

- Analizando las E_{act} de la difusión de C en Fe BCC y Fe FCC, indique en cuál estructura el C difunde más fácilmente. Justifique su respuesta. Realice un análisis similar en la autodifusión del Fe en ambas estructuras.
- Una plancha de Pd de 5mm de espesor con 0,2 m² de área transversal se la utiliza como membrana de difusión estacionaria para purificar hidrógeno. Si la concentración de H₂ es de 0,3 kg/m³ y el coeficiente de difusión del hidrógeno en Pd es de 10⁻⁸ m²/s. a) Calcule a masa de hidrógeno purificada; b) Cuánto H₂ purificado por hora se obtendría, si la membrana tuviera 3 mm de espesor, considerando que el resto de las condiciones se mantienen constantes? **Rta: 1,73 g/h**

2) Pd = 5 mm.
A = 0,2 m²

$[H_2] = 0,3 \text{ kg/m}^3$
D = 10⁻⁸ m²/s
M_{H₂} =

$$J_x = -D \frac{\partial x}{\partial x} = -D \frac{(C_h - C_l)}{x_0}$$

$$= -1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \left[\frac{-1,5 \text{ kg/m}^3 - 0,3 \text{ kg/m}^3}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \right]$$

$$= 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2/\text{s} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ g/h} =$$

$$= \boxed{8,64 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2/\text{h}}$$

Masa total de H₂ purificado será el $J \cdot A$

$$m = J \cdot A = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2/\text{h} \cdot 0,2 \text{ m}^2 = \boxed{1,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/h}}$$

b) .
A = 0,3 m²

$$m = J \cdot A = 8,64 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2/\text{s} \cdot 0,3 \text{ m}^2$$

$$8,64 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2/\text{h} \cdot 0,2 =$$

$$1,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/h}$$

- Calcular las pérdidas de nitrógeno almacenado a T ambiente en el interior de una esfera de acero de 3 cm de espesor y 1 m de radio, en el instante en que la concentración en el interior es de 10²⁰ at/cm³ y en el exterior 10¹⁸ at/cm³, Qué porcentaje de éstas pérdidas se eliminaría almacenando N₂ a 0°C?. Datos: E_a= 18300 cal/mol; D₀= 0,0047 cm²/s; R₁,987 cal/mol.K. **Rta: 95,2% (397 at/cm².s)**

3)

$$Q = 18300 \text{ at/mol}$$

$$D_0 = 0,0047 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$R = 1,987 \text{ cal/molK}$$

$$e = 3 \text{ cm}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

$$C_{\text{int}} = 10^{20} \text{ at/cm}^3$$

$$C_{\text{ext}} = 10^{18} \text{ at/cm}^3$$

$$\textcircled{1} J = -D \frac{\partial C}{\partial x}$$

$$D_{27} = D_0 \cdot e^{\left(\frac{-Q}{RT}\right)} = 0,0047 \text{ cm}^2/\text{s} \cdot e^{\left(\frac{-18300}{1,987 \cdot 300}\right)}$$

$$D = 2,19 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\nabla C \rightarrow \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{(10^{18} - 10^{20}) \text{ at/cm}^3}{3 \text{ cm}} = -3,3 \cdot 10^{19} \frac{\text{at}}{\text{cm}^4}$$

subst. en ①

$$J = -D \cdot \frac{\partial C}{\partial x}$$

$$J = -2,19 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2/\text{s} \cdot (-3,3 \cdot 10^{19} \frac{\text{at}}{\text{cm}^4})$$

$$J = 72,27 \text{ at N/cm}^2 \Delta$$

Perdidos a través de la sup. externa \rightarrow

$$J \cdot A = 72,27 \text{ at/cm}^2 \cdot 4\pi (100 \text{ cm})^2$$

$$= 9,1 \cdot 10^8 \text{ at/s}$$

Si repito a $T = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$

$$D = D_0 e^{\frac{-Q}{RT}} = 1,05 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$J = -D \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = 1,05 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2/\text{s} \cdot (-3,3 \cdot 10^{19} \frac{\text{at}}{\text{cm}^4})$$

$$J = 347 \text{ at/cm}^2 \cdot \text{s}$$

Perdidos =

$$J \cdot A = 347 \text{ at/cm}^2 \cdot 4\pi (100 \text{ cm})^2$$

$$= 4,36 \cdot 10^7 \text{ at/s}$$

$$\text{El \% sería } \frac{(9,1 \cdot 10^8 - 4,36 \cdot 10^7) \text{ at/s}}{9,1 \cdot 10^8 \text{ at/s}} \cdot 100$$

$$\Rightarrow 95,2\% \text{ se reduce en esta}$$

- 4) La difusividad del Al en Cu es $2,6 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2/\text{s}$ a 500°C y $1,6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ a 1000°C . Determine:
a) los valores de D_0 y E b) La difusividad a 750°C . **Rta: a) $4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $Q = 3 \cdot 10^{-19} \text{ J/at}$ b) $2,36 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$**

④ Al → Cu 2) Calcular D_0 y Q

① $\left\{ \begin{array}{l} D_1 = 2,6 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2/\text{s} \\ t_1 = 500^\circ\text{C} \end{array} \right.$

② $\left\{ \begin{array}{l} D_2 = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} \\ t = 1000^\circ\text{C} \end{array} \right.$

(SE) $\left\{ \begin{array}{l} 2,6 \cdot 10^{-17} = D_0 e^{-\frac{E}{19,08 \cdot 10^{-24} \cdot 773}} \\ 1,6 \cdot 10^{-12} = D_0 e^{-\frac{E}{138 \cdot 10^{-24} \cdot 1273}} \end{array} \right.$ } Lu
m.s.m

$D_0 = 4,10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ $E = 9,3 \cdot 10^{-18} \text{ J/at}$

b) $D_{750} = D_0 \cdot e^{-\frac{Q}{RT}}$

$D_{750} = 2,36 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$

- 5) Se trata una aleación a 450°C con una concentración inicial uniforme de 0,25 wt% C. Si la concentración del C de la superficie se lleva y se mantiene a 1,2 wt%, ¿Cuánto tiempo se necesita para conseguir un contenido del 0,80 wt% a 0,5 mm de profundidad?. El coeficiente de difusión del carbono en el hierro a esta temperatura es de $1,6 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Se supone que la muestra es semi infinita.

Para resolver Aplicar 2da ley de Fick

- 6) La superficie del acero se puede endurecer mediante la carburación. Durante el tratamiento térmico a 1000°C , hay una caída de concentración del 5 al 4% (atómico) a una distancia entre 1 y 2 mm de la superficie del acero. Estime el Flujo de átomos de C en el acero en esa zona a la superficie. La densidad de Fe gamma a 1000°C es $7,63 \text{ g/cm}^3$. Considere que no hay acumulación. **Rta: $2,45 \cdot 10^{19} \text{ at/ m}^2 \cdot \text{s}$**

$$\frac{\partial C}{\partial x} \approx \frac{\Delta C}{\Delta x} = \frac{(5-4)\%}{1\text{mm}-2\text{mm}} = -1\%/mm$$

1) Cálculo $C_{Fe} \Rightarrow$

$$\rho = \frac{7,63 \text{ g/cm}^3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ at}}{55,85 \text{ g}} = 8,23 \cdot 10^{22} \text{ at/cm}^3$$

$$\frac{\Delta C}{\Delta x} = -0,01 \left(\frac{8,23 \cdot 10^{22} \text{ at}}{\text{cm}^3} \right) \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^3 \text{ mm}}{\text{m}}$$

$$\frac{\Delta C}{\Delta x} = -8,23 \cdot 10^{29} \text{ at/m}^4$$

\rightarrow tabla $D_{\text{CFe}} = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}} = 20 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot e^{-\frac{142,10^3 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/molK} \cdot 1273 \text{ K}}}$

$$D = 2,98 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$J_x = -D \frac{\partial C}{\partial x} \approx -D \frac{\Delta C}{\Delta x} = -2,98 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot (-8,23 \cdot 10^{29} \text{ at/m}^4) \Rightarrow 2,45 \cdot 10^{19} \text{ at/m}^2/\text{s}$$

- 7) Para la carburación de un acero se utiliza un medio carbonoso para poder mantener el contenido de C en la superficie igual a 1 wt%. El contenido inicial de C en el acero es de 0,2 wt%. Calcule el tiempo necesario para mantener el acero a 1000°C de modo que el contenido de C del acero sea de 0,5 wt%, a una profundidad de 1 mm. **Rta: a)**

Ⓣ

Ver Regla de Home
Rothery

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 0,5 = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$$\text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = 1 - 0,5 = 0,5$$

Interpob.

$$\frac{0,5 - 0,4755}{0,5205 - 0,4755} = \frac{z - 0,45}{0,5 - 0,45}$$

$$t = \frac{x^2}{4(0,4772)^2 D}$$

$$\text{Si } D = 2,98 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$t = \frac{(10^{-3} \text{ m})^2}{4(0,4772)^2 \cdot 2,98 \cdot 10^{-11}} = 3,68 \cdot 10^4 \text{ s} = \boxed{10,2 \text{ h}}$$

- 8) Considerando que $D_{\text{borde de grano}} = 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$; a) Calcule la penetración de un material B en A a través del borde de grano en un tiempo de 1 h, definida como la distancia x a la cual $C_x = 0,01C_s$, en donde la concentración inicial es cero para A puro. b) Calcule la penetración dentro del volumen del grano, para el cual $D_{\text{vol}} = 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$. **Rta: a) 2,2 mm b) 21,9 μm .**

$$\textcircled{B} D_B = 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{let } x \rightarrow \frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = \frac{0,01C_s}{C_s} = 0,01$$

$$\text{erf}(z) = 1 - 0,01 = 0,99$$

Interpds

$$\frac{0,9928 - 0,99}{0,9928 - 0,9891} = \frac{1,9 - z}{1,80 - 1,80}$$

$$z = 1,824 = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \Rightarrow$$

$$x = 2,19 \text{ mm} = \boxed{21,9 \mu\text{m}}$$

- 9) Una solución de Cu en Al tiene $10^{26} \text{ at}/\text{cm}^3$ en el punto "x" y $10^{24} \text{ at}/\text{cm}^3$ en el punto "y". Los puntos están separados a $10 \mu\text{m}$. Calcule el flujo de átomos de "x" a 500°C . Datos: $k=13,8 \cdot 10^{-24} \text{ J}/(\text{at}\cdot\text{K})$; $D_0 = 0,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$; $E = 0,21 \cdot 10^{-18} \text{ J}/\text{at}$. **Rta: $4,19 \cdot 10^{18} \text{ at}/\text{m}^2\cdot\text{s}$**

$$\textcircled{9} C = 10^{26} \text{ at}/\mu^3 \quad C = 10^{24} \text{ at}/\mu^3$$

$$k = 13,8 \cdot 10^{-24} \text{ J}/\text{at}\cdot\text{K}; \quad D_0 = 0,15 \cdot 10^{-4} \frac{\mu^2}{\text{s}} \quad E = 0,21 \cdot 10^{-18} \frac{\text{J}}{\text{at}}$$

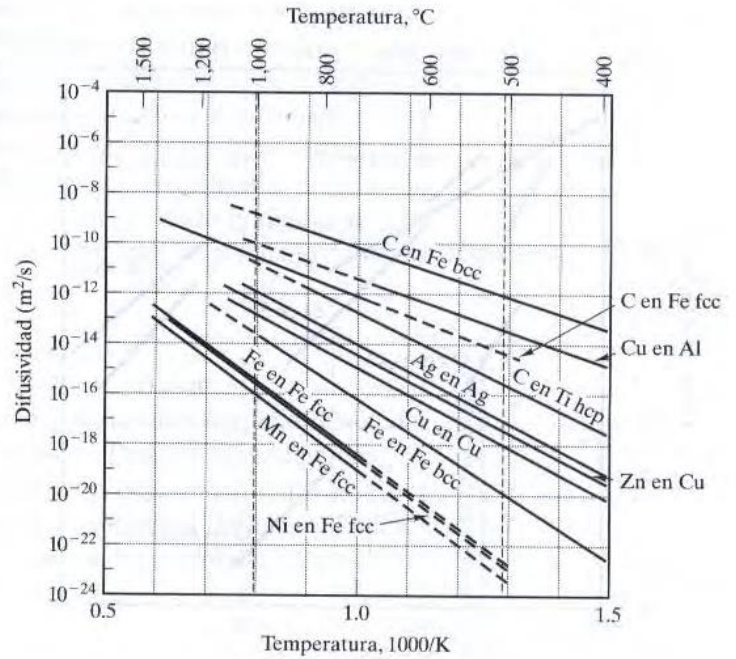
$$D = D_0 \cdot e\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \rightarrow D = 4,23 \cdot 10^{-14} \frac{\mu^2}{\text{s}}$$

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{(10^{24} - 10^{26}) \text{ at}/\mu^3}{10 \cdot 10^{-6} \mu\text{m}} = -9,9 \cdot 10^{31} \text{ at}/\mu^4$$

$$J = -4,23 \cdot 10^{-14} \frac{\mu^2}{\text{s}} \cdot 9,9 \cdot 10^{31} \text{ at}/\mu^4 = \boxed{4,19 \cdot 10^{18} \text{ at}/\mu^2\cdot\text{s}}$$

La función error.

z	$\text{erf}(z)$	z	$\text{erf}(z)$
0.00	0.0000	0.70	0.6788
0.01	0.0113	0.75	0.7112
0.02	0.0226	0.80	0.7421
0.03	0.0338	0.85	0.7707
0.04	0.0451	0.90	0.7969
0.05	0.0564	0.95	0.8209
0.10	0.1125	1.00	0.8427
0.15	0.1680	1.10	0.8802
0.20	0.2227	1.20	0.9103
0.25	0.2763	1.30	0.9340
0.30	0.3286	1.40	0.9523
0.35	0.3794	1.50	0.9661
0.40	0.4284	1.60	0.9763
0.45	0.4755	1.70	0.9838
0.50	0.5205	1.80	0.9891
0.55	0.5633	1.90	0.9928
0.60	0.6039	2.00	0.9953
0.65	0.6420		



Datos de difusividad para varios sistemas no metálicos:

Soluto	Disolvente	$D_0(\text{m}^2/\text{s})$	$Q(\text{kJ/mol})$	$Q(\text{kcal/mol})$
Al	Al_2O_3	2.8×10^{-3}	477	114.0
O	Al_2O_3	0.19	477	152.0
Mg	MgO	24.9×10^{-6}	330	79.0
O	MgO	4.3×10^{-9}	344	82.1
Ni	MgO	1.8×10^{-9}	202	48.3
Si	Si	0.18	460	110.0
Ge	Ge	1.08×10^{-3}	291	69.6
B	Ge	1.1×10^3	439	105.0

Datos de difusividad para varios sistemas metálicos

Soluto	Disolvente	$D_0(\text{m}^2/\text{s})$	$Q(\text{kJ/mol})$	$Q(\text{kcal/mol})$
Carbono	Hierro fcc	20×10^{-6}	142	34.0
Carbono	Hierro bcc	220×10^{-6}	122	29.3
Hierro	Hierro fcc	22×10^{-6}	268	64.0
Hierro	Hierro bcc	200×10^{-6}	240	57.5
Níquel	Hierro fcc	77×10^{-6}	280	67.0
Manganeso	Hierro fcc	35×10^{-6}	191	67.5
Cinc	Cobre	34×10^{-6}	191	45.6
Cobre	Aluminio	15×10^{-6}	126	30.2
Cobre	Cobre	20×10^{-6}	197	47.1
Plata	Plata	40×10^{-6}	184	44.1
Carbono	Titanio hcp	511×10^{-6}	182	43.5