

# Bloque-2-Relacion-de-Problemas.pdf



Javierub



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  
EL MUNDO

Para ser el mejor hay que aprender  
de los mejores.

**IMF**

Smart Education

**Deloitte.**

**Infórmate**

## Consigue Empleo o Prácticas

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



Relación de Problemas - Física Cuántica

viernes, 27 de octubre de 2023 11:54

1. Una radiación luminosa de  $2000\text{ \AA}$  e intensidad  $3\text{ mW/m}^2$  incide sobre un metal de cobre cuya función de trabajo es  $1\text{ eV}$ . 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:  $\hbar = 6,62 \cdot 10^{-34}\text{ J \cdot s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$   
 SOL.: (a)  $3,017 \cdot 10^{15}\text{ fotones / sm}^2\text{ / s}$ ; (b)  $8,34 \cdot 10^{-19}\text{ J}$

$$a) \quad I = n \cdot h \cdot f \quad ; \quad C = x \cdot f$$

$$\cdot f = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} ; \quad f = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\cdot n = \frac{3 \cdot 10^3 \text{ W/m}^3}{(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}) (1,9 \cdot 10^{15} \text{ Hz})} ;$$

$$n = 3.02 \cdot 10^{21} \text{ fotones/m}^2\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{que llegan al metal;} \\ = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \end{aligned}$$

2. 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? (Tengase 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:  $h = 6 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ ;  $m_e = 9 \cdot 10^{-31} kg$

SOL.: (a)  $E_{cm} = 9,629 \cdot 10^{-20} J$ ; (b)  $v = 4,60 \cdot 10^5 m/s$

$$a) \cdot E_f = E_c + W_0 \quad \cdot C = x \cdot f \\ \cdot (6,62 \cdot 10^{-34}) \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} = E$$

$$6) \cdot E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2; \quad V = \sqrt{\frac{2E_C}{m}} \quad \longrightarrow \quad V = \frac{2 \cdot (9,629 \cdot 10^{-20})}{9,1 \cdot 10^{-31}}; \quad V = 4,6 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$8) \cdot E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2 ; \quad v = \sqrt{\frac{2 E_C}{m}} \quad \longrightarrow \quad V = \frac{z \cdot (9,629 \cdot 10^{-20})}{9,1 \cdot 10^{-31}} ; \quad V = 4,6 \cdot 10^8 \text{ m}$$

3. 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 número de fotones por unidad de tiempo y área que llegan al metal si está radiación tiene una intensidad de  $3 \text{ mW/m}^2$ ; (c) el trabajo de extracción del metal si el potencial de frenado medido es de 22,4 V; (d) la frecuencia umbral para la emisión fotoeléctrica del metal utilizado.

$$SO_2(g) \rightarrow S(g) + O_2(g)$$

$$\Delta E = 19.9 \text{ eV} - 5.54 \text{ eV} = 14.36 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{14.36 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1.22 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.22 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.46 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$a) \cdot E_f = h \cdot f ; \quad f = \frac{(24, PG\text{eV}) \cdot (1,6 \cdot 10^{19} \text{J/eV})}{6,62 \cdot 10^{-34}} ; \quad f = 6 \cdot 10^{15} \text{Hz}$$

$$\bullet C = \lambda \cdot f ; \quad \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}} ; \quad \boxed{\lambda = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}}$$

$$b) \quad I = n \cdot h \cdot f; \quad n = \frac{3 \cdot 10^3}{(6,62 \cdot 10^{-29})(6 \cdot 10^{19})} \quad ; \quad n = 7,55 \cdot 10^{20} \text{ fotonen / m}^2 \cdot \text{s}$$

$$c) \cdot E_C = q \cdot V ; \quad E_C = (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}) \cdot (22,4 \text{ V}) ; \quad E_C = 3,58 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$W_0 = E_f - E_C ; \quad W_0 = (6 \cdot 62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (6 \cdot 10^{18} \text{ Hz}) - (3,88 \cdot 10^{-18} \text{ J}) ; \quad W_0 = 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$d) \omega_0 = k \cdot f_0 ; \quad f_0 = \frac{3,97 \cdot 10^{19} \text{ J}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} ; \quad f_0 = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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

$$a) \quad \lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{m \cdot v} \quad \longrightarrow \quad \lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{(9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}) (2 \cdot 10^6 \text{ m/s})} ; \quad \boxed{\lambda_0 = 3,637 \cdot 10^{-10} \text{ m}}$$

$$b) \lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s}{(1,65 \cdot 10^{-19} kg)(2 \cdot 10^8 m/s)} ; \quad \lambda_p = 2 \cdot 10^{-13} m$$

$$c) \lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{(0,2 \text{ kg}) (2 \cdot 10^6 \text{ m/s})} ;$$

5. (a) Escriba la configuración electrónica del estado fundamental del átomo de oxígeno ( $Z = 8$ ) y el conjunto de números cuánticos  $n$ ,  $\ell$ ,  $m_l$  y  $m_s$  de cada electrón del oxígeno. (b) ¿Qué elementos poseen las siguientes configuraciones electrónicas: (1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 p^2$  (2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 p^6 4s^2$

$$1 \quad 16 \quad 2 \quad 24 \quad 5 \quad 3 \quad 1$$



**¿Quieres conocer todos los servicios?**

Bloque 2 - Relación de Problemas página 1

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

5. (a) Escriba la configuración electrónica del estado fundamental del átomo de oxígeno ( $Z = 8$ ) y el conjunto de números cuánticos  $n, l, m_l$  y  $m_s$  de cada electrón del oxígeno. (b) ¿Qué elementos poseen las siguientes configuraciones electrónicas: (1)  $1s^2 2s^2 3s^2 p^4$  (2)  $1s^2 2s^2 3s^2 p^6 4s^2$

a)  $O_8^{16} = 1s^2 2s^2 2p^4$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1s^2 : n=1 \rightarrow l=0 \rightarrow m=0 \rightarrow S=\pm \frac{1}{2} \\ 2s^2 : n=2 \rightarrow l=0 \rightarrow m=0 \rightarrow S=\pm \frac{1}{2} \\ 2p^4 : n=2 \rightarrow l=1 \rightarrow m=-1 \rightarrow S=\pm \frac{1}{2} \\ \quad m=0 \rightarrow S=+\frac{1}{2} \\ \quad m=1 \rightarrow S=+\frac{1}{2} \end{array} \right.$$

b) 1)  $1s^2 2s^2 3s^2 p^6 3s^2 p^2 \rightarrow Z=14 \rightarrow Si_{14}^{28}$

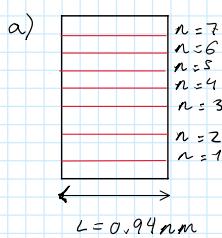
2)  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 4s^2 \rightarrow Z=20 \rightarrow Ca_{20}^{40}$

6. Algunas moléculas de colorantes orgánicos poseen una cadena lineal de átomos de carbono en línea recta. Los 7 electrones que hacen de enlace entre esos átomos se comportan de forma parecida a como lo hacen las partículas cuánticas en una caja de energía potencial. Para estas moléculas se utiliza un modelo sencillo que supone a los electrones como partículas cuánticas confinadas en una caja de energía unidimensional de longitud 0.94 nm. (a) Calcular la energía total del conjunto de los 7 electrones. (b) El color del colorante se debe a la transición entre los estados  $n=3$  y  $n=4$ . Calcular la longitud de onda de ese color.  
SOL: (a)  $E_T = 2,97 \cdot 10^{-18} J$ ; (b)  $\lambda = 420 nm$

Datos

$$n=7 \quad h = 6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

$$L = 0,94 nm \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$$



$$E_T(7e) = 2E_1 + 2E_2 + 2E_3 + E_4 \quad (\text{Paramos los electrones en pares})$$

$$\cdot E_1 = \frac{\hbar^2}{8mL^2}; \quad E_1 = \frac{(6,62 \cdot 10^{-34})^2}{8(9,1 \cdot 10^{-31})(9,4 \cdot 10^{-10})^2}; \quad E_1 = 6,813 \cdot 10^{-20} J$$

$$\cdot E_T = 2(6,813 \cdot 10^{-20}) + 2(6,813 \cdot 10^{-20}) \cdot 2^2 + 2(6,813 \cdot 10^{-20}) \cdot 3^2 + (6,813 \cdot 10^{-20}) \cdot 4^2;$$

$$E_T = 2,99 \cdot 10^{-18} J$$

b)  $\Delta E = E_4 - E_3 = h \cdot f$

$$C = \lambda \cdot f$$

$$\cdot \Delta E = (6,813 \cdot 10^{-20}) \cdot 4^2 - (6,813 \cdot 10^{-20}) \cdot 3^2; \quad \Delta E = 4,77 \cdot 10^{-19} J$$

$$\cdot f = \frac{4,77 \cdot 10^{-19} J}{6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s}; \quad f = 7,2 \cdot 10^{14} Hz$$

$$\cdot \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 m/s}{7,2 \cdot 10^{14} Hz}; \quad \lambda = 4,2 \cdot 10^{-7} m$$

7. Para los siguientes conjuntos de números cuánticos  $n, l, m_l$ , indicar cuáles son correctos y qué orbital representan. (a) 2, 2, 0 (b) 3, 2, 0 (c) 3, 0, 3 (d) 1, 1, 0 (e) 2, 1, 0.

a) (2, 2, 0)  $\rightarrow$  No es correcto,  $l$  solo llega hasta  $n-1$

b) (3, 2, 0)  $\rightarrow$  Correcto (3d)

c) (3, 0, 3)  $\rightarrow$  No es correcto,  $m_l$  solo puede ser  $\pm l$

d) (1, 1, 0)  $\rightarrow$  No es correcto,  $l$  solo llega hasta  $n-1$

e) (2, 1, 0)  $\rightarrow$  Correcto (2p)

$l = 0 \dots n-1$   
 $m_l = -l \dots 0 \dots +l$   
 $m_s = +1/2, -1/2$

# Que no te escriban poemas de amor cuando terminen la carrera

(a nosotros por suerte nos pasa)



Ayer a las 20:20

Oh Wuolah wuolitah  
Tu que eres tan bonita

Siempre me has ayudado  
Cuando por exámenes me he  
agobiado

Llegó mi momento de despedirte  
Tras años en los que has estado mi  
lado.

Pero me voy a graduar.  
Mañana mi diploma y título he de  
pagar

No si antes decirte  
Lo mucho que te voy a recordar



Envía un mensaje...



**WUOLAH**

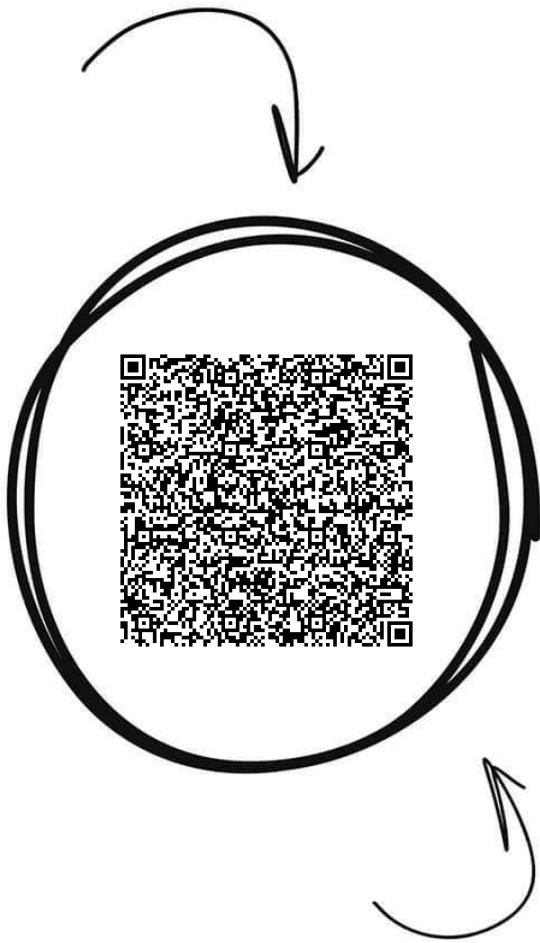


# Fundamentos Físicos de la In...



Comparte estos flyers en tu clase y consigue más dinero y recompensas

- 1 Imprime esta hoja
- 2 Recorta por la mitad
- 3 Coloca en un lugar visible para que tus compis puedan escanear y acceder a apuntes
- 4 Llévate dinero por cada descarga de los documentos descargados a través de tu QR



## Banco de apuntes de la

WUOLAH



## Relación de Problemas - Estado Sólido

viernes, 10 de noviembre de 2023 8:55

8. La resistividad del cobre es de  $1,675 \cdot 10^{-8} \Omega m$  siendo la concentración de electrones en el mismo  $8,48 \cdot 10^{22} \text{ cm}^3$ . Determinar la velocidad de arrastre de los electrones de conducción al aplicar un campo eléctrico de  $10 \text{ V/m}$ .  
SOL.:  $v = 44,3 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{J} = \sigma \cdot E \\ \sigma = e^- \cdot n \cdot \mu \\ Vd = \mu \cdot E \\ P = \frac{1}{\sigma} \end{array} \right\} \quad J = \sigma \cdot E = e^- \cdot n \cdot \mu \cdot E = e^- \cdot n \cdot Vd ;$$

$$\frac{1}{P} = e^- \cdot n \cdot Vd ; \quad Vd = \frac{\frac{1}{P} \cdot E}{e^- \cdot n} ;$$

$$Vd = \frac{1}{1,675 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{10}{8,48 \cdot 10^{22}} ; \quad Vd = 44,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Datos

$$P = 1,675 \cdot 10^{-8} \Omega m$$

$$n = 8,48 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$$

$$E = 10 \text{ V/m}$$

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

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

Datos

$$E_{\text{Fermi}} = 5,1 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}$$

$$T = 300 \text{ K} \quad k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

a)  $E = 5 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} ; \quad f(E) = \frac{1}{1 + e^{(8 \cdot 10^{-19} - 8,16 \cdot 10^{-19}) / (1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300)}} ; \quad f(E) \approx 97,95\%$

b)  $E = 5,2 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} ; \quad f(E) = \frac{1}{1 + e^{(8,32 \cdot 10^{-19} - 8,16 \cdot 10^{-19}) / (1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300)}} ; \quad f(E) \approx 2,05\%$

c)  $E = 6 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} ; \quad f(E) = \frac{1}{1 + e^{(9,6 \cdot 10^{-19} - 8,16 \cdot 10^{-19}) / (1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300)}} ; \quad f(E) \approx 7,84 \cdot 10^{-14}\%$

d)  $0,1 = \frac{1}{1 + e^x} ; \quad 1 + e^x = \frac{1}{0,1} ; \quad e^x = 9 ; \quad x = \ln 9 ;$

$$\left. \begin{array}{l} x = \ln 9 \\ x = \frac{E - E_f}{k_B \cdot T} \end{array} \right\} \quad \frac{E - E_f}{k_B \cdot T} = \ln 9 ; \quad T = \frac{8,32 \cdot 10^{-19} - 8,16 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot \ln 9} ; \quad T = 527,67 \text{ K}$$

10. Calcular la movilidad de los electrones libres del aluminio sabiendo que existen tres de estos electrones por átomo. Datos: densidad =  $2,7 \text{ g/cm}^3$ ;  $\rho = 3,44 \cdot 10^6 \Omega \text{cm}$ ;  $M_A = 26,97 \text{ u}$ ;  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
SOL:  $10^3 \text{ m}^2/\text{Vs}$

•  $\vec{J} = \sigma \cdot E = e^- \cdot n \cdot \mu \cdot E ; \quad \mu = \frac{1}{P}$

•  $n (\text{e}^-/\text{m}^3) = N_A (\text{atm/mol}) \cdot \frac{d (\text{g}/\text{m}^3)}{M (\text{g/mol})} \cdot Z (\text{e}^-/\text{atm})$

•  $n = 6,022 \cdot 10^{23} \cdot \frac{2,7 \cdot 10^6}{26,97 \text{ u}} \cdot 3 ; \quad n = 1,8 \cdot 10^{29} \text{ e}^-/\text{m}^3$

•  $\mu = \frac{1}{(1,6 \cdot 10^{-19})(1,8 \cdot 10^{29})} ; \quad \mu = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{Vs}$

Datos

$$P = 3,44 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m} \quad M_A = 26,97 \text{ u}$$

$$d = 2,7 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 \quad N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$Z = 3 \text{ e}^-/\text{átom}$$

\* pasar las unidades a m

$\mu$ : Aquel material en el que se mueven las cargas a  $1 \text{ m/s}$  cuando aplico  $1 \text{ V/m}$

# Que no te escriban poemas de amor cuando terminen la carrera ➤➤➤➤➤



**WUOLAH**

## (a nosotros por suerte nos pasa)

No si antes decirte  
Lo mucho que te voy a recordar

Pero me voy a graduar.  
Mañana mi diploma y título he de  
pagar

Llegó mi momento de despedirte  
Tras años en los que has estado mi  
lado.

Siempre me has ayudado  
Cuando por exámenes me he  
agobiado

Oh Wuolah wuolah  
Tu que eres tan bonita

### Relación de problemas - Semiconductores

viernes, 17 de noviembre de 2023 — 17:59

11. Cuando la temperatura de un cristal de Ge intrínseco pasa de 20°C a 30°C, 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%.

$$a) \sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{E_G}{2k_B \cdot T}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{E_G}{2K \cdot 293}} \\ \sigma_2 = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{E_G}{2K \cdot 303}} \end{array} \right\} \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{1}{1.5} = e^{\left( -\frac{E_G}{2K \cdot 293} + \frac{E_G}{2K \cdot 303} \right)}$$

$$\bullet \ln\left(\frac{1}{1.5}\right) = E_G \left( -\frac{1}{2(1.38 \cdot 10^{-23}) \cdot 293} + \frac{1}{2(1.38 \cdot 10^{-23}) \cdot 303} \right) ;$$

Datos

$$\Delta T = 10^\circ = 283 K \quad \sigma_0 = 1.5 \Omega^{-1}$$

$$T_1 = 293 K \quad T_2 = 303 K$$

$$K_B = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$$

$$E_G = 9.935 \cdot 10^{-20} J$$

$$E_G = 0.62 \text{ eV}$$

$$b) 1.1 \text{ eV} = 1.76 \cdot 10^{-19} J$$

$$\bullet \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = e^{\left( -\frac{1.76 \cdot 10^{-19}}{2(1.38 \cdot 10^{-23}) \cdot 293} + \frac{1.76 \cdot 10^{-19}}{2(1.38 \cdot 10^{-23}) \cdot 303} \right)} = 0.49$$

$$\bullet \frac{1}{X} = 0.49 ; \quad \sigma_2 = 2.05 \cdot \sigma_1 \quad \rightarrow \frac{2}{2.05} = \frac{100\%}{X \%}$$

Se produce un cambio del 102,5 %

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

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

$$\bullet R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}$$

$$\bullet \sigma_n = (1.6 \cdot 10^{-19}) (5 \cdot 10^{13}) (0,15) ; \quad \sigma_n = 1,2$$

$$\bullet R = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot (2.5 \cdot 10^{-5})} ; \quad R = 66,67 \Omega$$

Datos

$$S = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad T = 300 K$$

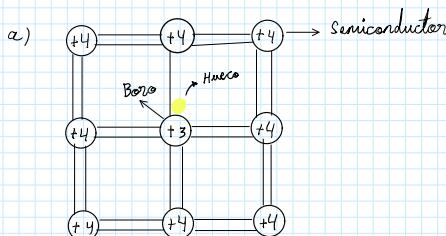
$$L = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad n_i = 5 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3}$$

$$\mu = 0.15 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

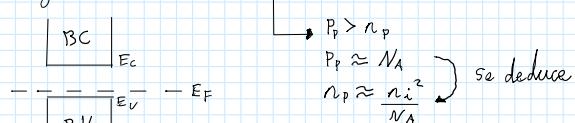
13. Se sabe que cierto semiconductor tiene una densidad de  $2.33 \text{ g/cm}^3$  y una masa atómica de 28,09. El semiconductor se impurifica en una proporción de 2 átomos de boro por cada  $10^6$  átomos de dicho semiconductor. (a) Sabiendo que el semiconductor puro contiene un solo tipo de átomos 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  $50 \text{ }\mu\text{m} \times 100 \text{ }\mu\text{m}$  al ser atravesada por una corriente de  $1 \mu\text{A}$ .

DATOS:  $n_i = 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ;  $\mu_p = \mu_n = 2000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ; se supone ionización total de impurezas.

SOL.: (a) semiconductor extrínseco tipo-p; (b)  $1 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ;  $n_i = 1 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3}$ ;  $p_p = 1 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ; (c)  $V_A \cdot V_B = 1.875 \cdot 10^{-4} \text{ V}$



• Se formará un semiconductor extrínseco tipo P



$$b) n = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ atm/mol} \cdot \frac{2.33 \cdot 10^6 \text{ g/cm}^3}{28.09 \text{ g/mol}} = 4.99 \cdot 10^{28} \text{ atm}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

$$\bullet N_A = 4.99 \cdot 10^{28} \text{ atm}^{-1} \text{ m}^{-3} \cdot \frac{2 \text{ atm B/m}^3}{10^6 \text{ atm X/m}^3} ; \quad N_A = 10^{23} \text{ atm/m}^3$$

$$\bullet n_p \approx \frac{n_i^2}{N_A} ; \quad n_p \approx \frac{(10^{16} \text{ m}^{-3})^2}{10^{23} \text{ m}^{-3}} ; \quad n_p \approx 1 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3}$$

$$\bullet P_p \approx N_A \text{ (teoría)} ; \quad P_p \approx 1 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$$

$$c) \sigma \approx \sigma_p \approx P_p \cdot \mu_p \cdot e^{-} \quad ; \quad V = I \cdot \frac{1}{P_p \cdot n_p \cdot e^{-}} \cdot \frac{l}{s} ; \quad V = 10^{-6} \cdot \frac{1}{(10^{23})(1.2)(1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot (1 \cdot 10^{-9})} ;$$

$$c) \sigma \approx \sigma_p = p_p \cdot \mu_p \cdot e^- \quad ; \quad V = I \cdot \frac{1}{p_p \cdot \mu_p \cdot e^-} \cdot \frac{l}{s} \quad ; \quad V = 10^{-6} \cdot \frac{1}{(10^{23})(0,2)(1,6 \cdot 10^{-19})} \cdot \frac{0,003}{(5 \cdot 10^{-9})} ;$$

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{s} \quad ; \quad V = I \cdot R$$

14. 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  $100 (\Omega \text{cm})^{-1}$ . 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  $1 (\Omega \text{cm})^{-1}$ .
- DATOS para el Ge:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $n_i(300 \text{ K}) = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ;  $\mu_p = 1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$   
 DATOS para el Si:  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $n_i(300 \text{ K}) = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ;  $\mu_n = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$   
 SOL: (Ge)  $p_p = 3,47 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ;  $n_p = 1,80 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$ ; (Si)  $p_n = 4,68 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-3}$ ;  $n_n = 4,81 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$

### Germanio tipo - P

$$\sigma_{\text{Ge}} = \sigma_p = \mu_p \cdot p \cdot e^- \quad ; \quad p = \frac{\sigma_{\text{Ge}}}{\mu_p \cdot e^-} \quad ;$$

$$p = \frac{10000 \Omega \text{m}}{0,18 \text{ m}^2/\text{Vs} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \quad ; \quad p_p = 3,47 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$$

$$n_i^2 = n \cdot p \quad ; \quad n = \frac{(2,5 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3})^2}{3,47 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}} \quad ; \quad n_p = 1,8 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$$

### Silicio tipo - N

$$\sigma_{\text{Si}} = \sigma_n = \mu_n \cdot n \cdot e^- \quad ; \quad n = \frac{\sigma_{\text{Si}}}{\mu_n \cdot e^-} \quad ;$$

$$n = \frac{10 \Omega \text{m}}{0,13 \text{ m}^2/\text{Vs} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \quad ; \quad n_n = 4,81 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$$

$$n_i^2 = n \cdot p \quad ; \quad p = \frac{(2,5 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3})^2}{4,81 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}} \quad ; \quad p_n = 4,68 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-3}$$

15. Admitiendo que el valor del ancho de banda prohibida, las masas efectivas de electrones y huecos ni las movilidades no varian con la temperatura, para una muestra de arseniuro de galio (AsGa):

- Calcular la concentración intrínseca a temperatura ambiente ( $27^\circ\text{C}$ ).
- Calcular la concentración intrínseca para  $T = 800 \text{ K}$ . Explicar razonadamente la diferencia obtenida entre ambos valores según la teoría de bandas de energía.
- Calcular la conductividad eléctrica del AsGa intrínseco para ambas temperaturas.
- Se dota 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:  $N_c(300 \text{ K}) = 4,7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ;  $N_V(300 \text{ K}) = 7 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ;  $\mu_n = 8500 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ;  $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ;  $E_g = 1,43 \text{ eV}$ ;  $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ;  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 SOL.: (a)  $n_i = 1,8105 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$ ; (b)  $n_i = 2,4962 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ ; (c)  $\sigma(300 \text{ K}) = 2,58 \cdot 10^7 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ ;  $\sigma(800 \text{ K}) = 35,55 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$

### Datos

$$\text{Ge: } N_i = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3} \quad \mu_p = 0,18 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$\text{Si: } N_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-3} \quad \mu_n = 0,13 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$T = 300 \text{ K} \quad e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\sigma_{\text{Ge}} = 10000 \Omega \text{m} \quad \sigma_{\text{Si}} = 10 \Omega \text{m}$$

$$a) \quad n_i = \sqrt{N_c N_V} \cdot e^{-E_g / 2K_B T} \quad ; \quad n_i = \sqrt{(4,7 \cdot 10^{17}) (7 \cdot 10^{18})} \cdot e^{-2,288 \cdot 10^{-19} / 2(1,38 \cdot 10^{-23}) \cdot 300} \quad ;$$

$$n_i = 1,8 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$$

$$b) \quad T = 800 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} & \bullet n = N_c \cdot e^{-(E_F - E_F)/KT} \quad ; \quad m_n \text{ (masa de las cargas) es constante, así que la calculamos con } T = 300 \text{ K :} \\ & \quad N_c = 2 \left( \frac{2\pi m_n K T}{h^2} \right)^{3/2} \quad ; \quad m_n = \left( \frac{4,7 \cdot 10^{17}}{2} \right)^{2/3} \cdot \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{2\pi \cdot (1,38 \cdot 10^{-23}) / 300} ; \quad m_n = 6,43 \cdot 10^{-32} \text{ m}^{-3} \\ & \quad m_n = \left( \frac{N_c}{2} \right)^{2/3} \cdot \frac{h^2}{2\pi K T} \quad ; \quad N_c = 2 \left( \frac{2\pi \cdot (6,43 \cdot 10^{-32}) \cdot (1,38 \cdot 10^{-23})}{(6,63 \cdot 10^{-34})^2} \right)^{3/2} ; \quad N_c = 2 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3} \\ & \bullet p = N_V \cdot e^{-(E_F - E_F)/KT} \quad ; \quad m_p \text{ (masa de los huecos) es constante, así que la calculamos con } T = 300 \text{ K :} \\ & \quad N_V = 2 \left( \frac{2\pi m_p K T}{h^2} \right)^{3/2} \quad ; \quad m_p = \left( \frac{7 \cdot 10^{18}}{2} \right)^{2/3} \cdot \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{2\pi \cdot (1,38 \cdot 10^{-23}) / 300} ; \quad m_p = 3,9 \cdot 10^{-31} \text{ m}^{-3} \\ & \quad m_p = \left( \frac{N_V}{2} \right)^{2/3} \cdot \frac{h^2}{2\pi K T} \quad ; \quad N_V = 2 \left( \frac{2\pi \cdot (3,9 \cdot 10^{-31}) \cdot (1,38 \cdot 10^{-23})}{(6,63 \cdot 10^{-34})^2} \right)^{3/2} ; \quad N_V = 3,1 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3} \\ & \bullet n_i = \sqrt{N_c N_V} \cdot e^{-E_g / 2K_B T} \quad ; \quad n_i = \sqrt{(2 \cdot 10^{24}) (3,1 \cdot 10^{25})} \cdot e^{-2,288 \cdot 10^{-19} / 2(1,38 \cdot 10^{-23}) \cdot 800} \quad ; \quad n_i = 2,5 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3} \end{aligned}$$

$$c) \quad \sigma = \sigma_n + \sigma_p = e_n \mu_n + e_p \mu_p = e^- \cdot n_i (\mu_p + \mu_n) ;$$

$$\sigma(800 \text{ K}) = 1,8 \cdot 10^{12} (2 \cdot 10^{24}) (3,1 \cdot 10^{25}) (0,80 + 0,09) ; \quad \sigma(800 \text{ K}) = 3,0 \cdot 10^{20} (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

### Datos

$$N_c = 4,7 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-3} \quad \mu_n = 0,85 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$N_V = 7 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3} \quad \mu_p = 0,09 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$E_g = 2,288 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad T = 300 \text{ K}$$

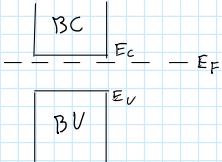
$$K_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$c) \sigma = \sigma_n + \sigma_p = e_n \mu_n + e_p \mu_p = e^- \cdot n_i (\mu_p + \mu_n)$$

$$\begin{aligned} \sigma(300K) &= (1,6 \cdot 10^{-19}) (2,5 \cdot 10^{20}) (0,85 + 0,09) \\ \sigma(800K) &= (1,6 \cdot 10^{-19}) (1,8 \cdot 10^{20}) (0,85 + 0,09) \end{aligned}$$

$\sigma(800K) = 35,6 \text{ } (\Omega \text{ m})^{-1}$   
 $\sigma(300K) = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ } (\Omega \text{ m})^{-1}$

d) • Se formará un semiconductor intrínseco tipo N



16. Una barra de Germanio tipo-n tiene una sección de  $5 \text{ mm}^2$  y una longitud de 0,5 cm. Si la barra se encuentra a la temperatura ambiente ( $T=300\text{K}$ ) y la concentración de impurezas donadoras es  $N_d = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , 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:  $\mu_n = 3800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ;  $n_i = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ;  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
SOL: (a)  $R = 16,45 \Omega$ ; (b)  $v_d = 37,5 \text{ ms}^{-1}$

$$\left. \begin{array}{l} a) R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{s} \\ \sigma = \sigma_n = e^- \cdot n \cdot \mu_n \end{array} \right\}$$

• Semiconductor tipo-n:  $n \gg p \rightarrow \mu_p$  es despreciable, así que no la usamos.

Datos

$$S = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad T = 300 \text{ K} \quad \mu_n = 0,38 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad N_d = 10^{15} \text{ m}^{-3} \quad n_i = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3}$$

$$n \approx N_d$$

$$R = \frac{1}{e^- \cdot n \cdot \mu_n} \cdot \frac{l}{s} ; R = \frac{1}{(1,6 \cdot 10^{-19})(1 \cdot 10^{15})(0,38)} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-6}} ;$$

$$R = 16,45 \Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} b) \Delta V = 0,5 \text{ V} \\ \Delta V = E \cdot l \end{array} \right\} \cdot E = \frac{Vd}{\mu_n} ; \Delta V = \frac{Vd}{\mu_n} \cdot l ; Vd = \frac{\Delta V \cdot \mu_n}{l}$$

$$Vd = \frac{(0,5) \cdot (0,38)}{5 \cdot 10^{-3}} ; Vd = 38 \text{ m/s}$$

17. El numero electrones libres en el Silicio puro es de unos  $10^{10} \text{ e}^-/\text{cm}^3$  a temperatura ordinaria. Si por cada millón de átomos reemplazamos un átomo de silicio por otro de arsénico, (a) ¿cuántos electrones libres existirán por centímetro cúbico? (b) Sabiendo que  $\mu_n = 1400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , determinar la conductividad del silicio impuro. DATOS:  $d_{Si} = 2,33 \text{ g/cm}^3$ ;  $M = 28,1 \text{ g/mol}$   
SOL: a)  $n = 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ; b)  $\sigma = 11.2 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$

Datos

$$N_n = 10^{16} \text{ e}^-/\text{m}^3 \quad \mu_n = 0,14 \text{ m}^2/\text{Vs} \quad M_{Si} = 28,1 \text{ g}$$

$$10^6 \text{ atm Si} \rightarrow 1 \text{ atm As} \quad d_{Si} = 2,33 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3$$

a) Semiconductor tipo-n:  $n \gg p \rightarrow n \approx N_{As}$  → Porque cada As aporta un electrón.

$$N_{As} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ atm/mol} \cdot \frac{2,33 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3}{28,1 \text{ g/mol}} ; N_{As} = 4,99 \cdot 10^{26} \text{ atm Si/m}^3$$

$$4,99 \cdot 10^{26} \text{ atm Si/m}^3 \cdot \frac{1 \text{ atm As}}{10^6 \text{ atm Si}} ; N_{As} = 4,99 \cdot 10^{22} \text{ atom/m}^3$$

$$N_{As} \approx n = 4,99 \cdot 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^3$$

$$b) \sigma \approx \sigma_n = n \cdot \mu_n \cdot e^- ; \sigma = (4,99 \cdot 10^{16})(0,14)(1,6 \cdot 10^{-19}) ; \sigma = 1120 \text{ } (\Omega \text{ m})^{-1}$$

18. Calcular la resistividad del silicio en las circunstancias siguientes: (a) Silicio puro a 300 K; (b) a 300 K dopado con indio en una concentración de  $5 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ ; (c) Silicio intrínseco a 500 K; (d) a 500 K dopado con la misma concentración de átomos de indio del apartado b. DATOS:  $n_i(300K) = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ;  $n_i(500K) = 3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ ;  $\mu_n = 0,135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ;  $\mu_p = 0,05 \text{ m}^2/\text{Vs}$ .  
SOL: (a)  $\rho = 2252 \Omega\text{m}$ ; (b)  $\rho = 0,25 \Omega\text{m}$ ; (c)  $\rho = 0,091 \Omega\text{m}$ ; (d)  $\rho = 0,102 \Omega\text{m}$

$$a) \sigma = e^- \cdot n_i \cdot (\mu_p + \mu_n) ; \rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$\rho = ((1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (1,5 \cdot 10^{16}) \cdot (0,135 + 0,05))^{-1} ; \rho = 2252 \Omega \text{ m}$$

Datos

$$n_i(300K) = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3} \quad \mu_n = 0,135 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$n_i(500K) = 3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3} \quad \mu_p = 0,05 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

b) Semiconductor tipo-P:

$$N_{In} \approx \rho \rightarrow \rho = 5 \cdot 10^{20} \text{ A/m}^2$$

$$\sigma \approx \sigma_p = (e^- \cdot \rho \cdot \mu_p) ; \sigma = ((1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (5 \cdot 10^{20}) \cdot (0,05))^{-1} ; \rho = 0,25 \Omega \text{ m}$$

# Consigue Empleo o Prácticas

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



¿Quieres conocer todos los servicios?



WUOLAH