = F_m$

$\frac{m \cdot v^2}{R} = v \cdot q \cdot B$

$\frac{m \cdot v}{q \cdot B} = R \Big\} R = \frac{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 2'8 \cdot 10^{6}}{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 2} = \boxed{7'97 \cdot 10^{-6}\ m = R}$

PASAR DE GAUSS A TESLAS

$1\ G = 10^{-4}\ T \Big\}\ B = 2\ T$

5. Una radiación luminosa de 2000 Å e intensidad 3 mW/m^2 incide sobre un metal de cobre cuya función trabajo es 1 eV. Calcular (a) el número de fotones por unidad de tiempo y área que llegan al metal; (b) la energía cinética de los fotoelectrones emitidos. DATOS: h= $6´62\cdot10^{-34}$ J·s; c= $3\cdot10^8$ m/s
SOL.: (a) $3,017\cdot10^{15}$ fotones /s m^2; (b) $8,34\cdot10^{-19}$ J

$\lambda = 2000 \cdot 10^{-10}$ m

$I = 3$ mW/m^2

$W = 1$ eV $= 1'6\cdot10^{-19}$ J

$\nu = \frac{c}{\lambda}$ $\quad \nu = \frac{3\cdot10^8}{2000\cdot10^{-10}} = \boxed{1'5\cdot10^{15} \text{ Hz}}$

a) $I = N_f \cdot h \cdot \nu$

$N_f = \frac{I}{h\cdot\nu} = \frac{3}{6'63\cdot10^{-34}\cdot1'5\cdot10^{15}} = \boxed{3'016\cdot10^{15}\left(\frac{\text{fotones}}{s\cdot m^2}\right)}$

b) $Ec = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$

$E = Ec + W_o$

$Ec = E - W_o = h\cdot\nu - 1'6\cdot10^{-19}$

$Ec = 6'63\cdot10^{-34}\cdot1'5\cdot10^{15} - 1'6\cdot10^{-19}$

$\boxed{Ec = 8'34\cdot10^{-19} \text{ J}}$

6. El cesio metálico se usa mucho en fotocélulas y en cámaras de televisión ya que tiene la energía de ionización más pequeña de todos los elementos estables. (a) ¿Cuál es la energía cinética máxima de un fotoelectrón emitido por el cesio a causa de una luz de 500 nm? (Téngase en cuenta que no se emiten fotoelectrones si la longitud de onda de la luz utilizada para irradiar la superficie del cesio es mayor de 660 nm); (b) Usar la masa en reposo del electrón para calcular la velocidad del fotoelectrón del apartado (a). DATOS: h= $6´62\cdot10^{-34}$ J·s; c= $3\cdot10^8$ m/s; m_e= $9´1\cdot10^{-31}$ kg
SOL.: (a) Ec_{max}= $9,629\cdot10^{-20}$J; (b) v = $4,60\cdot10^5$ m/s

a) Cs (metálico)

Ec_{max} (?)

$E = h\cdot\nu \quad : \nu = \frac{c}{\boxed{\lambda}}$

$W_o = h\cdot\nu_o = h\cdot\frac{c}{\boxed{\lambda_o}}$

$E = W_o + Ec$

$Ec = E - W_o$

$Ec = h\cdot c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o}\right)$

$Ec = 6'63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^8\cdot\left(\frac{1}{500\cdot10^{-9}} - \frac{1}{660\cdot10^{-9}}\right)$ $\boxed{Ec = 9'643\cdot10^{-20} \text{ J}}$

b) $m_e = 9'11\cdot10^{-31}$ kg

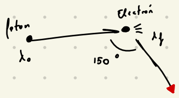
$Ec = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$

$v = \sqrt{\frac{2\cdot Ec}{m}}$ $\quad v = \sqrt{\frac{9'643\cdot10^{-20}\cdot2}{9'11\cdot10^{-31}}}$ $\boxed{v = 4'6\cdot10^5 \text{ m/s}}$

7. Un fotón de 400 pm de longitud de onda choca contra un electrón en reposo y rebota en una dirección que forma un ángulo de 150° con la dirección incidente. Calcular la velocidad y la longitud de onda del fotón dispersado. DATOS: h= 6´62·10^{-34} J·s; c= 3·10^{8} m/s
SOL.: c= 3·10^{8} m/s * λ´= 4,045·10^{-10} m

Foton

$\lambda = 400 \cdot 10^{-12}$ m



Efecto Compton

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \alpha)$

$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos 150°)$

$\Delta\lambda = 2'42 \cdot 10^{-12} \cdot (1 - \cos 150°)$

$\boxed{\Delta\lambda = 4'5157 \text{ m}}$

$\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_0$

$\lambda_f = \Delta\lambda + \lambda_0$

$\lambda_f = 4'5157 \cdot 10^{-12} + 400 \cdot 10^{-12}$

$\boxed{\lambda_f = 4'045 \cdot 10^{-10} \text{ (m)}}$

$\lambda = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^{8}} = 2'425 \cdot 10^{-12}$

8. Calcular la longitud de onda asociada a una partícula que se mueve con una velocidad de 2·10^{6} m/s si dicha partícula es: (a) un electrón; (b) un protón; (c) una bola de 0´2 kg de masa. DATOS: m_e= 9´1·10^{-31} kg; m_p= 1´65·10^{-27} kg; h= 6´62·10^{-34} J·s
SOL.: a) λ_1= 363,736 pm; b) λ_2= 0,2 pm; c) λ_1= 1,655·10^{-39} pm

$\lambda = ?$

a) PARA ELECTRON

$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^{6}} = \boxed{3'63 \cdot 10^{-10} \text{ (m)}}$

b) PARA UN PROTÓN

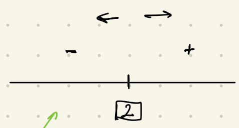
$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{1'65 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^{6}} = \boxed{2'009 \cdot 10^{-13} \text{ (m)}}$

c) UNA BOLA DE 0'2kg

$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{0'2 \cdot 2 \cdot 10^{6}} = \boxed{1'65 \cdot 10^{-39} \text{ (m)}}$

9. Los electrones de un haz tienen una velocidad de $(400\pm5)\cdot10^4$ m/s ¿Cuál es la mínima incertidumbre con que se puede conocer la posición? DATOS: $m_e = 9'1\cdot10^{-31}$ kg; $h = 6'62\cdot10^{-34}$ J·s
SOL.: $(\Delta x)_{min} = 2{,}32\cdot10^{-9}$ m

Principio de incertidumbre



$$\Delta x\, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x\, m\cdot\Delta v \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta p = |\Delta(\underset{cte}{m}\, V_x)| \qquad \Delta x \geq \frac{h}{4\pi\cdot m\cdot\Delta v}$$

$$\Delta x \geq \frac{6'63\cdot10^{-34}}{4\pi\cdot 9'11\cdot10^{-31}\cdot 5\cdot10^{4}} = 1'15\cdot10^{-9}\times 2 = \boxed{2'31\cdot10^{-9}\ m}$$

10. (a) Escriba la configuración electrónica del estado fundamental del átomo de oxigeno (Z = 8) y el conjunto de números cuánticos n, ℓ, m_ℓ y m_s de cada electrón del oxígeno.
(b) Consultando una Tabla Periódica, obtener la configuración electrónica: átomo de argon; ión Fe^{+3};
(c) ¿Qué elementos poseen las siguientes configuraciones electrónicas: (1) $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^2$ (2) $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 4s^2$? z: 14
z: 20

a) $O_{z=8}$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

b) Átomo Argon (z=18)
$1s^2$
$2s^2\ 2p^6$
$3s^2\ 3p^6$
Fe^{+3} (z=23)
$1s^2$
$2s^2\ 2p^6$
$3s^2\ 3p^6\ 3d^3$
$4s^2$

c) (1)

z = 14	= Silicio (Si)
z = 20	= Calcio (Ca)

11. Calcular la densidad de electrones libres en (a) Ag, de densidad (másica) 10,5 g/cm³; (b) Au, de densidad 19,3 g/cm³, admitiendo en ambos un electrón libre por átomo.
SOL: (a) n = $5{,}86\cdot10^{22}$ e/cm³; (b) n = $5{,}90\cdot10^{22}$ e/cm³

Fórmula

$$n = \frac{\text{nº electrones libres} \times N_A \times \text{densidad } (\rho)}{\text{masa atómica}}$$

$$10'5\ \frac{g}{cm^3}\cdot 1000000 = 10'5\cdot10^6$$

$m^3 \quad dm^3 \quad cm^3 \qquad \frac{1}{cm^3}\cdot10^6\ m^{-3}$

a) $$n = \frac{1\times 6'023\cdot10^{23}\cdot 10'5\cdot10^6}{107'87} = 5'8617\cdot10^{27}\ (e/m^3) = \boxed{5'8617\cdot10^{22}\ (e/cm^3)}$$

b) $$n = \frac{1\times 6'023\cdot10^{23}\cdot 19'3\cdot10^6}{196'97} = 5'9016\cdot10^{28}\ (e/m^3) = \boxed{5'9016\cdot10^{22}\ (e/cm^3)}$$

12. Calcular la velocidad de un electrón de conducción cuya energía es igual que la energía de Fermi para: (a) Na (E_F = 3,24 eV); (b) Au (E_F = 5,53 eV); (c) Sn (E_F = 10,2 eV)
SOL: a) v = 1,07·10^6 m/s; b) v = 1,39·10^6 m/s; c) v = 1,89·10^6 m/s

$E_c = E_F$ $\qquad E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \qquad v = \sqrt{\frac{E_c \cdot 2}{m}}$

a) Na (E_F = 3'24 eV)

$E_c = 3'24 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} = 5'18 \cdot 10^{-19}$ J $\qquad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 5'18 \cdot 10^{-19}}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = \boxed{1'066 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$

b) Au (E_F = 5'53 eV)

$E_c = 5'53 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} = 8'84 \cdot 10^{-19}$ J $\qquad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 8'84 \cdot 10^{-19}}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = \boxed{1'393 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$

$\boxed{v = \sqrt{\frac{E_c \cdot 2}{m}}}$

c) Sn (E_F = 10'2 eV)

$E_c = 10'2 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} = 1'632 \cdot 10^{-18}$ J $\qquad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1'632 \cdot 10^{-18}}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = \boxed{1'892 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$

13. Un conductor, en el que hay un campo eléctrico de 5 V/m, contiene 2·10^{28} electrones/m^3 y su conductividad es σ = 10^8 (Ωm)$^{-1}$. Calcular: (a) la velocidad media de arrastre de los electrones en el metal; (b) su movilidad μ. Dato: e = 1,6·10^{-19} C.
SOL.: (a) v = 156,25·10^{-3} m/s; (b) μ = 0,03125 m^2/Vs

$E = 5$ V/m

Concentración electrones $= 2 \cdot 10^{28}$

$\sigma = 10^8$ $(\Omega m)^{-1}$

a) $V_d = ?$

$\mu = V_d / E$

tengo que calcular la movilidad

$\sigma = n_e \cdot e \cdot \mu$

$\mu = \frac{\sigma}{n_e \cdot e}$

$\mu = \frac{10^8}{2 \cdot 10^{28} \cdot 1'6 \cdot 10^{-19}} = \frac{1}{32} = \boxed{0'03125 = \mu}$

$V_d = \mu \cdot E = \frac{1}{32} \cdot 5 = \boxed{0'15625 \text{ m/s}}$

b) Ya calculada para el apartado anterior

$\mu = \frac{1}{32} = \boxed{0'03125 \ (\text{m}^2/\text{Vs})}$

14. La resistividad del cobre es de 1,675.10^{-8} Ωm siendo la concentración de electrones en el mismo 8,48·10^{22} cm^{-3}. Determinar la velocidad de arrastre de los electrones de conducción al aplicar un campo eléctrico de 10 V/m
SOL.: v = 44,3·10^{-3} m/s

$\rho = 1'675 \cdot 10^{-8}$ Ωm

$n_e = 8'48 \cdot 10^{22}$ cm^{-3} $= 8'48 \cdot 10^{28}$ m^3

$E = 10$ V/m

$\rho = \frac{1}{\sigma}$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$

$\mu = \frac{1/\rho}{n_e \cdot e} = \frac{1/1'675 \cdot 10^{-8}}{8'48 \cdot 10^{28} \cdot 1'6 \cdot 10^{-19}} = 0'0044001 \ (\text{m}^2/\text{Vs}) = \frac{125}{28408}$

$V_d = E \cdot \mu = 0'044$ m/s $\simeq \boxed{44 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}}$

15. El magnesio es un metal bivalente con una masa atómica de 24,32 u/at y una densidad de 1,74 g/cm^3. Calcular: (a) la densidad de electrones libres; (b) su energía de Fermi. DATOS: N_A= 6´023·10^{23} mol^{-1}; γ= 6´81·10^{27} m^{-3} eV$^{-3/2}$
SOL.: (a) n= 8,62·10^{28} e/m^3; (b) E_F = 7,11 eV

bivalente (2)

masa atómica 24'32

densidad $1'74 \; g/cm^3 = 1'74 \cdot 10^6 \; g/m^3$

CALCULAR:

a) Densidad de electrones libres

$$n = \frac{n^o e/at \cdot N_A \cdot d_m}{\text{masa atómica}} = \frac{2 \cdot 6'023 \cdot 10^{23} \cdot 1'74 \cdot 10^6}{24'32} = \boxed{8'618 \cdot 10^{28} \; (e/m^3)}$$

b) $E_F = \sqrt[3]{\left(\frac{3n}{2\gamma}\right)^2}$

$$E_F = \sqrt[3]{\left(\frac{3 \cdot 8'62 \cdot 10^{28}}{2 \cdot 6'81 \cdot 10^{27}}\right)^2} = \boxed{7'117 \; eV}$$

16. (a) El peso atómico del zinc (Zn) es 65,38 gmol-1 y su densidad es 7,1 gcm-3. Si en un sólido de Zn hay dos electrones libres por cada átomo, ¿cuál es la densidad de electrones libres del Zn? (b) Si la energía de Fermi del Zn es 9,46 eV, (b) ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie de los electrones en el nivel de energía de Fermi? (c) determine la energía de los estados electrónicos en el Zn cuya probabilidad de ocupación es del 10 % a temperatura ambiente (T = 300 K).

a) masa atómica = 65'38 gmol-1

densidad = $7'1 \; g \, cm^{-3} = 7'1 \cdot 10^6 \, (g m^3)^{-1}$

2 electrones libres

$$n = \frac{2 \cdot 6'023 \cdot 10^{23} \cdot 7'1 \cdot 10^6}{65'38} = 1'308 \cdot 10^{29} \; (e/m^3)$$

b) $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_c}}$

$E_c = E_F = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_F}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1'513 \cdot 10^{-18}}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = 1'822 \cdot 10^6 \; m/s$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 1'822 \cdot 10^6} = 3'99 \cdot 10^{-10} \; m$$

c)

17. Calcular, en el cero absoluto, la energía máxima de los electrones libres en: (a) El aluminio, suponiendo que existen tres electrones libres por átomo; (b) La plata, suponiendo que existe un electrón libre por átomo.
DATOS: masa atómica Al = 26,97 u/at; masa atómica Ag= 107,9 u/at; densidad del Al= 2,7 g/cm^3; densidad de Ag= 10´5 g/cm^3; N_A= 6´023·10^{23} mol^{-1}; γ= 6´81·10^{27} m^{-3} eV$^{-3/2}$
SOL.: E_F(Al) = 11,7 eV; E_F(Ag) = 5,5 eV

$T_{(AMBIENTE)} = 273°$

a) Aluminio

$$n = \frac{n^o \, el/at \cdot N_A \cdot \text{densidad (m)}}{\text{masa at}} = \frac{3 \cdot 6'023 \cdot 10^{23} \cdot 2'7 \cdot 10^6}{26'97} = 1'808 \cdot 10^{29} \; (e/m^3)$$

$$E_F = \sqrt[3]{\left(\frac{3n}{2\gamma}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3 \cdot 1'808 \cdot 10^{29}}{2 \cdot 6'81 \cdot 10^{27}}\right)^2} = \boxed{11'66 \; eV}$$

Mismo para la plata

b) PLATA

$$n = \frac{1 \cdot 6'023 \cdot 10^{23} \cdot 10'5 \cdot 10^6}{107'9} = 5'86 \cdot 10^{28} \; (e/m^3)$$

$$E_F = \sqrt[3]{\left(\frac{3 \cdot 5'8611 \cdot 10^{28}}{2 \cdot 6'81 \cdot 10^{27}}\right)^2} = \boxed{5'50 \; eV}$$

18. La energía de Fermi de la plata es 5,1 eV. Calcular, a 300 K, la probabilidad de que esté ocupado un estado cuya energía es: (a) 5 eV; (b) 5´2 eV; (c) 6 eV; (d) Calcular la temperatura a la que la probabilidad de ocupación de un estado de 5´2 eV de energía es del 10%. DATO: k_B= 1´38·10^{-23} J/K
SOL.: (a) p(E_1)= 97,95%; (b) p(E_2)= 2,05%; (c) p (E_3)= 7,84·10^{-14} %; (d) T= 527,67 K.

$E_F = 5'1$ eV

T= 300 K

a) $f(E) = \dfrac{1}{1 + e^{\frac{E - E_F}{k_B \cdot T}}}$

Para 5eV

$f(E) = \dfrac{1}{1 + e^{\frac{5-5'1}{8'62 \cdot 10^{5} \cdot 300}}} = 0'9795 = \boxed{97'95\ \%}$

b) PARA 5'2 eV

$f(E) = \dfrac{1}{1 + e^{\frac{5'2-5'1}{8'62 \cdot 10^{5} \cdot 300}}} = 0'0204 = \boxed{2'049\ \%}$

c) PARA 6 eV

$f(E) = \dfrac{1}{1 + e^{\frac{6-5'1}{8'62 \cdot 10^{5} \cdot 300}}} = 7'679 \cdot 10^{-16} = \boxed{7'679 \cdot 10^{-14}\ \%}$

d)

$f(E) \cdot \left(1 + e^{\frac{E - E_F}{k_B \cdot T}}\right) = 1$

$10 = 0'1 = f(E)$

$f(E) + f(E) \cdot \left(e^{\frac{E - E_F}{k_B \cdot T}}\right) = 1$

$e^{\frac{E - E_F}{k_B \cdot T}} = \dfrac{1 - f(E)}{f(E)}$

$\dfrac{E - E_F}{k_B \cdot T} = \ln\left(\dfrac{1 - f(E)}{f(E)}\right) \rightarrow T = \dfrac{E - E_F}{k_B \cdot \ln\left(\frac{1 - f(E)}{f(E)}\right)} = \dfrac{5'2 - 5'1}{8'62 \cdot 10^{-5} \cdot \ln\left(\frac{1 - 0'10}{0'10}\right)} = \boxed{527'98\ K}$

19. Calcular la conductividad del cobre sabiendo que tiene un electrón libre por átomo y su movilidad es de 34,8 cm^2/Vs. DATOS: densidad = 8,9 g/cm^3; masa atómica Cu= 63,57 u/at; N_A= 6´023·10^{23} mol^{-1}
SOL: σ = 4.7 10^7 $(\Omega cm)^{-1}$

1 electron libre/átomo

μ = 34'8 cm^2/Vs = 34'8 · 10^{-4} m^2/Vs

densidad = 8'9 g/cm^3 = 8'9 · 10^{-6} g/m^3

$n = \dfrac{n^{\circ}\ el/at \cdot N_A \cdot \text{densidad másica}}{\text{masa atómica}} = \dfrac{1 \cdot 6'023 \cdot 10^{23} \cdot 8'9 \cdot 10^{-6}}{63'57} = 8'432 \cdot 10^{16}\ e/m^3$

$\sigma = n \cdot e \cdot \mu = 8'432 \cdot 10^{16} \times 1'6 \cdot 10^{-19} \times 34'8 \cdot 10^{-4} = \boxed{4'695 \cdot 10^{-5}\ (\Omega m)^{-1}}$

1. Calcular la densidad efectiva de estados en la banda de conducción (N_C) y la densidad efectiva de estados en la banda de valencia (N_V) para el Germanio a 300 K. A partir de esos valores determinar la concentración intrínseca en una muestra de Germanio a esa temperatura.
DATOS: m_e= 9´1·10^{-31} kg; m_n= 0´55m; m_p=0´37m; k_B= 1´38·10^{-23} J/K; h= 6´62·10^{-34} J·s; E_G= 0´66 eV
SOL.: n_i= 2,2226·10^{19} m^{-3}.

N_C
N_V
Germanio → 300 K

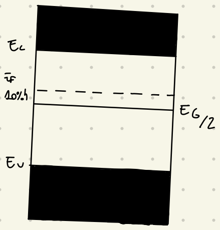
$$N_C = 2\cdot\left(\frac{2\pi m_n \cdot k_B \cdot T}{h^2}\right)^{3/2} = 2\cdot\left(\frac{2\pi \times 0'55 \times 1'38\cdot 10^{-23}\times 300}{(6'62\cdot 10^{-34})^2}\right)^{3/2} = 1'024\cdot 10^{25}\ m^{-3}$$

$$N_V = 2\cdot\left(\frac{2\pi m_p \cdot k_B \cdot T}{h^2}\right)^{3/2} = 2\cdot\left(\frac{2\pi \times 0'37 \times 1'38\cdot 10^{-23}\times 300}{(6'62\cdot 10^{-34})^2}\right)^{3/2} = 5'65\cdot 10^{24}\ m^{-3}$$

PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN INTRÍNSECA

$$n_i = \sqrt{N_C \times N_V}\cdot e^{-E_G/2k_BT} \Big\} = \sqrt{1'024\cdot 10^{25}\cdot 5'65\cdot 10^{24}}\cdot e^{-0'66/2\cdot 8'62\cdot 10^{-5}\cdot 300} = \boxed{2'2\cdot 10^{19}\ m^{-3} = n_i}$$

2. Supóngase que la masa efectiva de los huecos en un material es 4 veces la de los electrones. ¿A qué temperatura el nivel de Fermi estará un 10% por encima del punto medio de la banda prohibida? Sea E_G= 1 eV.
SOL.: T= 557,6 K



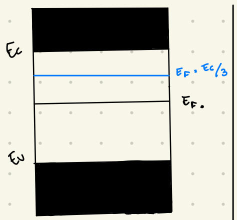
$\frac{m_n}{m_p} = 4$

$$E_F = \frac{E_C + E_V}{2} + \frac{3k_B T}{4}\cdot \ln \frac{m_p}{m_n} \rightarrow 4$$

$$0'1\cdot\frac{E_G}{2} = \frac{3}{4}k\cdot T\cdot \ln\frac{m_p}{m_n}\Big\}\ \underset{0'05}{0'1\cdot\frac{1}{2}} = \frac{3}{4}\cdot 8'62\cdot 10^{-5}\cdot T\cdot \ln 4\Big\}\ T = \frac{4\cdot 0'05}{3\cdot 8'62\cdot 10^{-5}\cdot \ln 4} = \boxed{557'88\ K}$$

1 eV

3. Un semiconductor intrínseco cuya banda prohibida es E_G = 1,2 eV, se dopa negativamente de forma que su nivel de Fermi se eleva y se queda E_G/3 por debajo de la banda de conducción, E_C. Calcular la resistividad a temperatura ambiente, 300 K, sabiendo que para este semiconductor la masa efectiva de los electrones es de 0,33m, la densidad intrínseca, n_i = 1,04•10^{16}m^{-3} y la movilidad de los electrones es μ_n = 0,135 m^{2}V^{-1}s^{-1}.
SOL.:



DATOS (TENEMOS)
E_G = 1'2 eV
T = 300 K
m_n = 0'33 m
n_i = 1'04·10^{16} m^{-3}
μ_n = 0'135 m^2/Vs
$N_C = \frac{E_G}{3}$

$$E_F - E_{F_i} = \frac{E_G}{2} - \frac{E_G}{3} = \frac{1'2}{2} - \frac{1'2}{3} = 0'2$$

$$n = n_i \cdot e^{(E_F - E_{F_i})/kT}$$

$$n = 1'04\cdot 10^{16}\cdot e^{(0'2/8'62\cdot 10^{-5}\cdot 300)}$$

$$n = 2'3759\cdot 10^{19}\ m$$

PARA CALCULAR LA RESISTIVIDAD

$$\boxed{\rho = \frac{1}{\sigma}}$$

$$\rho = \frac{1}{0'5131} = \boxed{1'948\ \Omega m}$$

$$\sigma_n = e\cdot n\cdot \mu_n$$

$$\sigma = 1'6\cdot 10^{-19}\cdot 2'3759\cdot 10^{19}\cdot 0'135$$

$$\sigma = 0'51319$$

4. Cuando la temperatura de un cristal de Ge intrínseco pasa de 20ºC a 30ºC, su conductividad se incrementa un 50 %. (a) Determinar la anchura de su banda prohibida, E_G. (b) En el caso del Silicio, E_G = 1,1 eV, ¿cuál es el porcentaje de cambio de su conductividad para el mismo cambio de temperatura?
SOL: (a) E_G = 0.64 eV; (b) 105%.

$20°C \rightarrow 30°C = 293k \rightarrow 303k$

50% σ (conductividad) $\quad \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1'5$

$\frac{1}{293} - \frac{1}{303} = \boxed{\frac{10}{88779}}$

a) Determinar E_G

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\sigma_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}}{\sigma_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}} \rightarrow 1'5 = \frac{\cancel{\sigma}_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}}{\cancel{\sigma}_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}} \rightarrow 1'5 \cdot e^{\frac{-E_G}{2k_oT}} = e^{\frac{-E_G}{2k_oT}} \rightarrow \ln 1'5 = \frac{-E_G}{2k_oT_2} + \frac{E_G}{2k_oT_1} = \frac{E_G}{2k}\cdot\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \rightarrow E_G = \frac{\ln 1'5 \times 2 \cdot k}{\frac{10}{88779}} = \boxed{0'62 \text{ eV}}$$

b) Silicio

$E_G = 1'1$ eV

$$X = \frac{\cancel{\sigma}_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}}{\cancel{\sigma}_* e^{\frac{-E_G}{2k_oT}}} = \frac{e^{\frac{-1'1}{2\cdot 8'62\cdot 10^{-5}\cdot 303}}}{e^{\frac{-1'1}{2\cdot 8'62\cdot 10^{-5}\cdot 293}}} = 2'05 = 205\% - 100\% = \boxed{105\%}$$

5. Se utiliza como resistencia de una zona de un circuito integrado una barra de silicio tipo-n de 2 mm de longitud y de $2.5•10^{-5}m^2$ de sección. Sabiendo que la concentración de átomos donadores es $5•10^{13}cm^{-3}$ y que la movilidad de electrones es 1500 cm^2/Vs, determinar su resistencia a 300 K demostrando que la contribución de huecos es despreciable a la conductividad. Datos: μ_p = 475 cm^2/Vs; $n_i = 1.45•10^{16}$ m^{-3}.
SOL.: R= 66,67 Ω.

Tipo - n

$l = 2\text{ mm} \rightarrow 2\cdot 10^{-3}$ m

Área $= 2'5 \cdot 10^{-5}$ m²

$N_D = 5\cdot 10^{13}$ cm⁻³ $= 5\cdot 10^{19}$ m⁻³ $\approx n$

$\mu_n = 1500$ cm²/Vs $= 1500\cdot 10^{-4}$ m²/Vs

$\mu_p = 475$ cm²/Vs $= 475\cdot 10^{-4}$ m²/Vs

$T = 300$ k

$n_i = 1'45\cdot 10^{16}$ m⁻³

$$R = \frac{1}{\sigma}\cdot\frac{l}{S} = \frac{1}{1'2}\cdot\frac{2\cdot 10^{-3}}{2'5\cdot 10^{-5}} = \boxed{66'6\ \Omega}$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(1'45\cdot 10^{16})^2}{5\cdot 10^{19}} = 4'205\cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$$

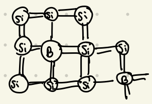
$\sigma = e\cdot(n\cdot\mu_n + p\cdot\mu_p)$

$\sigma = 1'6\cdot 10^{-19}(5\cdot 10^{19}\cdot 1500\cdot 10^{-4} + 4'205\cdot 10^{12}\cdot 475\cdot 10^{-4})$

$\sigma = 1'2\ (\Omega m)^{-1}$

6. Se sabe que cierto semiconductor tiene una densidad de 2.33 g cm^{-3} y una masa atómica de 28,09. El semiconductor se impurifica en una proporción de 2 átomos de boro por cada 10^6 átomos de dicho semiconductor. (a) Sabiendo que el semiconductor puro contiene un solo tipo de átomos del grupo IV de la tabla periódica, explicar qué tipo de semiconductor se genera con el dopado y dibujar un esquema a nivel atómico y un diagrama de bandas; (b) Calcular razonadamente la concentración de impurezas así como las concentraciones de electrones y huecos; (c) Calcular la diferencia de potencial entre los extremos de una muestra de dicho material de 3 mm de longitud y sección rectangular de 50μm × 100μm al ser atravesada por una corriente de 1μA.
DATOS: ni= 10^{16} m^{-3}; $\mu_p=\mu_n$= 2000 cm^2 $V^{-1}s^{-1}$; se supone ionización total de impurezas.
SOL.: (a) semiconductor extrínseco tipo-p; (b) $1•10^{23}$ m^{-3}; n_p= $1•10^9$ m^{-3}; p_p= $1•10^{23}$ m^{-3}; (c) V_A-V_B= $1,875•10^{-4}$ V

a) Al encontrarse el boro es tipo p



b) Como es tipo p $\quad p \simeq N_A \quad n = \frac{(n_i)^2}{N_A}$

densidad $= \frac{M_{molar}}{V_{mol}} \rightarrow V_{mol} = \frac{M_{molar}}{densidad} = \frac{28'09}{2'33\cdot 10^6} = 1'205\cdot 10^{-5}$

$n_{at} = \frac{N_A}{V_{mol}} = \frac{6'023\cdot 10^{23}}{1'205\cdot 10^{-5}} = 4'99\cdot 10^{28}$

$N_A = \frac{n_{at}\cdot 2}{10^6} = 9'98\cdot 10^{22} \approx 1\cdot 10^{23}$ m⁻³

$N_A \simeq p \{ 1\cdot 10^{23}$ m⁻³ $= p$

$n = \frac{n_i^2}{N_A} = 10^9$ m⁻³

Densidad semiconductor: 2'33 g/cm³ = 2'33·10⁶ g/m³

Masa atómica de 28'09 g/mol

2 at → 10⁶ at (semi)

c)

$$V = \frac{l\cdot I}{\sigma\cdot S} = \frac{3\cdot 10^{-3}\cdot 1\cdot 10^{-6}}{1'6\cdot 10^{-19}(10^9\cdot 2000\cdot 10^{-4} + 10^{23}\cdot 2000\cdot 10^{-4})\cdot(50\cdot 10^{-6}\cdot 100\cdot 10^{-6})} =$$

$V = 1'875\cdot 10^{-4}$ V

7. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Germanio tipo-p a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es 100 $(\Omega cm)^{-1}$. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Silicio tipo-n a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es 0´1 $(\Omega cm)^{-1}$.
DATOS para el Ge: $e^- = -1´6\cdot10^{-19}$ C; n_i (300 K)= $2´5\cdot10^{13}$ cm^{-3}; μ_p=1800 cm^2/Vs
DATOS para el Si: $e^- = -1´6\cdot10^{-19}$ C; n_i (300 K)= $1´5\cdot10^{10}$ cm^{-3}; μ_n=1300 cm^2/Vs
SOL: (Ge) $p_p = 3{,}47\cdot10^{23}$ m^{-3}; $n_p = 1{,}80\cdot10^{15}$ m^{-3}; (Si) $p_n = 4{,}68\cdot10^{11}$ m^{-3}; $n_n = 4{,}81\cdot10^{20}$ m^{-3}

T = 300 k

$\sigma = 100\ (\Omega cm)^{-1} = 100\cdot10^{2}\ (\Omega m)^{-1}$

Germanio tipo p

DATOS: $n_i = 2'5\cdot10^{13}\ cm^{-3} = 2'5\cdot10^{19}\ m^{-3}$

$\mu_p = 1800\ cm^2/Vs = 1800\cdot10^{-4}\ m^2/Vs$

b) APARTADO B IGUAL AL A

Tipo - p

$n = \frac{(n_i)^2}{N_A}$ $\quad p \approx N_A$

$\sigma_p = e\cdot p\cdot\mu_p$

$\frac{\sigma_p}{e\cdot\mu_p} = p$

$p = \frac{100\cdot10^{2}}{1'6\cdot10^{-19}\cdot1800\cdot10^{-4}} = 3'47\cdot10^{23} \simeq N_A$

$n = \frac{(n_i)^2}{N_A} = \frac{(2'5\cdot10^{19})^2}{1\cdot10^{23}} = 1'80\cdot10^{15}\ m^{-3}$

8. Admitiendo que el valor del ancho de banda prohibida, las masas efectivas de electrones y huecos y las movilidades no varían con la temperatura, para una muestra de arseniuro de galio (AsGa):
(a) Calcular la concentración intrínseca a temperatura ambiente (27ºC).
(b) Calcular la conductividad eléctrica del AsGa intrínseco para dicha temperatura.
(c) Se dopa con Te el semiconductor AsGa a 300 K. Indicar razonadamente el tipo de semiconductor extrínseco resultante. En un diagrama de bandas de energía indicar la posición del nivel de Fermi.
DATOS: N_C (300K) = $4{,}7\cdot10^{17}$ cm^{-3} ; N_V (300K) = $7\cdot10^{18}$ cm^{-3} ; μ_n = 8500 $cm^2/(V\cdot s)$; μ_p = 400 $cm^2/(V\cdot s)$; E_G= 1,43 eV ; K_B =$1{,}38\cdot10^{-23}$ J/K ; e- = $-1{,}6\cdot10^{-19}$ C
SOL.: (a) $n_i = 1{,}8105\cdot10^{12}$ m^{-3} ; (b) $\sigma(300K) = 2{,}58\cdot10^{-7}$ $(\Omega\cdot m)^{-1}$

a) n_i ? PARA CALCULARLA

T = 300 k

$n_i = \sqrt{4'7\cdot10^{23}\times7\cdot10^{24}} \times e^{-1'43/2\cdot8'62\cdot10^{-5}\cdot300} \rightarrow n_i = 1'78\cdot10^{12}\ (m^{-3})$

b)

$\sigma = n_i\cdot e(\mu_n+\mu_p) = 1'81\cdot10^{12}\cdot1'6\cdot10^{-19}\cdot(8500\cdot10^{-4}+400\cdot10^{-4}) = 2'577\cdot10^{-7}\ (\Omega m)^{-1}$

c) Tipo - n $\simeq N_D$

9. Una barra de Germanio tipo-n tiene una sección de 5 mm^2 y una longitud de 0,5 cm. Si la barra se encuentra a la temperatura ambiente (T=300K) y la concentración de impurezas donadoras es N_D= 10^{15} cm^{-3}, calcular: (a) La resistencia de la barra; (b) La velocidad de desplazamiento de los electrones cuando se establece una diferencia de potencial de 0,5 V entre los extremos de la barra. DATOS: μ_n= 3800 cm^2/Vs; n_i= $2{,}5\cdot10^{13}$ cm^{-3}; e^-= $-1{,}6\cdot10^{-19}$ C
SOL: (a) R = 16,45 Ω; (b) v_d = 37,5 ms^{-1}

BARRA TIPO - N

ÁREA $5\,mm^2 = 5\cdot10^{-6}\ m^2$

$l = 0'5\,cm = 0'5\cdot10^{-2}\ m$

T = 300 k

$N_D = 10^{15}\ cm^{-3} = 10^{21}\ m^{-3}$

$\mu_n = 3800\cdot10^{-4}\ m^2/Vs$

$n_i = 2'5\cdot10^{19}\ m^{-3}$

a) $R = \frac{1}{\sigma}\times\frac{l}{S}$

Al ser tipo n

$p = \frac{(n_i)^2}{N_D} = \frac{(2'5\cdot10^{19})^2}{10^{21}} = 6'25\cdot10^{17}\ m^{-3}$

$N_D \simeq n$

$\sigma_n = e\cdot N_D\cdot\mu_n = 1'6\cdot10^{-19}\times10^{21}\times3800\cdot10^{-4} = 60'8\ (\Omega m)^{-1}$

$R = \frac{1}{60'8}\cdot\frac{0'5\cdot10^{-2}}{5\cdot10^{-6}} = \boxed{16'447\ \Omega}$

b) V = 0'5 V

$\mu = V_d/E$

$\mu\cdot E = V_d$

$\mu\cdot\frac{0'5}{0'5\cdot10^{-2}} = V_d$

$3800\cdot10^{-4}\cdot\frac{0'5}{0'5\cdot10^{-2}} = V_d$

$V_d = 38\ m/s$

10. Una muestra de Germanio se impurifica con átomos donadores a razón de 10^{14} cm^{-3} y con átomos aceptores a razón de $7 \cdot 10^{13}$ cm^{-3}. A la temperatura a la que se encuentra la muestra, la resistividad del Germanio puro (intrínseco) es de 60 Ωcm. Si se aplica a la muestra un campo eléctrico de 2 V/cm, calcular la densidad de corriente total de arrastre.
DATOS: $e^- = -1'6 \cdot 10^{-19}$ C; $\mu_n = 3800$ cm^2/Vs; $\mu_p = 1800$ cm^2/Vs
SOL: J = 524,21 Am^{-2}

$N_D = 10^{14}$ cm^{-3} = 10^{20} m^{3}

$N_A = 7 \cdot 10^{19}$ m^{-3}

intrínseco

$\rho = 60\ \Omega cm = 60 \cdot 10^{-2}\ \Omega m$

$E = 2$ V/cm $= 2 \cdot 10^{2}$ V/m

$\mu_n = 3800 \cdot 10^{-4}$ m^2/Vs

$\mu_p = 1800 \cdot 10^{-4}$ m^2/Vs

PARA INTRÍNSECO

$J_a = e \cdot (n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p) \cdot E$

$J = \sigma \cdot E$

$N_D + p = N_A + n$

$np = n_i^2$

$\sigma = n_i \cdot e\,(\mu_n + \mu_p)$

$$n_i = \frac{\sigma}{e \cdot (\mu_n + \mu_p)} = \frac{5/3}{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot (0'38 + 0'18)} = 1'86 \cdot 10^{19}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{5}{3}$$

Sistema de ecuaciones

$$\begin{cases} 10^{20} + p = 7 \cdot 10^{19} + n \;\} \; p = 7 \cdot 10^{19} + n - 10^{20} \\ n_i^2 = n \cdot p \rightarrow 3'46 \cdot 10^{38} = n \cdot p \end{cases}$$

$3'46 \cdot 10^{38} = n \cdot (7 \cdot 10^{19} + n - 10^{20})$

$3'46 \cdot 10^{38} = n^2 - 3 \cdot 10^{19} n$

$-n^2 + 3 \cdot 10^{19} n + 3'46 \cdot 10^{38} = 0$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2a}$$

$$\frac{-3 \cdot 10^{19} \pm \sqrt{(3 \cdot 10^{19})^2 - 4 \cdot (-1) \cdot (3'46 \cdot 10^{38})}}{2 \cdot (-1)} = \frac{-3 \cdot 10^{19} \pm 4'779 \cdot 10^{19}}{-2}$$

$n = 3'8895 \cdot 10^{19}$ m^{-3}

Por lo tanto

$p = 8'8 \cdot 10^{18}$ m^{-3}

$J_a = e\,(n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p) \cdot E$

$J = 1'6 \cdot 10^{-19}\,(3'88 \cdot 10^{19} \cdot 0'38 + 8'8 \cdot 10^{18} \cdot 0'18) \cdot 200$

$\boxed{J_a = 522'496\ A/m^2}$

1. Una radiación luminosa de 2000 Å e intensidad 3 mW/m^2 incide sobre un metal de cobre cuya función trabajo es 1 eV. Calcular (a) el número de fotones por unidad de tiempo y área que llegan al metal; (b) la energía cinética de los fotoelectrones emitidos. DATOS: h= 6´62·10^{-34}J·s; c= 3·10^8 m/s
SOL.: (a) 3,017·10^{15}fotones /s m^2; (b) 8,34·10^{-19} J

$\lambda = 2000$ Å $= 2000 \cdot 10^{-10}$ m

$I = 3$ mW/m^2

$W = 1$ eV $= 1'6 \cdot 10^{-19}$ J

$V = \frac{c}{\lambda}$ $\quad V = \frac{3 \cdot 10^8}{2000 \cdot 10^{-10}} = 1'5 \cdot 10^{15}$ Hz

a)

$I = N_f \cdot h \cdot V$ frecuencia

$N_f = \frac{I}{h \cdot V} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 1'5 \cdot 10^{15}} = \boxed{3'016 \cdot 10^{15} \left(\frac{\text{fotones}}{s \cdot m^2}\right)}$

b) $E = E_c + W_0$

$E - W_0 = E_c$

$h \cdot V - W_0 = E_c$

$6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 1'5 \cdot 10^{15} - 1'6 \cdot 10^{-19} = E_c$

$\boxed{8'345 \cdot 10^{-19} J = E_c}$

3. Calcular la longitud de onda asociada a una partícula que se mueve con una velocidad de 2·10^6 m/s si dicha partícula es: (a) un electrón; (b) un protón; (c) una bola de 0´2 kg de masa. DATOS: m$_e$= 9´1·10^{-31} kg; m$_p$= 1´65·10^{-27} kg; h= 6´62·10^{-34}J·s
SOL.: a) λ_1= 363,736 pm; b) λ_2= 0,2 pm; c) λ_1= 1,655·10^{-39}pm

$\lambda = ?$

$V = 2 \cdot 10^6$ m/s

PODEMOS USAR LA FORMULA DEL MOMENTO LINEAL

$\lambda = \frac{h}{m \cdot V}$

a) PARA UN ELECTRÓN

$\lambda = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^6} = 3'638 \cdot 10^{-10}$ m

b) UN PROTÓN

$\lambda = \frac{h}{m \cdot V} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{1'65 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^6} = 2'009 \cdot 10^{-13}$ m

c) UNA BOLA DE 0'2 kg

$\lambda = 1'6575 \cdot 10^{-39}$ m

PROCEDIMIENTO IGUAL A LOS OTROS

5. La resistividad del cobre es de 1,675.10^{-8}Ωm siendo la concentración de electrones en el mismo 8,48·10^{22} cm^{-3}. Determinar la velocidad de arrastre de los electrones de conducción al aplicar un campo eléctrico de 10 V/m. SOL.: v = 44,3·10^{-3} m/s

$\rho = 1'675 \cdot 10^{-8}$ (Ωm)

$n = 8'48 \cdot 10^{22}$ cm^{-3} $= 8'42 \cdot 10^{28}$ m^{-3}

$E = 10$ V/m

$\mu = V_d / E$

$\boxed{V_d = \mu \cdot E}$

$\sigma = n \cdot e \cdot \mu$

$\mu = \frac{\sigma}{n \cdot e} = \frac{\frac{1}{1'675 \cdot 10^{-8}}}{8'42 \cdot 10^{28} \cdot 1'6 \cdot 10^{-19}} = 4'431 \cdot 10^{-3}$ (m^2/Vs)

$V_d = 4'431 \cdot 10^{-3} \times 10$

$\boxed{V_d = 44'31 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}}$

7. Calcular la movilidad de los electrones libres del aluminio sabiendo que existen tres de estos electrones por átomo. Datos: densidad = 2.7 g/cm^3; ρ = 3.44 10^{-6}Ωcm; m$_a$ = 26.97 u; N$_A$= 6´023·10^{23} mol^{-1}
SOL: 10^3 m^2/Vs

$\mu = ?$

3 electrones por átomo

densidad $= 2'7$ g/cm^3 $= 2'7 \cdot 10^6$ g/m^3

$\rho = 3'44 \cdot 10^{-6}$ Ωcm $= 3'44 \cdot 10^{-8}$ (Ωm)

$M_a = 26'97$ u

$n = \frac{n^\circ \text{ el/at} \times N_A \times \text{densidad}}{\text{masa at}} = \frac{3 \times 6'023 \cdot 10^{23} \times 2'7 \cdot 10^6}{26'97} = 1'808 \cdot 10^{29}$ m^{-3}

$\sigma = n \cdot e \cdot \mu$

$\mu = \frac{\sigma}{n \cdot e} = \frac{1/3'44 \cdot 10^{-8}}{1'808 \cdot 10^{29} \times 1'6 \cdot 10^{-19}} = \boxed{1'0049 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{/Vs}}$

8. Cuando la temperatura de un cristal de Ge intrínseco pasa de 20ºC a 30ºC, su conductividad se incrementa un 50 %. (a) Determinar la anchura de su banda prohibida, E_G. (b) En el caso del Silicio, E_G = 1,1 eV, ¿cuál es el porcentaje de cambio de su conductividad para el mismo cambio de temperatura?
SOL: (a) E_G = 0.64 eV; (b) 105%.

Cristal de Germanio

20°C → 30°C

293 K → 303 K

Conductividad se incrementa 50%

$$\boxed{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}} = \frac{\cancel{\sigma_0} \times e^{-E_G/2k_0T_2}}{\cancel{\sigma_0} \times e^{-E_G/2k_0 \cdot T_1}} = \frac{e^{-E_G/2k_0T_2}}{e^{-E_G/2k_0 \cdot T_1}} \Rightarrow \ln 1'5 - \frac{E_G}{2k_0 \cdot T_1} = \frac{-E_G}{2k_0 \cdot T_2}$$

↓ 150% = 1'5

$$\ln 1'5 = \frac{-E_G}{2k_0T_2} + \frac{E_G}{2k_0T_1}$$

$$\ln 1'5 = \frac{E_G}{2k_0} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\frac{\ln 1'5 \cdot 2 \cdot k_0}{1'126 \cdot 10^{-4}} = E_G \quad \boxed{E_G = 0'6208 \text{ eV}}$$

b) EN EL CASO DEL SILICIO

$E_G = 1'1$ eV

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{e^{-1'1/2 \cdot 8'62 \cdot 10^{-5} \cdot 303}}{e^{-1'1/2 \cdot 8'62 \cdot 10^{-5} \cdot 293}} = 2'05 = \boxed{205\%} - 100\% = \boxed{105\%}$$

9. Se utiliza como resistencia de una zona de un circuito integrado una barra de silicio tipo-n de 2 mm de longitud y de $2.5 \cdot 10^{-5} m^2$ de sección. Sabiendo que la concentración de átomos donadores es $5 \cdot 10^{13} cm^{-3}$ y que la movilidad de electrones es 1500 cm^2/Vs, determinar su resistencia a 300 K demostrando que la contribución de huecos es despreciable a la conductividad. Datos: μ_p = 475 cm^2/Vs; $n_i = 1.45 \cdot 10^{16}\ m^{-3}$.
SOL.: R=66,67Ω

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S}$$?

$l = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3}$ m

$A = 2'5 \cdot 10^{-5}\ m^2$

$N_D = 5 \cdot 10^{13}\ cm^{-3} = 5 \cdot 10^{19}\ m^{-3}$

$\mu_n = 1500\ cm^2/Vs = 1500 \cdot 10^{-4}\ m^2/Vs$

$T = 300$ K

$\mu_p = 475\ cm^2/Vs = 475 \cdot 10^{-4}\ m^2/Vs$

$n_i = 1'45 \cdot 10^{16}\ m^{-3}$

Tipo n

$n \simeq N_D$

$$p = \frac{(n_i)^2}{N_D} = \frac{(1'45 \cdot 10^{16})^2}{5 \cdot 10^{19}} = 4'205 \cdot 10^{12} = p$$

$$\sigma = e(n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p)$$

$$\sigma = 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot (5 \cdot 10^{19} \times 0'15 + 4'2 \cdot 10^{12} \times 0'0475) = 1'2\ (\Omega m)^{-1}$$

$$R = \frac{1}{1'2} \times \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2'5 \cdot 10^{-5}} = \boxed{66'6\ \Omega}$$

10. Se sabe que cierto semiconductor tiene una densidad de 2.33 g cm^{-3} y una masa atómica de 28,09. El semiconductor se impurifica en una proporción de 2 átomos de boro por cada 10^6 átomos de dicho semiconductor. (a) Sabiendo que el semiconductor puro contiene un solo tipo de átomos del grupo IV de la tabla periódica, explicar qué tipo de semiconductor se genera con el dopado y dibujar un esquema a nivel atómico y un diagrama de bandas; (b) Calcular razonadamente la concentración de impurezas así como las concentraciones de electrones y huecos; (c) Calcular la diferencia de potencial entre los extremos de una muestra de dicho material de 3 mm de longitud y sección rectangular de 50μm × 100μm al ser atravesada por una corriente de 1μA.
DATOS: $n_i = 10^{16}\ m^{-3}$; $\mu_p=\mu_n= 2000\ cm^2\ V^{-1}s^{-1}$; se supone ionización total de impurezas.
SOL.:(a) semiconductor extrínseco tipo-p; (b) $1\cdot10^{23}\ m^{-3}$; $n_p= 1\cdot10^9\ m^{-3}$; $p_p= 1\cdot10^{23}\ m^{-3}$; (c) $V_A-V_B= 1{,}875\cdot10^{-4}$ V

Cierto semi
densidad $= 2'33\ g\ cm^{-3} = 2'33\cdot10^6\ g/m^3$
masa de $28'09$ u
2 at $\rightarrow 10^6$ at

TIPO - P

$p \simeq N_A \qquad n = \frac{(n_i)^2}{N_A} = \frac{(10^{16})^2}{10\cdot10^{22}} = \boxed{1\cdot10^9\ m^{-3}}$

a) Semiconductor $\boxed{\text{tipo - p.}}$ (aceptores) Debido a que el boro es de la columna 3.

b) $V_{mol} = \frac{M_{mol}}{\text{densidad}} = \frac{28'09}{2'33\cdot10^6} = 1'205\cdot10^{-5}\ m^3$

$n_{at} = \frac{N_A}{V_{mol}} = \frac{6'022\cdot10^{23}}{1'205\cdot10^{-5}} = 4'99\cdot10^{28}$

$N_A = \frac{n_{at}\cdot2}{10^6} = \frac{4'99\cdot10^{28}\times2}{10^6} = 9'98\cdot10^{22} \simeq \boxed{10\cdot10^{22}\ m^{-3}}$

11. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Germanio tipo-p a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es $100\ (\Omega cm)^{-1}$. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Silicio tipo-n a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es $0'1\ (\Omega cm)^{-1}$.
DATOS para el Ge: $e^- = -1'6\cdot10^{-19}$ C; n_i (300 K)= $2'5\cdot10^{13}\ cm^{-3}$; μ_p=1800 cm^2/Vs
DATOS para el Si: $e^- = -1'6\cdot10^{-19}$ C; n_i (300 K)= $1'5\cdot10^{10}\ cm^{-3}$; μ_n=1300 cm^2/Vs
SOL: (Ge) $p_p = 3{,}47\cdot10^{23} m^{-3}$; $n_p = 1{,}80\cdot10^{15} m^{-3}$; (Si) $p_n = 4{,}68\cdot10^{11}\ m^{-3}$; $n_n = 4{,}81\cdot10^{20}\ m^{-3}$

T= 300 K
$\sigma = 0'1\ (\Omega m)^{-1}$
$n_i = 1'5\cdot10^{10}\ cm^{-3} = 1'5\cdot10^{16}\ m^{-3}$
$\mu_n = 1300\ cm^2/Vs = 1300\cdot10^{-4}\ m^2/Vs$

b) Tipo n.

$\sigma_n = e\cdot n\cdot\mu_n$

$\frac{\sigma_n}{e\cdot\mu_n} = n \qquad n = \frac{0'1}{1'6\cdot10^{-19}\times0'13} = \boxed{4'807\cdot10^{18}\ m^{-3}}$

$p = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(1'5\cdot10^{16})^2}{4'81\cdot10^{18}} = \boxed{4'677\cdot10^{13}\ m^{-3}}$

E.T.S. DE INGENIERIA INFORMÁTICA
Departamento de Física Aplicada II
Fundamentos Físicos de la Informática

Tema 4: Test evaluación

1) En el efecto fotoeléctrico:

a) La energía cinética máxima de los electrones emitidos depende de la intensidad de la luz incidente.

b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.

c) La función de trabajo del metal depende del la frecuencia de la luz incidente.

d) Se emiten electrones para cualquier frecuencia de la luz incidente.

2) ¿Cuál es la energía de un electrón de longitud de onda, $\lambda = 1$ Å?

a) $E = 0$

b) $E = 1{,}98 \cdot 10^{-15}$ J.

c) $E = 150$ eV.

d) $E = 15$ eV

$\lambda = 1 \cdot 10^{-10}$ m $= 1$ Å sabemos $E = h \cdot v = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6'63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^{8}}{10^{-10}} = 1'989 \cdot 10^{-15}$ J

3) Para el número cuántico principal $n = 4$, ¿cuántos valores distintos pueden tener el número cuántico orbital, ℓ, y el número cuántico magnético, m_ℓ?

a) El número cuántico orbital puede tener 4 valores y el número cuántico magnético 9.

b) El número cuántico orbital puede tener 5 valores y el número cuántico magnético 9.

c) El número cuántico orbital puede tener 3 valores y el número cuántico magnético 5.

d) El número cuántico orbital puede tener 4 valores y el número cuántico magnético 7.

número cuantico $= \ell = 0, 1, 2, 3$ número cuantico magnético $= m_\ell = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$
$n = \ell - 1$

$Z = 20$
$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$

4) La configuración electrónica del calcio, Ca ($Z = 20$), es:

a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$.

b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^1$.

c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$.

d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0$.

5) La longitud de onda umbral para un fotocátodo es similar a la de la luz de color verde. ¿Cuál de estas radiaciones será capaz de extraer electrones del mismo?

a) Luz de color rojo.

b) Ondas de radio.

c) Microondas.

d) Luz de color azul. (mayor)

E.T.S. DE INGENIERIA INFORMÁTICA
Departamento de Física Aplicada II
Fundamentos Físicos de la Informática

Tema 5: Test de evaluación

1) El peso atómico del Zinc, Zn, es 65,38 $\mathrm{gmol^{-1}}$ y su densidad es 7,1 $\mathrm{gcm^{-3}}$. Si en un sólido de Zn hay dos electrones libres por cada átomo, ¿cuál es la densidad de electrones libres del Zn?

a) $1{,}31\cdot10^{23}\ \mathrm{cm^{-3}}$. b) $6{,}55\cdot10^{22}\ \mathrm{cm^{-3}}$.

c) $6{,}55\cdot10^{28}\ \mathrm{m^{-3}}$. d) $1{,}31\cdot10^{23}\ \mathrm{m^{-3}}$.

$$n = \frac{\text{nº electro (libres)/at} \cdot N_A \cdot d_n}{\text{masa atómica}} = \frac{2 \times 6'023\cdot10^{23} \cdot 7.1\cdot10^{6}}{65'38} = 1'308\cdot10^{29}\ m^{-3} \simeq 1'31\cdot10^{29}\ m^{-3} = 1'31\cdot10^{23}\ cm^{-3}$$

2) Indicar cuál es la afirmación correcta:

a) La energía de Fermi es la energía media de un electrón en un sólido.

b) El factor de Fermi es una función de distribución energética clásica equivalente a la distribución de energía en las moléculas de un gas ordinario.

c) La energía de Fermi es la energía del nivel energético permitido más elevado lleno o semillero.

d) El factor de Fermi adopta únicamente valores 0 y 1 cuando la temperatura es muy elevada.

3) Un metal es un buen conductor porque la banda energética de valencia está:

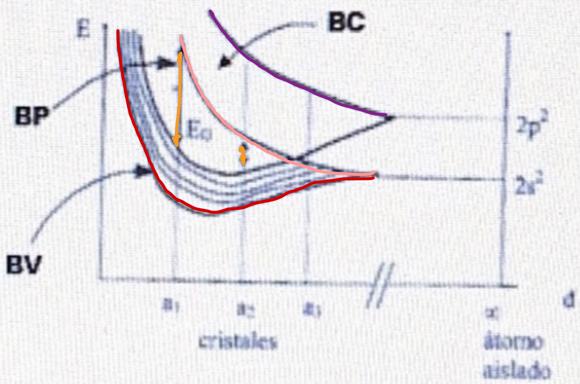
a) Completamente llena.

b) Llena, pero existe un pequeño intervalo de energía prohibida entre ésta y una banda superior vacía.

c) Parcialmente llena.

d) Vacia.

4) En la figura se muestra la estructura de bandas de energía para un elemento químico que puede formar cristales sólidos de distinta distancia interatómica. Indicar el comportamiento eléctrico de cada sólido según esta distancia.



a) Conductor (a_1); aislante (a_3); semiconductor (a_2).

b) Aislante (a_1); semiconductor (a_2); conductor (a_3).

c) Semiconductor (a_3); aislante (a_2); conductor (a_1).

d) Conductor (a_2); semiconductor (a_1); aislante (a_3).

5) Una corriente eléctrica en un sólido:

a) Está sostenida únicamente por electrones. (Teorica)

b) Puede deberse a dos portadores de carga distintos, electrones y huecos.

c) Se corresponde, según la Teoría de Bandas, con una banda energética completamente llena.

d) Es independiente de la temperatura y depende exclusivamente del campo eléctrico externo que la origina.

6) Cuando un electrón libre se recombina con un hueco, el electrón libre se convierte en:

a) Un electrón de la capa de conducción

b) Un electrón de valencia (Teoria)

c) Un portador de carga mayoritario

d) Un portador de carga minoritario.

E.T.S. DE INGENIERIA INFORMÁTICA
Departamento de Física Aplicada II
Fundamentos Físicos de la Informática

Tema 6: Test evaluación

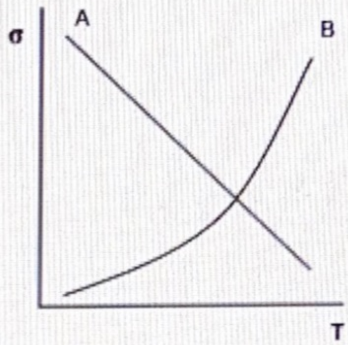
1) La figura muestra dos gráficas de variación de la conductividad con la temperatura. Escoger la respuesta correcta que indica a que tipo de material pertenece cada una de ellas.

a) A para metales y B para semiconductores.

b) A para aislantes y B para metales.

c) A para semiconductores y B para metales.

d) Ninguna es correcta.



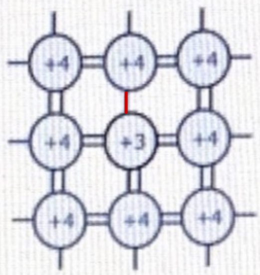
2) Según la estructura bidimensional mostrada en la figura, ¿de qué tipo de semiconductor se trata?

a) Semiconductor intrínseco compensado.

b) Semiconductor extrínseco tipo n.

c) Semiconductor puro.

d) Semiconductor dopado tipo p.



3) Un semiconductor dopado con impurezas donadoras:

a) Al aumentar la densidad de electrones en la banda de conducción queda cargado negativamente.

b) El cristal semiconductor permanece eléctricamente neutro. (Teorica)

c) Al ionizarse las impurezas donadoras adquiere carga debido a la presencia de iones positivos en la red cristalina.

d) Cambia su estructura cristalina y se transforma en un material conductor.

4) ¿Cuál de estos materiales tiene menor resistividad?:

a) Semiconductor intrínseco de silicio a temperatura 0 K

b) Semiconductor de silicio dopado con 10^{16} átomos/cm3 de boro, a temperatura ambiente

c) Semiconductor de silicio dopado con 10^{14} átomos/cm3 de boro, a temperatura ambiente

d) Semiconductor intrínseco de silicio a temperatura ambiente.

5) Un semiconductor de silicio ($n_i = 1{,}4 \cdot 10^{10}$ cm^{-3}; $E_G = 1{,}79 \cdot 10^{-19}$ J, $N_C = 2{,}8 \cdot 10^{19}$ cm^{-3}) se dopa con 10^{19} cm^{-3} átomos de fósforo a temperatura ambiente (T = 27°C). Podemos decir que:

a) La energía de Fermi está 0,56 eV por encima de la banda de valencia.

b) La energía de Fermi se sitúa 0,03 eV por debajo de la banda de conducción.

c) La energía de Fermi se sitúa 0,2 eV por debajo de la banda de conducción.

d) La energía de Fermi se acerca un 10 % a la banda de conducción.

1 La intensidad de la luz del sol en la superficie de la Tierra es aproximadamente de 1400 Wm^{-2}. Suponiendo que la longitud de onda media de los fotones es de 600 nm, cuál es el número de fotones que inciden en 1 cm^2 en tres segundos.

- a. $3,20 \cdot 10^{19}$ fotones
- b. $8,76 \cdot 10^{18}$ fotones
- c. $4,38 \cdot 10^{17}$ fotones
- d. $13,14 \cdot 10^{17}$ fotones

$I = 1400\ Wm^{-2}$

$\lambda = 600\ nm = 600 \cdot 10^{-9}\ m$

$S: 1\ cm^2$

3 segundos $\qquad I = N_f \cdot \overbrace{h \cdot \nu}^{E} \qquad N_f = \frac{I}{E}$

CALCULAR ENERGIA FOTON

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}}{600 \cdot 10^{-9}} = 3'315 \cdot 10^{-19}\ J$$

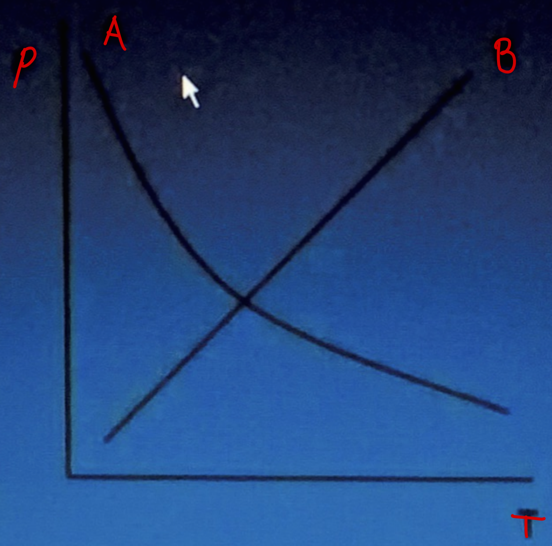
$$I = \frac{I}{E_f} = \frac{1400}{3'315 \cdot 10^{-19}} = 4'223 \cdot 10^{21}\ f/s\,m^2$$

PASAR A CM^2 Y 3 S

$$4'223 \cdot 10^{21} \cdot \frac{3\ s}{1\ s} \cdot \frac{1\ m^2}{10^4\ cm^2} =$$

$$= 1'26 \cdot 10^{18} = 12'6 \cdot 10^{17} \simeq \boxed{13 \cdot 10^{17} \text{ fotones}}$$

2 La figura muestra dos gráficas de variación de la resistividad con la temperatura. Escoger la respuesta correcta que indica a que tipo de material pertenece cada una de ellas.



- A para semiconductores y B para metales
- A para aislantes y B para semiconductores
- A para metales y B para aislantes
- A para metales y B para semiconductores

Pregunta 3

No respondida aún

Valor: 0,625

Marcar pregunta

La configuración electrónica del potasio, K (Z = 19), es:

- a. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^1 4s^1$
- b. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$
- c. $\boxed{1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1}$
- d. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0$

Z = 19

$1s^2$

$2s^2 \quad 2p^6$

$3s^2 \quad 3p^6$

$4s^1$

4 Para el número cuántico principal n = 4, ¿cuántos valores distintos pueden tener el número cuántico orbital, ℓ, y el número cuántico magnético, m_ℓ?

$n = 4 \qquad \ell = 0, 1, 2, 3 \qquad m_\ell = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$

- a. El número cuántico orbital puede tener 4 valores y el número cuántico magnético 7
- b. El número cuántico orbital puede tener 5 valores y el número cuántico magnético 9
- c. El número cuántico orbital puede tener 4 valores y el número cuántico magnético 9.
- d. El número cuántico orbital puede tener 3 valores y el número cuántico magnético 5

5 Teniendo en cuenta que la densidad de electrones libres del estaño (M = 118,7 $gmol^{-1}$) es de $14{,}8 \cdot 10^{22}$ cm^{-3} y que su densidad es 1,74 gcm^{-3}, ¿cuánto electrones libres aporta cada átomo en un sólido de este metal?

- $\boxed{4}$
- 3
- 1
- 2

$M: 118'7 \ g/mol$

$n: 14'8 \cdot 10^{22} \ cm^{-3} = 14'8 \cdot 10^{28} \ m^{-3}$

$d: 1'74 \ g/cm^3 = 1'74 \cdot 10^6 \ g/m^3$

$$\frac{n \cdot \text{masa at}}{N_A \cdot d_m} = n^\circ el/át$$

$$\frac{14'8 \cdot 10^{28} \cdot 118'7}{6'023 \cdot 10^{23} \cdot 1'74 \cdot 10^6} = 16'76$$

Obviamente esta mal. El dato de la densidad es incorrecto

DARIA 4

6 ¿Cuál es la energía de un electrón de longitud de onda, λ = 1 Å?

- $\boxed{\text{a. } E = 1{,}98 \cdot 10^{-15} \text{ J}}$ (Ya calculado antes) TEST TEMA 4
- b. E = 150 eV
- c. E = 15 eV
- d. E = 0

7 Qué valor tiene el coeficiente de difusión de los electrones en una barra de silicio de 5 mm^2 con una concentración de electrones no uniforme, $n = Ax$, donde $A = 3 \cdot 10^{20}\ e^-/m^4$, por la que fluye una corriente de difusión de 0.84 μA.

- Ninguna de las anteriores
- $0.168\ m^2s^{-1}$
- $\boxed{35\ cm^2s^{-1}}$
- $0.0112\ Cs^{-1}m^2$

$S: 5\ mm^2 = 5 \cdot 10^{-6}\ m^2$

$n = Ax$

$A: 3 \cdot 10^{20}\ e/m^4$

$J: 0'84\ \mu A = 0'84 \cdot 10^{-6}\ A$

$$J = e \cdot S \cdot D_n \cdot \frac{\partial n}{\partial x}$$

$$0'84 \cdot 10^{-6} = 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot D_n \cdot 3 \cdot 10^{20}$$

$$D_n: \frac{0'84 \cdot 10^{-6}}{1'6 \cdot 10^{-19} \times 5 \cdot 10^{-6} \times 3 \cdot 10^{20}} = 35\ cm^2/s$$

8 ¿Cuál de esta serie de números cuánticos para un estado electrónico en un átomo no se da en la naturaleza?

- (3, 0, 1, -½) (ES POSIBLE)
- (3, 1, 1, ½) (ES POSIBLE)
- $\ell = n-1$ $\ell \neq n$
  $\boxed{(1,1,0,½)\ \text{(NO ES POSIBLE)}}$
- (3,2,-1,½) (ES POSIBLE)

9 Un semiconductor de Silicio se dopa con átomos de $\boxed{\text{boro}}$ (tipo - p) a una concentración 10^{18} cm^{-3}. Trabajando a 300 K, qué distancia energética hay entre el nivel de Fermi y el nivel superior de energía de la banda de valencia. El Silicio a 300 K tiene una densidad intrínseca de $1{,}4 \cdot 10^{10}$ cm^{-3} y Una anchura de banda prohibida de 1,12 eV

- 0,468 eV
- 0,56 eV
- 0,092 eV
- **$\boxed{8{,}96 \cdot 10^{-20}\ J}$**

$p = 10^{18}\ cm^{-3} = 10^{24}\ m^{-3}$

$T = 300\ k$

Silicio

$n_i = 1'4 \cdot 10^{10}\ cm^{-3} = 1'4 \cdot 10^{16}\ m^{-3}$

$E_G = 1'12\ eV$

tipo - p

$p = n_i \cdot e^{(E_{F_i} - E_F)/k_B T}$

$\frac{p}{n_i} = e^{(E_{F_i} - E_F)/k_B T}$

$\ln\left(\frac{p}{n_i}\right) = \frac{(E_{F_i} - E_F)}{k_B \cdot T}$

$(E_{F_i} - E_F) = \ln\left(\frac{p}{n_i}\right) k_B \cdot T$

$= 0'4676\ eV \approx 0'468\ eV$

Con T ambiente $E_{F_i} \approx \frac{E_c + E_v}{2} = \frac{E_G}{2} + E_v$

$E_{F_i} - E_v = \frac{E_G}{2} = 0'56\ eV$

$E_F - E_v = 0'56 - 0'4676 = \boxed{0'092\ eV}$

10 Se dopa Silicio con $\boxed{\text{Indio}}$ (tipo - p) a una concentración de impurezas de $\mathbf{5 \cdot 10^{20}}$ m^{-3}. Calcular la conductividad de esta muestra a 500 K siendo $\mathbf{n_i}$ a esta temperatura de $\mathbf{3{,}7 \cdot 10^{20}}$ m^{-3}. Las movilidades son $\mu_n = 0{,}135\ m^2V^{-1}s^{-1}$ y $\mu_p = 0{,}05\ m^2V^{-1}s^{-1}$.

- $10{,}95\ \Omega^{-1}m^{-1}$
- $0{,}1\ \Omega m$
- **$\boxed{10\ \Omega^{-1}m^{-1}}$**
- $4\ \Omega^{-1}m^{-1}$

$N_A = 5 \cdot 10^{20}\ m^{-3}$

$T = 500\ k$

$n_i = 3'7 \cdot 10^{20}$

$\mu_n = 0'135\ m^2/Vs$

$\mu_p = 0'05\ m^2/Vs$

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

$n = \frac{(3'7 \cdot 10^{20})^2}{5 \cdot 10^{20}}$

$n = 2'738 \cdot 10^{20}\ m^{-3}$

$\sigma = e(n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p)$

$\sigma = 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot (2'74 \cdot 10^{20} \cdot 0'135 + 5 \cdot 10^{20} \cdot 0'05)$

$\sigma = 9'91 = 10(\Omega m)^{-1}$

$E = E_F + 0'1$

11 Determinar la probabilidad de ocupación de un estado energético del cobre (E_F = 7,03 eV) situado 0,1 eV por encima de la energía de Fermi (E_F) a una temperatura de 300 K.

- 2 %
- 0,02 %
- 1 %
- 98 %

$E_F = 7{,}03\,eV$

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{(E-E_F)}{k \cdot T}}} = 0'02 = 2\%$$

$0'1$

12 Un semiconductor intrínseco contiene 10^{20} pares electrón-hueco por m^3. ¿Qué resistividad tiene sabiendo que las movilidades son $\mu_n = 0{,}2\ m^2V^{-1}s^{-1}$ y $\mu_p = 0{,}06\ m^2V^{-1}s^{-1}$?

- 0,31 Ωm
- 4,16 $\Omega^{-1}m^{-1}$
- 0,96 Ωm
- 0,24 Ωm

$\sigma = e(n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p)$

$\sigma = 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot (10^{20} \cdot 0'2 + 10^{20} \cdot 0'06)$

$\sigma = 4'16\ (\Omega m)^{-1}$

$\rho = \frac{1}{\sigma} = 0'24\ \Omega m$

13 El peso atómico del Zinc, Zn, es 65,38 $gmol^{-1}$ y su densidad es 7,1 gcm^{-3}. Si en un sólido de Zn hay dos electrones libres por cada átomo, ¿cuál es la densidad de electrones libres del Zn?

- a. $1{,}31 \cdot 10^{23}\ cm^{-3}$
- b. $6{,}55 \cdot 10^{22}\ cm^{-3}$
- c. $1{,}31 \cdot 10^{23}\ m^{-3}$
- d. $6{,}55 \cdot 10^{28}\ m^{-3}$

Zn: 65'38 g/mol

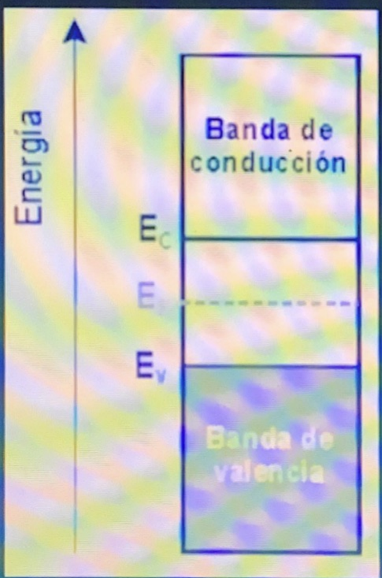
densidad: 7'1 g/cm^3 = $7'1 \cdot 10^6\ g/m^3$

nº electrones = 2

$$n = \frac{n^{\circ}\ el/libres \times N_A \times densidad}{masa\ at}$$

$$n = \frac{2 \times 6'023 \cdot 10^{23} \times 7'1 \cdot 10^{6}}{65'38} = 1'308 \cdot 10^{29}\ m^{-3}$$

14 La figura muestra la distribución de bandas de energía de un sólido donde la banda prohibida que separa a las bandas de valencia y conducción tiene una anchura energética de 1,12 eV. ¿De qué sólido se trata?



- Aislante
- Semiconductor intrínseco
- Semiconductor extrínseco tipo n
- Semiconductor extrínseco tipo p

15 La concentración de electrones en el silicio puro es de unos 10^{10} cm^{-3} a temperatura ambiente. Si por cada millón de átomos de silicio reemplazamos uno de estos átomos por otro de arsénico, ¿cuántos electrones tendremos entonces por cm^3? La densidad del Si es 2,33 gcm^{-3} y su masa atómica es 28,1 $gmol^{-1}$).

Tipo - n

- 10^{10} cm^{-3}
- Ninguna es correcta
- $\boxed{5 \cdot 10^{16}\ cm^{-3}}$
- $5 \cdot 10^{22}$ cm^{-3}

$N_0 = 10^{10} = 10^{16}\ m^{-3}$ Silicio valencia 4

$T = 300\ K$

densidad $= 2'33 \cdot 10^6\ g/m^3$ $n^o\ at/V = \frac{N_A \cdot d}{m_{at}} = 5 \cdot 10^{22}$ at Si/cm^3 $\frac{N}{10^6} = 5 \cdot 10^{16}\ e/cm^3$

Masa at $= 28'1$ g/mol

16 La frecuencia umbral para la emisión de fotoelectrones por parte del wolframio es de $1.1 \cdot 10^{15}$ Hz. Calcular la longitud de onda que se necesitará emplear si se pretende que los electrones sean emitidos con una energía cinética igual al doble de la que poseen los electrones arrancados con una radiación de 200 nm de longitud de onda.

- 273 nm
- $\boxed{1{,}58 \cdot 10^{-7}\ m}$
- 750 nm
- 173 nm

$\nu_0 = 1'1 \cdot 10^{15}$ Hz $W_0 = h \cdot \nu = 7'293 \cdot 10^{-19}$ J $E_f = E_c + W$

$\lambda = ?$

$E = E_c + W_0$

$E_c = E - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0 = 6'63 \cdot 10^{-34} \frac{\cdot 3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 7'293 \cdot 10^{-19} = 2'65 \cdot 10^{-19}$ J

$E_{c_2} = 2E_{c_1} = 5'3 \cdot 10^{-19}$ J

$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_c + W_0} = 1'5808 \cdot 10^{-7}$ m

Problemas parciales años anteriores

1. Un haz de radiación electromagnética de **2500 Å** de longitud de onda incide sobre una superficie de aluminio que tiene una función trabajo de **4,08 eV**. (a) ¿Cuál es la velocidad de los fotoelectrones emitidos más rápidos? (b) ¿Cuál es el potencial de frenado? c) ¿Cuánto vale la longitud de onda umbral? d) ¿Aparecería el efecto fotoeléctrico si se iluminara el aluminio con una luz de $3\cdot10^{14}$ Hz? Datos: $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg; $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C; $c = 3\cdot10^8$ ms^{-1}; $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ Js.

$\lambda = 2500$ Å $= 2500\cdot10^{-10}$ m

$W = 4'08$ eV $= 4'08\cdot1'6\cdot10^{-19} = 6'528\cdot10^{-19}$ J

a) Cálculo E

$$E = h\cdot\frac{c}{\lambda} = 6'63\cdot10^{-34}\cdot\frac{3\cdot10^{8}}{2500\cdot10^{-10}} = 7'956\cdot10^{-19} \text{ J}$$

$E = E_c + W_0$

$E_c = E - W_0$

$E_c = 7'956\cdot10^{-19} - 6'528\cdot10^{-19} = 1'428\cdot10^{-19}$ J

Sabemos

$$E_c = \frac{1}{2}m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot9'1\cdot10^{-31}\cdot v^2 = 1'428\cdot10^{-19} \Big\} \sqrt{\frac{2\cdot1'428\cdot10^{-19}}{9'1\cdot10^{-31}}} = \boxed{v = 5'6\cdot10^{5}\ m/s}$$

b) Potencial de frenado

$$V = \frac{E_c}{e} = \frac{1'428\cdot10^{-19}}{1'6\cdot10^{-19}} = 0'8925 \text{ V}$$

c) Longitud de onda umbral

$$W = h\cdot\nu \rightarrow W = \frac{h\cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda_0 = \frac{h\cdot c}{W} = \frac{6'63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{6'528\cdot10^{-19}} = 3'0468\cdot10^{-7} \text{ m}$$

d)

$$W = h\cdot\nu \rightarrow \nu = \frac{W}{h} = \frac{6'528\cdot10^{-19}}{6'63\cdot10^{-34}} = 9'84\cdot10^{14} \text{ Hz}$$

No se produciría ya que $3\cdot10^{14} < 9'84\cdot10^{14} = \lambda_0$

2. Si la energía de Fermi del cobre es **7.03 eV**, determinar la energía de un estado energético en el cobre a 300 K, cuya probabilidad de ocupación es del 10 %.

$E_F = 7'03$ eV

$T = 300$ K

10%

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

$$0'1 = \frac{1}{1 + e^{\frac{E-E_F}{k\cdot T}}} \Rightarrow 0'1 + 0'1\cdot e^{\frac{E-E_F}{k\cdot T}} = 1 \quad \ln(0'1) + \frac{E-E_F}{k\cdot T} = 0$$

$$\frac{E-E_F}{k\cdot T} = -\ln(0'1)$$

$$E = -\ln(0'1)\cdot k\cdot T + E_F$$

$$E = -\ln(0'1)\cdot 8'62\cdot10^{-5}\cdot 300 + 7'03$$

$$\boxed{E = 7'08 \text{ eV}}$$

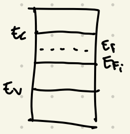
3. Se dopa con impurezas donadoras, $N_D = 10^{17}$ cm^{-3}, el semiconductor AsGa a 300 K. Indicar **razonadamente**: (a) El tipo de semiconductor extrínseco resultante. (b) La posición del nivel de Fermi respecto a E_v. DATOS: $n_i = 2 \cdot 10^6$ cm^{-3}; $E_G = 1{,}43$ eV.

$n \simeq N_D = 10^{17}\ cm^{-3} = 10^{23}\ m^{-3}$

$T = 300\ K$

a) El semiconductor es extrínseco y $\boxed{\text{tipo } n}$

b) LA POSICION DEL NIVEL DE FERMI RESPECTO A EV



$n = n_i \cdot e^{(E_F - E_{Fi})/kT}$

$\ln\left(\frac{n}{n_i}\right) = \frac{E_F - E_{Fi}}{kT}$

$\ln\left(\frac{n}{n_i}\right) \cdot k \cdot T = \left|E_F - E_{Fi}\right| = \ln\left(\frac{10^{23}}{2 \cdot 10^{12}}\right) \cdot 8'62 \cdot 10^{-5} \cdot 300 = 0'637\ eV$

Si T = ambiente $\frac{E_C + E_V}{2} = \frac{E_G}{2} + E_V$

$E_{Fi} - E_V = 0'715\ eV$

$E_F - E_V = (E_F - E_{Fi}) + (E_{Fi} - E_V) = \boxed{1'352\ eV}$

4. Sea una barra cilíndrica de Silicio dopada homogéneamente con una densidad de átomos aceptores de 10^{15} cm^{-3}. La barra tiene una longitud de 10 cm y un diámetro de 2 cm. Entre los extremos de la barra se establece una diferencia de potencial de 1 V. a) Calcular la concentración de electrones y huecos en la barra. b) Determinar la intensidad de corriente que circula por el material indicando la contribución a la corriente de cada tipo de portador y razonando las posibles aproximaciones que puedan usarse. (Datos: $n_i = 1{,}45 \cdot 10^{10}$ cm^{-3}, $\mu_n = 1500$ cm^2/Vs y $\mu_p = 475$ cm^2/Vs).

$N_A = 10^{15}\ cm^{-3} = 10^{21}\ m^{-3}$

$l = 10\ cm = 0'1\ m$

$d = 2\ cm = 0'01\ m$ $R = 0'005\ m$

$V = 1V$

$n_i = 1'45 \cdot 10^{10}\ cm^{-3} = 1'45 \cdot 10^{16}\ m^{-3}$

$\mu_n = 0'15\ m^2/Vs$

$\mu_p = 0'0455\ m^2/Vs$

a) CALCULAR n y p

$N_A >> n_i$ tipo p

$N_A \simeq p_p = \boxed{10^{21}\ m^{-3}}$

$n_p = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{(1'45 \cdot 10^{16})^2}{10^{21}} = \boxed{2'1025 \cdot 10^{11}\ m^{-3}}$

b) $J_n = e \cdot n \cdot \mu_n \cdot \frac{V}{l} = 1'6 \cdot 10^{-19} \times 2'1 \cdot 10^{11} \times 0'15 \times \frac{1}{0'1} = 5'04 \cdot 10^{-8}\ A/m^2$

$J_p = e \cdot p \cdot \mu_p \cdot \frac{V}{l} = 1'6 \cdot 10^{-19} \times 10^{21} \times 0'0455 \times \frac{1}{0'1} = 76\ A/m^2$

$I = J \cdot S = 76 \cdot \pi \cdot \underset{\underset{(d)^2}{\shortparallel}}{10^{-4}} = 2'387 \cdot 10^{-2}\ A$

4. Se pretende realizar un experimento de efecto fotoeléctrico con una placa de un metal cuya función trabajo vale 1,82 eV. (a) ¿Cuál es la frecuencia de corte? ¿Habrá emisión de fotoelectrones si hacemos incidir un haz monocromático de longitud de onda λ=700 nm? (c) ¿Cuánto valdrá el potencial de frenado si se hace incidir sobre la placa una radiación de 600 nm?

$W = 1'82 \, eV = 2'912 \cdot 10^{-19}$ J

$W = h \cdot \nu \qquad \nu_0 = \frac{W}{h} = \frac{2'912 \cdot 10^{-19}}{6'63 \cdot 10^{-34}} = 4'39 \cdot 10^{14}$ Hz

$\nu = \frac{c}{\lambda} \Big\} \; \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{4'39 \cdot 10^{14}} = 6'83 \cdot 10^{-7}$ m

No HABRÁ.

$700 \cdot 10^{-9}$ m

$E = E_c + W_0 \Rightarrow E_c = E - W_0 \Rightarrow E_c = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0 = \boxed{4'03 \cdot 10^{-20} \, J}$

$E_c = V \cdot e \qquad V = \frac{E_c}{e} = \frac{4'03 \cdot 10^{-20}}{1'6 \cdot 10^{-19}} = \boxed{0'2518 \, V}$

5. Una muestra de Silicio de 3 mm de longitud y (50 μm×100 μm) de sección, se impurifica con átomos donadores y aceptores, siendo N_D=10^{20} m^{-3} y N_A=2×10^{19} m^{-3}. Calcule: (a) La concentración de electrones y huecos (b) La conductividad de la muestra (c) La posición del nivel de Fermi respecto de la banda de valencia. (d) la ddp entre los extremos de la muestra cuando es recorrida por una corriente de 1μA. DATOS: Ancho de la banda prohibida, E_G=1,1 eV; n_i =$1,45\times10^{16}$ m^{-3}; μ_n = 1500 cm^2/Vs; μ_p = 458 cm^2/Vs; N_V=$1,04\times10^{25}$ m^{-3}; N_C=$2,8\times10^{25}$ m^{-3}.

Silicio

$l = 3 \, mm, \; 3 \cdot 10^{-3}$ m

$S = (50 \cdot 10^{-6} \times 100 \cdot 10^{-6})$

$N_D = 10^{20} \, m^{-3}$

$N_A = 2 \cdot 10^{19} \, m^{-3}$

a) Concentración electrones y huecos

$np = n_i^2 \qquad n = \frac{n_i^2}{p}$

$N_D + p = N_A + n$

$N_D + p = N_A + \frac{n_i^2}{p} \Big\} \; N_D + p = \frac{N_A \cdot p + n_i^2}{p} \Big\} \; pN_D + p^2 = N_A p + n_i^2 \Big\} \; 10^{20} p + p^2 - 2 \cdot 10^{19} p - (1'45 \cdot 10^{16})^2 = 0$

$p^2 + 8 \cdot 10^{19} p - 2'10 \cdot 10^{32} = 0$

$\frac{-8 \cdot 10^{19} \pm \sqrt{(8 \cdot 10^{19})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-2'1 \cdot 10^{32})}}{2 \cdot 1} =$

$p = \frac{-8 \cdot 10^{19} \pm 8 \cdot 10^{19}}{2} = \boxed{2'628 \cdot 10^{12} \, m^{-3}}$

$\boxed{n = 8 \cdot 10^{19} \, m^{-3}}$

b) $\sigma = e(n \mu_n + p \mu_p)$

$\sigma = 1'6 \cdot 10^{-19} \, (8 \cdot 10^{19} \times 0'15 + 2'63 \cdot 10^{12} \times 0'0458)$

$\boxed{\sigma = 1'92 \, (\Omega m)^{-1}}$

c) Tengo N_C y N_V

Puedo calcular la T

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

$\ln\left(\frac{n_i}{\sqrt{N_c \cdot N_v}}\right) = \frac{-E_G}{2 \cdot k_B \cdot T} \Bigg| \; T = \frac{-E_G}{2 \cdot k_B \cdot \left(\frac{n_i}{\sqrt{N_c \cdot N_v}}\right)} \Bigg\} \; T = \frac{-1'1}{\ln\left(\frac{1'45 \cdot 10^{16}}{\sqrt{1'04 \cdot 10^{25} \times 2'8 \cdot 10^{25}}}\right) \times 2 \times 8'62 \cdot 10^{-5}} = 305'5 \, K$

$E_F - E_V = (E_F - E_{Fi}) + (E_{Fi} - E_V) = 0'2268 + 0'55 = \boxed{0'7768 \, eV}$

$(E_F - E_{Fi}) = \ln\left(\frac{n}{n_i}\right) \cdot k \cdot T = 0'2268 V$

Como T ambiente, $E_{Fi} \simeq \frac{E_G}{2} + E_V \qquad E_{Fi} - E_V = \frac{1'1}{2} = 0'55$ eV

d)

$V = \frac{l \cdot I}{\sigma \cdot S} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-6}}{1'92 \times (50 \cdot 10^{-6} \times 100 \cdot 10^{-6})} = \boxed{0'312 V}$

1. Una antena de una emisora de radio emite con una potencia P=10^3 W y a una frecuencia de 10 MHz. Calcule (a) La energía de cada fotón irradiado. (b) El número de fotones emitidos por segundo.

$P = 10^3$ W

$\nu = 10 \cdot 10^6$ Hz

a)

$E_f = h \cdot \nu = 6'63 \cdot 10^{-34} \times 10 \cdot 10^6 = 6'63 \cdot 10^{-27}$ J

b)

$I = N_f \cdot E$ $\quad N_f = \frac{I}{E} = \frac{P}{E} = \frac{10^3}{6'63 \cdot 10^{-27}} = 1'50 \cdot 10^{29}$ fotones/s m²

4. El magnesio es un metal con un peso atómico de 24,32 g/mol, y una densidad de 1,74 g/cm³. Sabiendo que la densidad de electrones libres es $8{,}62\times10^{28}$ m^{-3} y la resistividad $3{,}94\times10^{-8}$ Ω·m, calcule: (a) la valencia del magnesio (b) la movilidad de los electrones (c) La energía del nivel de Fermi, y la probabilidad de ocupación de un estado situado 0,3 eV por encima del nivel de Fermi a temperatura ambiente (300 K). DATOS: $N_A = 6{,}023\times10^{23}$ mol^{-1}; k_B=$1{,}38\times10^{-23}$J/ K.

$Mg = 24'32$ g/mol

densidad $= 1'74$ g/cm³ $= 1'74 \cdot 10^6$ g/m³

$n = 8'62 \cdot 10^{28}$

$\rho = 3'94 \cdot 10^{-8}$ (Ωm)

$\sigma = \frac{1}{\rho} = 2'538 \cdot 10^7$ (Ωm)$^{-1}$

a) LA VALENCIA DEL MAGNESIO

$$n = \frac{n^\circ\, el/at \times N_A \times densidad}{masa\ atómica}$$

$$\frac{n \times masa\ atómica}{N_A \times densidad} = n^\circ$$

$$\frac{8'62 \cdot 10^{28} \times 24'32}{6'023 \cdot 10^{23} \times 1'74 \cdot 10^6} = 2$$

LA VALENCIA ES 2

b) LA MOVILIDAD (μ)

$$\sigma = n \cdot e \cdot \mu \quad \frac{\sigma}{n \cdot e} = \mu \quad \frac{2'538 \cdot 10^7}{8'62 \cdot 10^{28} \times 1'6 \cdot 10^{-19}} = 1'84 \cdot 10^{-3}\ m^2/Vs$$

c)

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{0'3}{8'62 \cdot 10^{-5} \cdot 300}}} = 9'15 \cdot 10^{-6} = 9'15 \cdot 10^{-4}\ \%$$

$$E_f = \sqrt[3]{\left(\frac{3n}{2y}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3 \times 8'62 \cdot 10^{28}}{2 \times 6'81 \cdot 10^{29}}\right)^2} = 7'117\ eV$$

1. La frecuencia umbral para la emisión de fotoelectrones para el wolframio es de 1,10 .10^{15} Hz. Calcular:

a) La función trabajo del metal

b) La longitud de onda que se necesitará emplear si se pretende que los electrones sean emitidos con energía cinética máxima igual a dos veces la que poseen los arrancados con una longitud de onda de 200 nm.

c) El número de fotones por unidad de tiempo y área que llegan al metal si la radiación del apartado b) tiene una intensidad de 3 mW/m^2

$\nu_0 = 1'1 \cdot 10^{15}$ Hz

a) $W = h \cdot \nu_0 = 6'63 \cdot 10^{-34} \times 1'1 \cdot 10^{15} = 7'293 \cdot 10^{-19}$ J

b) $E = E_c + W$

$E_c = E - W$

$E_c = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W = 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}}{200 \cdot 10^{-9}} - 7'293 \cdot 10^{-19} = 2'652 \cdot 10^{-19} = E_{c_1}$

$E_{c_2} = 2 \cdot E_{c_1} = 5'304 \cdot 10^{-19}$ J

$$\left.\begin{array}{l} E = E_c + W \\ \frac{h \cdot c}{\lambda} = E_c + W \end{array}\right\} \frac{h \cdot c}{E_c + W} = \lambda \qquad \lambda = \frac{6'63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^{8}}{5'304 \cdot 10^{-19} + 7'293 \cdot 10^{-19}} = \boxed{1'578 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

c) $I = N_f \cdot h \cdot \nu$

$$N_f = \frac{I}{h \cdot \nu}$$

$$N_f = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{h \cdot \frac{c}{1'578 \cdot 10^{-7}}} = 2'38 \cdot 10^{15} \ 1/ts$$

2. Una barra semiconductora cilíndrica de Silicio cuyas dimensiones son 10 cm de longitud y 2 cm de diámetro se dopa con átomos donadores a razón de 10^{20} m^{-3}. Calcular:

a) La concentración de electrones y huecos
b) La conductividad de la muestra
c) La posición del nivel de Fermi respecto de la banda de valencia.
d) la ddp entre los extremos de la muestra cuando es recorrida por una corriente de 1µA.

DATOS: E_G=1,1 eV; n_i =1,45×10^{16} m^{-3}; μ_n = 0,15 m^2 /Vs; μ_p = 0,0458 m^2 /Vs; N_C =2,8×10^{25} m^{-3} .

$l = 10\,cm = 0'1\,m$

$d = 2\,cm = 0'02\,m \qquad 0'01\,m = R$

$N_D = 10^{20}\,m^{-3}$

a) tipo - n $\qquad N_D >> n_i$

$N_D \simeq n \qquad \boxed{n = 10^{20}\,m^{-3}}$

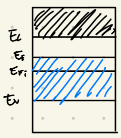
$$p = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(1'45\cdot10^{16})^2}{10^{20}} = \boxed{2'102\cdot10^{12}\,m^{-3}}$$

b) $\sigma = e(n\mu_n + p\cdot\mu_p)$

$\sigma = 1'6\cdot10^{-19}\cdot(10^{20}\cdot0'15 + 2'1\cdot10^{12}\cdot0'0458)$

$\sigma = 2'4\,(\Omega m)^{-1}$

c)



Suponiendo que T° ambiente

$$\frac{E_c+E_v}{2} = \frac{E_G}{2} + E_v \qquad (E_{Fi} - E_v) = 0'55\,eV$$

$$\ln\left(\frac{n}{n_i}\right) = \frac{(E_F - E_{Fi})}{k_B\cdot T} \Rightarrow \ln\left(\frac{n}{n_i}\right)\cdot k_B\cdot T = (E_F - E_{Fi})$$

$$\ln\left(\frac{10^{20}}{1'45\cdot10^{16}}\right)\times 8'62\cdot10^{-5}\times 300 = 0'228\,eV = (E_F - E_{Fi})$$

$$(E_F - E_v) = (E_F - E_{Fi}) + (E_{Fi} - E_v) = 0'228 + 0'55 = \boxed{0'778\,eV}$$

d) $$V = \frac{l\cdot I}{\sigma\cdot S} = \frac{0'1\cdot1\cdot10^{-6}}{2'4\cdot\pi\cdot(0'01)^2} = \boxed{1'32\cdot10^{-4}\,V}$$