

Problema 1

En la tabla adjunta se informa el valor de varias propiedades (E_v , E^* y T_F) de distintos cristales de elementos metálicos puros (Al, Cu, Au, Ni, Fe y Mo). Se pide:

- Elaborar un gráfico ($E_v + E^*$) [eV] versus T_F [K].
- Ajustar al gráfico anterior una curva simple y aproximada, y después describir la forma (geometría) de esa curva.
- Sobre la base de argumentos físicos, justificar la forma de la curva obtenida. ¿Por qué $(E_v + E^*) / T_F$ [K] es aproximadamente una constante para muchos metales?
- Discutir el efecto de este comportamiento observado cuando se calcula, por ejemplo, el $R_a(T)$ de diferentes metales. Considere que valores típicos de (NC^*v) están entre 10^{13} y 10^{14} [s^{-1}], y el concepto de temperatura homóloga.

	Al	Cu	Au	Ni	Fe	Mo
T_F [°C]	660	1083	1063	1453	1536	2610
E_v [eV]	0,67	1,25	0,96	1,8	1,5	3,12
E^* [eV]	0,62	0,72	0,83	1,04	1,2	1,45

Problema 2.

Considere cristales de Pb y de Cu, así como los datos de la tabla adjunta.

Metal	Estructura cristalina	T_f [°C]	v [oscilaciones/s]	$(E_v + E^*)$ [eV]	E_v [eV]
Pb	CCC	327	$0,39 \cdot 10^{13}$	1,1	0,45
Cu	CCC	1083	$1,77 \cdot 10^{13}$	1,97	0,82

$$k = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ [eV/K]}$$

Para las siguientes temperaturas homólogas, $\theta = 0,1; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9;$ y $0,99$, calcule, para cada cristal: Cv^* y R_a . Presente sus resultados en una tabla.

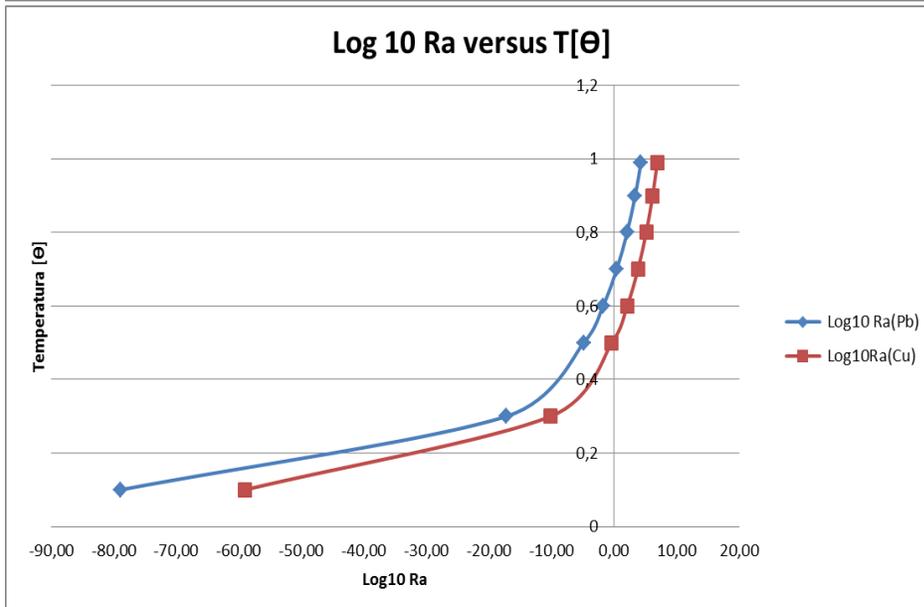
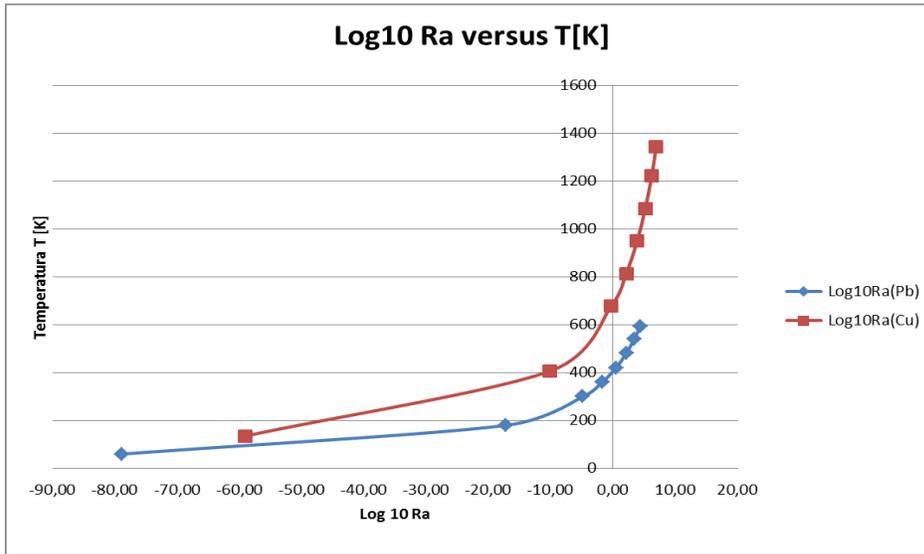
En seguida, empleando los datos de la tabla, presente las siguientes cuatro figuras, siempre con T o θ en el eje vertical:

- $\log_{10} Cv^*$ versus T [K], para el Cu y el Pb. Estos es, dos curvas por gráfico.
- $\log_{10} Cv^*$ versus θ , para el Cu y el Pb. Estos es, dos curvas por gráfico.

- 3) $\text{Log}_{10}Ra$ versus $T[K]$, para el Cu y el Pb. Estos es, dos curvas por gráfico.
- 4) $\text{Log}_{10}Ra$ versus Θ , para el Cu y el Pb. Estos es, dos curvas por gráfico.

¿Cuál es la ventaja de emplear la variable Θ en lugar de $T[K]$?

¿Cuál es la justificación física de este ventajoso cambio de variable?



Problema 3.

Considere cristales de Pb y de Cu, así como las siguientes aproximaciones simplificadoras:

- i) $(E_v + E^*) [eV] \approx (1/600) [eV/K] * T_f [K]$.
 - ii) Un valor típico de frecuencia de vibración atómica en un cristal de $\nu = 10^{13} [s^{-1}]$.
- a) Considerando los dos anteriores supuestos, deduzca una expresión general para Ra [saltos de un átomo promedio por segundo], en principio válida para muchos metales.

- b) Empleando dicha ecuación, calcule $Ra^{Cu}(\theta= 0,5)$ y $Ra^{Cu}(\theta= 0,99)$, así como $Ra^{Pb}(\theta= 0,5)$ y $Ra^{Pb}(\theta= 0,99)$.
- c) Compare los resultados de b con los correspondientes resultados obtenidos en el problema 2.

Problema 4

Se tienen dos metales puros en íntimo contacto. Estos metales son calentados rápidamente hasta una temperatura alta y constante; alcanzada esa temperatura, se lleva un registro del tiempo y se hacen observaciones al microscopio en función del tiempo.

Se estudia, en función de la temperatura, el tiempo τ en que se detecta una primera y misma evidencia de difusión en la interfase de la unión de dos metales. El tiempo τ en que se detecta tal misma evidencia se puede considerar como inversamente proporcional a un parámetro que caracteriza a la velocidad de difusión. Además, se sabe que, en este caso, la difusión es controlada por movimiento de vacancias, dentro del rango de temperatura de interés.

Hecha las experiencias, se obtuvo los siguientes datos experimentales, para el tiempo τ en que se detecta esa primera misma evidencia de la transformación a cada temperatura considerada:

Temperatura, T[°C] :	-100	327	427	527	727
Tiempo, τ	No se detectó evolución	77min, 50s	13,8s	0,316s	1ms

Se pide calcular, **POR UN MÉTODO GRÁFICO** (ver texto Smith), la energía de activación asociada a este proceso; por lo demás, esta última es igual a la suma de la energía molar de formación y de la energía molar de migración de vacancias. (El que la energía total calculada sea molar o por átomo depende de si usa R o k respectivamente, en el exponente de la ecuación pertinente). Se debe entregar el gráfico.

Para resolver este problema resulta útil trabajar en un plano “x vs y” dónde, si se cumplen las hipótesis y se usan las variables adecuadas, los datos elaborados deberían ajustarse a una recta.

Problema 5

La conductividad eléctrica de un metal es muy sensible a los defectos de la red cristalina (bordes grano, dislocaciones, impurezas, etc).

Experiencias de resistividad eléctrica en un alambre de Au puro, indican que la concentración de vacancias al equilibrio decrece dos órdenes de magnitud (100 veces) cuando la temperatura es reducida de 900 a 523° C. Suponga que se han tomado precauciones para que los únicos defectos cuya cantidad varía en esta experiencia son las vacancias.

Se pide:

- Calcular el cambio de energía interna (o entalpía) asociado a la formación de una (1) vacancia en el Au, en eV.
- Determinar la concentración de vacancias al equilibrio a una temperatura algo por debajo de la temperatura de fusión del Au ($T_f = 1063$ °C).
- Después de calentar hasta algo por debajo de T_f , el material es enfriado hasta la temperatura ambiente. Discuta brevemente la concentración de vacancias que se tendrán a temperatura ambiente después de enfriar: a) rápido y b) lento.

Datos:

$$k = 8.63 \cdot 10^{-5} \text{ eV/}^\circ\text{K}$$

$$N_o = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ partículas/mol}$$

$$R = 2 \text{ cal/(mol K)}$$

Problema 7.

¿Por qué en un cristal al equilibrio químico, a P y T constante, la concentración de vacancias debe aumentar con la temperatura? ¿Por qué en un cristal a baja temperatura, la concentración de vacancias es mayor que la del valor del equilibrio?

Problema 8

En la industria metalúrgica los tratamientos termomecánicos (laminación en caliente, por ejemplo) y los tratamientos térmicos de productos (barras, planchas, etc.) de Cu y sus aleaciones se hacen a temperaturas próximas a los 800 °C. Se pide:

- Calcular el número de saltos por segundo que en promedio da un átomo cuando el cristal está a $T_1 = 20^\circ\text{C}$ y $T_2 = 800^\circ\text{C}$. Discuta sus resultados.
- Ahora Ud debe definir la temperatura de tratamiento térmico de un acero, una aleación basada en Fe. Por analogía con el Cu, ¿qué temperatura de tratamiento propondría? Fundamente teóricamente su respuesta.

Problema 9

Considere los siguientes datos:

$$E_v = 1,25 \text{ [eV]} \text{ y } T_F = 1.083 \text{ [}^\circ\text{C]}, \text{ para el cobre.}$$

$$E_v = 0,67 \text{ [eV]} \text{ y } T_F = 660 \text{ [}^\circ\text{C]}, \text{ para el aluminio.}$$

$$E_v = 0,51 \text{ [eV]} \text{ y } T_F = 232 \text{ [}^\circ\text{C]}, \text{ para el estaño.}$$

$$k = 86,1 \cdot 10^{-6} \text{ [eV/K]}$$

Se pide:

- Representar en un mismo plano “ $\log_{10} C_v^*$ vs $T[\text{K}]$ ”, los resultados que tengan sentido físico para cada uno de los tres materiales. (Tres curvas). Represente $T[\text{K}]$ en el eje de ordenadas.
- Representar en un mismo plano “ $\log_{10} C_v^*$ vs $T[\text{K}]/T_F[\text{K}]$ ”, distinto del plano anterior, los resultados que tengan sentido físico para cada uno de los tres materiales. (Tres curvas). Represente $T[\text{K}]/T_F[\text{K}]$ en el eje de ordenadas.
- Discutir sus resultados en la perspectiva de argumentos físicos. ¿Por qué es razonable lo que se observa al reemplazar la variable $T[\text{K}]$ por la variable $T[\text{K}]/T_F[\text{K}]$? ¿Cuál es el interés de este cambio de variable?