



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

DEPTO. DE ING. MECÁNICA.

PROBLEMARIO “CIENCIA DE MATERIALES I”



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

APUNTE 136

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



605291

G.- 605291

PROBLEMARIO "CIENCIA DE MATERIALES I"



FACULTAD DE INGENIERIA

TEMA

PROBLEMAS

FECHA DE ENTREGA

1. Estructura del átomo.

2. Atracciones interatómicas.

3. Coordinación atómica.

4. Difracción de rayos X

5. Termodinámica.

6. Soluciones Sólidas.

7. Imperfecciones Cristalinas.

8. Difusión.

9. Diagramas de equilibrio.

10. Diagramas de equilibrio.

G- 605291

Hoja 136
Fig. 6

F. 6

TAREA No. 1

ESTRUCTURA DEL ATOMO

605291

- 1.1 a) ¿Cuál es el peso de un átomo de cromo?. P.A. = 52.01, CCuC.
b) Si la densidad del cromo es de 7.21 g/cm^3 ¿cuántos átomos hay por cm^3 ?
- 1.2 ¿Qué volumen forma un grano de metal conteniendo 5×10^{25} átomos de plata?.
Densidad = 10.51 g/cm^3 P.A. = 107.88.
- 1.3 ¿Cuántos magnetones de Bohr contiene un átomo de Fe?. ¿Cuántos un ión Fe^{2+} y un Fe^{3+} ?
- 1.4 Dar la configuración electrónica del Mo (N.A. = 42), Hg (N.A. = 80), Ba (N.A. = 56), W (N.A. = 74).
- 1.5 a) ¿Cuál es el peso de un átomo de Cu?. P.A. = 29.
b) Si la densidad del Cu es de 8.99 g/cm^3 , cuántos átomos hay por m^3 ?
- 1.6 Se estima que para llevar a cabo una aleación de Ni-Fe se requiere de 20% en número de átomos de Ni; si tenemos 0.5 m^3 de Fe ¿Qué volumen de níquel se tendrá que agregar en m^3 ?
- | | | | | |
|------|------------|---|-----------------|----------------------------|
| P.A. | Fe - 55.85 | } | <i>densidad</i> | Fe - 7.87 g/cm^3 |
| | Ni - 58.69 | | | Ni - 8.93 g/cm^3 |
- 1.7 Dar el número de electrones de los siguientes iones Ti^{4+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Zr^{4+} , Sb^{5+} , Ca^{2+}
- 1.8 ¿Cuántos electrones tiene en el nivel cuántico superior "0" el Cs?, demuestre su respuesta.
- 1.9 ¿Cuál es el número total de electrones para el número cuántico principal $n = 3$?. ¿Cuántos electrones de niveles diferentes de energía existen para $n = 4$ y $l = 3$?. Demuestre y explique su respuesta.
- 1.10 ¿A qué elemento corresponde una configuración electrónica que recién llega a completar el nivel cuántico superior $n = 4$?. Escriba su configuración.

. . . 2

- 1.11 ¿Se ionizan 2 g de Cr a 3^+ . ¿Cuál es el amperaje necesario para efectuar esto en una hora?.
- 1.12 Se induce un dipolo eléctrico de $1.43 \times 10^{-36} \text{ Coul.-cm}$ en cada átomo de argón cuando se coloca en un campo eléctrico de 100 volt/cm ¿Cuál es la polarización (Coul. cm/cm^3) cuando se comprime el argón a 100 atm a 0°C dentro del campo eléctrico?. Utilice la fórmula de los gases ideales $PV = nRT$, $R = 82.06 \text{ cm}^3 \text{ atm/mol}$

TAREA No. 2

ATRACCIONES INTERATOMICAS

- 2.1 Un ión bivalente y un ión trivalente opuestamente cargados, tienen una distancia de equilibrio $a = 1.82 \text{ \AA}$. Suponiendo que la n de la ecuación valga 7.
- $$E = Z_1 Z_2 \frac{q^2}{a} + \frac{h}{a^n}$$
- ¿qué energía se requiere para separar los iones?.
- 2.2 Si la energía para separar 2 iones bivalentes es de $E = -4.1776 \times 10^{-11}$ y $b = 1.15 \times 10^{-73}$ ¿Cuál será la distancia de equilibrio entre estos iones?. $n = 8$.
- 2.3 ¿Cuál será la fuerza de atracción para KCl donde los diámetros K^+ y Cl^- son 4.62 y 3.62 \AA respectivamente?.
- 2.4 ¿Cuál será el radio atómico del Li si la FA = 2.1×10^{-4} dinas para LiCl si el diámetro del átomo de Cl es de 1.81 \AA ?
- 2.5 La distancia de equilibrio entre los iones Mg^{2+} y O^{2-} en el MgO es de 2.1 \AA a) ¿Cuál es la fuerza de atracción entre un ión Mg^{2+} y O^{2-} vecino a esta distancia de equilibrio (Nota: para simplificar unidades resuelva para dinas = $\frac{\text{Erg}}{\text{cm}}$ usando los valores apropiados para la carga de un electrón) así también diga cuál es la fuerza de repulsión a esta distancia de equilibrio.

. . . 3

- b) Establezca los valores comparativos del NaCl donde el radio del Na^+ y Cl^- son de 0.98 Å y 1.81 Å respectivamente.
- c) ¿A qué se debe la diferencia de valores entre a) y b)? Explique.
- 2.6 Si el exponente de repulsión n es igual a 9, ¿cuál es la energía de enlace entre un ión Ca^{2+} y uno de sus vecinos O^{2-} en el CaO ? si sus diámetros atómicos son de 2.12 y 2.64 respectivamente.
- 2.7 ¿Cuál es la fuerza de atracción para H^+ , Cl^- donde el radio del Cl^- es de 1.81 Å y el del hidrógeno es muy pequeño? Según Coulomb.
- 2.8 La energía de enlace de C - Cl es de 81 K cal/gm mol y 90 K cal/gm mol para el C - H en el triclorometano
- $$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{H} - \text{C} - \text{Cl} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$$
- ¿Cuál es la energía para volatizar 1 g de triclorometano?
- 2.9 ¿Cuál es el radio del catión más pequeño que pueda tener:
- Número de coordinación cuatro para F^-
 - Un número de coordinación de 6.
- 2.10 Tomando en cuenta que la energía es la integración de fuerza/distancia:
- Grafique la energía coulombica cedida contra distancia, cuando un ión O^{2-} es traído desde el infinito hasta 2.59 Å de un ión Sr^{2+} ($\epsilon = 0$, suponga que $n = 8$).
 - Dé una figura representando la fuerza de atracción coulombica en función de la distancia interatómica.
- 2.11 Calcule la distancia de equilibrio $r = f(B)$ para $E = Z^2 \frac{q^2}{r} + \frac{B}{r^n}$ ($n = 8$) iones trivalentes opuestamente cargados.
- 2.12 Calcule la energía necesaria para la creación de una mol de iones de Cu^{2+} ($E_{\text{ión}} = 7.7 \text{ ev}$).

TAREA # 3

COORDINACION ATOMICA

- 3.1 El Cr es CCuC y tiene una densidad de 7.19 g/cm³. Calcular las dimensiones de la celda unitaria y la menor distancia interatómica.
- 3.2 ¿Cuál es el radio del catión más pequeño que puede obtener un Cu^+
- N.C. = 4
 - y un N.C. = 12
- radio iónico $\text{Cu}^+ = 0.56 \text{ Å}$
- 3.3 Demostrar que la razón de los radios iónicos $\frac{r}{R}$ es
- 0.414 para N.C. = 6
 - lo mismo para $\frac{r}{R} = 0.732$ para N.C. = 8.
- 3.4 El Niquel tiene una estructura CCaC y su radio atómico es de 0.78 Å ¿Cuál es el volumen de una celda unitaria y cuál su densidad teórica? P.A. = 58.71.
- 3.5 El Molibdeno tiene una estructura CCuC y su diámetro atómico es de 1.36 Å. ¿Cuál es el volumen de su celda unitaria y cuál es su densidad teórica? P.A. = 95.94.
- 3.6 Las densidades de Vanadio 3^+ , Molibdeno y Titanio son 6.0 g/cm³, 10.2 g/cm³, 4.54 g/cm³ a partir de estos datos calcule las masas atómicas de esos elementos.
- | | | |
|-----------------|------|----------------------|
| V^{3+} | CCaC | a = 3.039 Å |
| Mo | CCuC | a = 3.1468 Å |
| Ti | H.C. | a = 2.9503 c = 4.683 |
- 3.7 Muestre en una forma tabular la relación entre radio atómico y las dimensiones para la celda unitaria para cúbico a caras centradas, cúbico cuerpo centrado y cúbico simple.

Lado de la celda unitaria
diagonal de la cara
diagonal del cuerpo

CCaC	CCuC	CS
------	------	----

3.8 Verifique que $\frac{\pi}{3\sqrt{2}}$ del volumen disponible es ocupado por esferas duras en contacto con un arreglo CCaC.

3.9 ¿Cuántos gramos tiene una celda unitaria de los siguientes elementos?:

Au	CCaC	$r = 1.37 \text{ \AA}$	P.A. = 197
W	CCuC	$r = 0.68 \text{ \AA}$	P.A. = 183.86

3.10 Encuentre el parámetro de la red

Au	CCaC	$r_a = 1.37 \text{ \AA}$
Rb	CCaC	$r_a = 1.49 \text{ \AA}$

3.11 Qué volumen ocupan 10^{13} celdas unitarias de calcio (CCaC) $r_a = 1.06 \text{ \AA}$
P.A. = 40.08.

3.12 ¿Cuál es el peso teórico de 2 dm^3 de K (CCaC) si $r_a = 1.33 \text{ \AA}$ y P.A. = 39.10

TAREA No. 4 : DIFRACCION DE RAYOS X

4.1 El plano $\langle 111 \rangle$ de un cristal de cobre, al paso de un haz de rayos X. Muestra una inclinación de $22^\circ 24'$. Calcular la longitud de onda que produciría una reflexión de primer orden $a = 3.61 \text{ \AA}$.

4.2 Un rayo blanco de rayos X que posee una longitud de onda mínima de 1 \AA , produce un ángulo de 40° con un cristal, el cual se supone está orientado en forma paralela a la serie del plano (200), con espacio de 1.2 \AA . Calcular cuántas longitudes de onda diferentes pueden ser reflejadas por este plano, Sin interferencia.

4.3 Calcular los ángulos de Bragg para un cristal cúbico a caras centradas, y que posea una constante reticular $a = 4 \text{ \AA}$ y para el cual se use un haz de rayos X de $\lambda = 2 \text{ \AA}$ para la reflexión en los siguientes planos: (111) (200) y (220).

. . . 6

4.4 Un rayo de electrones que se desprende con un potencial de 200 V incide con una muestra de hierro α pulverizado (tipo CCaC) que posee una constante reticular $a = 2.8664 \text{ \AA}$. Los planos de reflexión permitidos son (110), (200), (211), (200) y (310). Calcular los tres ángulos menores a los cuales se produce la reflexión de Bragg.

4.5 Las siguientes mediciones de los ángulos de Bragg se han obtenido a partir de una muestra pulverizada de NaCl: $19^\circ 48'$, $41^\circ 50'$, y $70^\circ 57'$. Si la constante reticular es $a = 5.64 \text{ \AA}$. Calcular la distancia entre los planos de iones e identificar el plano permitido para una reflexión de primer orden. Suponer que la longitud de onda de la radiación incidente es 1.54 \AA .

4.6 Un cristal de KCl es expuesto al análisis de difracción por Rayos X. Con una longitud de onda de 1.54 \AA . Los ángulos de reflexión observados de este cristal son $14^\circ 11'$, $29^\circ 21'$ y $47^\circ 18'$. ¿Cuál será la distancia entre planos si $a = 6.293 \text{ \AA}$?

4.7 Cuáles son los valores de 2θ para las tres primeras líneas de difracción del hierro CCuC cuando la longitud de onda del rayo X es de 0.58 \AA ?

4.8 Un estudio por difracción de rayos X mostró la figura que se muestra a continuación.

Los rayos X tenían una longitud de onda de 1.54 \AA .

- Determine el parámetro a de la celda del tungsteno.
- Determine la distancia interatómica.

. . . 7

- 4.9 Un análisis de difracción de rayos X que tiene una longitud de onda de 0.58 Å. Se observa una reflexión a un ángulo de 6.45° ¿Cuál es el espacio interplanar?.
- 4.10 El Niquel tiene una estructura cristalina CCaC con $a = 3.5238 \text{ \AA}$. Calcular el ángulo de θ de difracción para (112) con rayos X de $\lambda = 0.85 \text{ \AA}$ y para un haz de electrones de 100.000 eV.
- 4.11 ¿Cuáles son los valores de 2θ para las tres primeras líneas de difracción para Cromo CCaC, cuando la longitud de onda de haz de rayos X es de 0.75 Å?
 $r_a = 1.249 \text{ \AA}$
- 4.12 A partir de mediciones con rayos X se conocen los primeros picos de bajo orden de difracción: $\sin 2\theta = 0.135, 0.18, 0.36, 0.49, 0.54, 0.72, 0.85, 0.90$.
- a) A qué tipo de estructura pertenece la probeta ?
 b) ¿Cuál es el parámetro de la red?
- Si sabemos que se utilizó el método de Debye-Scherrer y rayos X de longitud de onda $\lambda = 1.541 \text{ \AA}$ ¿Cuál es el metal?.
- 4.13 En un hallazgo en el planeta Marte se descubre una sustancia cristalina, cuya apariencia morfológica indica que es de estructura cúbica. Se efectúa una difracción por rayos X con $\lambda = 1.35 \text{ \AA}$ encontrando los ángulos siguientes 5.04°, 5.83°, 8.25°, 8.76° y 9.65°. ¿Cuál es su radio atómico?.
- 4.14 Idem al anterior pero $\theta = 12.74^\circ, 14.76^\circ, 21.15^\circ, 22.42^\circ, 24.55^\circ$.

TAREA No. 5
 TERMODINAMICA

- 5.1 El punto de fusión del hierro es de 1535°C a 1 atm. ¿Cuál será su punto de fusión a 10^3 atm ?
 $\Delta H_f = 3630 \text{ cal/mol}$ $\Delta V = 3.5 \text{ por } 100$
- 5.2 Calcular los cambios en la entropía ΔS durante la transformación polimórfica del titanio HCP \rightarrow BCC la cual se presenta a la temperatura de transición $T = 1155^\circ\text{K}$, y al calor de transición de 950 cal/mol.

. . . 8

- 5.3 La capacidad calorífica a volumen constante c_v de la hematita Fe_2O_3 (c) entre 298°K y 950°K es

$$C_V = (23.45 + 18.6 \times 10^{-3}T - 3.55 \times 10^{-5} / T^2) \frac{\text{CAL}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Como los cambios de volumen en un sólido son usualmente pequeños, la capacidad calorífica a presión constante c_p es esencialmente idéntica a c_v . ¿Qué cambio ocurre en la entalpía cuando la temperatura de 8 Kg de hematita se reduce de 235 a 50°C.

- 5.4 Calcular la variación ΔH y ΔS para el calentamiento de 2 Kg. de Cromo de 400 a 2500°C con los datos:

$$c_p (\text{Cr sólido}) = (5.84 + 2.36 \times 10^{-3} T - 0.88 \times 10^{-5} / T^2) \frac{\text{CAL}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$c_p (\text{Cr líquido}) = 9.4 \frac{\text{CAL}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$\text{calor latente} = 4600 \frac{\text{CAL}}{\text{mol}} \quad T_F = 1890^\circ\text{C}$$

- 5.5 Compare el número de átomos de Xe con energía mayor a 10^{-20} J a 0°C y 300°C (la energía promedio es $3/2 \text{ KT}$).
- 5.6 Se mezclan 3 cm^3 de Neón ($c_p = 1 \text{ ATM}$, $T = 0^\circ\text{C}$) con 5 cm^3 de Kriptón ($c_p = 1 \text{ ATM}$, $T = 0^\circ\text{C}$) a la temperatura de 0°C y la presión de 1 atmósfera, determinar AG para el proceso de mezcla (en calorías)
- 5.7 ¿Cuáles son los valores de ΔG^* y ΔG cuando una bola de 3 lbs. descansando en un valle a 150 ft sobre el nivel del mar es llevada rodando hasta el pico de una colina a 250 ft sobre el nivel del mar y después se le permite que ruede libremente hasta un valle a 10 ft sobre el nivel del mar. Explique su respuesta en calorías (energía de activación).
- 5.8 Como el problema 5.6 pero se mezclan 4 cm^3 de He con 7 cm^3 de Rn, con las mismas condiciones de T y P.
- 5.9 Como el problema 5.4 pero para 150 g de Fe enfriado de 2000°C a 1100°C con:

$$C_p (\text{Fe} - \gamma) = 1.84 + 4.66 \times 10^{-3} T \text{ cal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$C_p (\text{Fe} - \delta) = 10.5 \text{ cal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$C_p (\text{Fe líq}) = 10.0 \text{ cal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$T_F = 1535^\circ\text{C}$$

$$L_F = 65 \text{ cal/g}$$

$$T_{\gamma-\delta} = 1400^\circ\text{C}$$

$$L_{\gamma-\delta} = 280 \text{ cal/mol}$$

. . . 9

- 5.10 Como el problema 5.4 pero para 2 Kg de Ag enfriado de 1300°C a 600°C con

$$C_p (\text{Ag-sol}) = (5.09 + 2.04 \times 10^{-3} T + 0.36 \times 10^{-5} T^2) \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$C_p (\text{Ag - lfg}) = 7.30 \text{ cal/mol} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$T_F = 960^\circ\text{C}$$

$$L_F = 2690 \text{ cal/mol}$$

- 5.11 ¿Cuál es el cambio de entropía si una bola de 2 Kg. de Ag es enfriada de 750°C hasta 400°C?

$$C_p (\text{Ag}) = 5.09 + 2.04 \times 10^{-3} T + 0.36 \times 10^{-5} T^2) \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

605291

TAREA No. 6

SOLUCIONES SOLIDAS

- 6.1 Hay 10% atómico de Zn en una aleación Cu-Zn calcular el % en peso de Zn.
- 6.2 Si hay dos átomos de carbono por 25 celdas unitarias de Fe CCaC ¿Cuál es el porcentaje en peso de carbono?
- 6.3 Una solución sólida contiene 5% Cu y 95% Al. ¿Cuál es el porcentaje atómico del cobre?
- 6.4 ¿Cuál es el porcentaje atómico de Zinc en una aleación 70 Cu-20 Zn-10Pb?

. . . 10

- 6.5 Una aleación contiene 80% Ni y 20% Cu en una solución sólida sustitucional CCaC con $a = 3.54 \text{ \AA}$. Calcule la densidad de esta aleación.

- 6.6 ¿Cuál es el radio del átomo más grande que puede existir en Ag CCaC sin deformar la estructura?. $r_{\text{Ag}} = 1.444 \text{ \AA}$.

- 6.7 El análisis de una muestra de un hierro prácticamente puro demostró que contenía 0.1% de hidrógeno en los intersticios entre los átomos de hierro. ¿Cuántos átomos de hidrógeno existen por cada 1000 celdas unitarias?

- 6.8 Una aleación contiene 75% en peso de Ni y 25% de Cu en una solución sólida por sustitución Cu y Ni tienen CCaC, la constante de la red de la solución es $a = 3.54 \text{ \AA}$. Calcule la densidad de la aleación.

- 6.9 La solubilidad máxima de Sn en Cu es 3%. ¿Cuál es la cantidad de Sn en gramos que se pueda disolver en 500 g de Cu?

- 6.10 Una solución sólida contiene 30% de Cu en Ag. ¿Cuál es el porcentaje atómico de Cu?

- 6.11 Como problema 6.2 pero 3 átomos por 40 celdas unitarias.

- 6.12 Como 6.7 pero con 0.03% H.

TAREA No. 7

IMPERFECCIONES CRISTALINAS

- 7.1 Si la energía de activación para formar una vacancia en un metal es de 2.0 eV. A 800°C existe una vacancia por cada 10^4 átomos. ¿A qué temperatura habrá una vacancia por cada 1000 átomos?. ¿Cuál será la concentración de vacancias a 1000°C?
- 7.2 En el cobre a 1000°C, un lugar de cada 473 lugares estructurales está vacante. Si estas vacancias permanecen en el cobre cuando se enfría a 20°C ¿cuál será la densidad del cobre?

. . . 11

- 7.3 A 800°C 1 de cada 10¹⁰ átomos y a 900°C 1 de cada 10⁹ átomos tienen energía apropiada para movimientos dentro del sólido.
 a) ¿Cuál es la energía de activación en cal/mol?
 b) ¿A qué temperatura 1 de cada 10⁸ átomos tendrá la cantidad requerida de energía?.
- 7.4 El número de vacancias en los cristales aumenta a temperaturas más altas. Entre 20°C y 1020°C el parámetro de la estructura de un metal CCuC aumenta 0.5% por expansión térmica. En el mismo rango de temperatura la densidad disminuyó 2.0%. Considerando que a 20°C había una vacancia por 1000 celdas unitarias en este metal. Estime cuántas vacancias hay por cada 1000 celdas unitarias a 1020°C.
- 7.5 El Mo es CCuC con $a = 3.1468 \text{ \AA}$. Si la densidad de un monocristal de Mo es de 10.210 g/cm³ ¿Cuál será la fracción de lugares vacantes?.
- 7.6 Supóngase que una línea de deslizamiento sobre un cristal de magnesio *representa* un escalón perpendicular a la superficie de la probeta de 10⁻³ cm de profundidad, ocasionado por dislocaciones generadas por una fuente de dislocación simple. ¿Cuántas dislocaciones tendrán que desplazarse desde la fuente a la superficie para crear el escalón si $b = 3.2 \text{ \AA}$?
- 7.7 Calcular la energía por átomo de una dislocación helicoidal de Cobre
 $E = 16 \times 10^6 \text{ psi}$; $\nu = 1/3$; $b = 2.5 \text{ \AA}$; $R_1 = 0.5 \text{ cm}$. (tamaño del grano);
 $R_0 = 9 \text{ \AA}$ (inicio de la zona elástica).
- $$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$
- 7.8 Idem al anterior pero plata $E = 11 \times 10^6 \text{ psi}$; $\nu = 1/3$; $b = 2.8 \text{ \AA}$; $R_1 = 0.3 \text{ cm}$. (tamaño del grano); $R_0 = 8 \text{ \AA}$ (inicio de la zona elástica).
- 7.9 Comparen entre sí las energías de las dislocaciones de borde b_{101} , b_{001} , b_{111} en el Cromo (CCuC) $r_{cr} = 1.249 \text{ \AA}$.
- 7.10 Como problema 7.9 pero para Ag (CCaC) $r_{Ag} = 1.444 \text{ \AA}$.

- 7.11 La energía para formar una vacancia de Cu es de 0.87 eV. Calcular la concentración de vacancias a 900°C. Si el Cu se temple de esa temperatura a 25°C. ¿Cuál sería su densidad?.
- 7.12 Calcular el número de equilibrio de los lugares vacantes a 600°C (ver problema 7.11 para Ev).

TAREA No. 8

DTFUSION

- 8.1 Los datos siguientes se obtuvieron para la difusión de Ga en Si

temp °C	D cm ² /seg
1394	10 ⁻¹⁰
1265	1.43 x 10 ⁻¹¹
1156	2.03 x 10 ⁻¹²
1060	2.88 x 10 ⁻¹³
977	4.12 x 10 ⁻¹⁴

- a) Obtener gráficamente Q y D₀.
 b) Calcular el coeficiente de difusión a 1200°C.
 c) Obtener gráficamente D para 1300°C.
- 8.2 Una solución sólida de Ag en Au tiene 10¹⁸ átomos de Ag por cm³ en el punto X y 10¹⁶ átomos de Ag por cm³ en el punto Y. Los puntos X e Y están separados 4 μm. ¿Cuál será el flujo de difusión de átomos de Ag en Au entre estos puntos a 700°C?.

$$D_0 = 0.024 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$$

$$Q = 37,000 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

- 8.3 Los resultados de la difusión de Au radioactivo en Au no radioactivo después de 100 horas a 920°C se muestra a continuación

x	c
0	1
3 x 10 ⁴	0.72
6 x 10 ⁻⁴	0.28
9 x 10 ⁻⁴	0.06

Determine el coeficiente de difusión.

8.4 La superficie de una lámina de Cu contiene 70% Cu* radioactivo y 30% de Cu no radioactivo. $8\mu\text{m}$ bajo la superficie. Supongamos que el gradiente es lineal entre las dos superficies. Los experimentos indican que el coeficiente de difusión propia de Cu en Cu es $7.2 \times 10^{-15} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$ a 827°C . ¿Cuál es el flujo de átomos de Cu* a esta temperatura a través de un plano a $4\mu\text{m}$ bajo la superficie?. La constante de red del cobre es de 3.7 \AA a 827°C . Transforme en átomos pasando a través de una celda unitaria.

8.5 Suponga que se quiere difundir Zn en Cu, tal que la concentración de Zn a una profundidad de 10^{-4} cm desde la superficie sea la tercera parte de la concentración superficial ¿Qué tiempo se necesita, a una temperatura de 575°C para que se lleva a cabo esta difusión?.

$$D_0 = 0.34 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$$

$$Q = 45,600 \text{ K cal/mol}$$

8.6 La difusividad de Ag en Cu es de $10^{-12} \text{ cm}^2/\text{seg}$ a 500°C y de $10^{-8.0} \text{ cm}^2/\text{seg}$ a 1000°C . ¿Cuáles son los valores de Q y D_0 para la difusión de Ag en Cu?.

8.7 La concentración de hidrógeno en hierro alfa está dada por la ecuación:

$$c = 42.7 \text{ p}^{1/2} \text{ EXP} \frac{-6500}{RT}$$

Donde c está dado en partes por millón por peso y p es la presión externa de hidrógeno en cantidades de atmósferas. La difusividad de H en hierro alfa es $D = 1.4 \times 10^{-3} \text{ exp} \frac{-3200}{RT} \text{ cm}^2/\text{seg}$

Suponga que una membrana delgada de hierro de $8 \times 10^{-3} \text{ cm}$ de grueso separa un depósito de hidrógeno a 225 ATMS de presión de otro depósito a una presión de 1.5 ATMS a 185°C ¿Cuál será el flujo de hidrógeno a través de la membrana en unidades de moles por cm^2 por segundo?.

8.8 La carburización de hierro puro se lleva a cabo a 950°C . Se desea lograr un contenido de carbono de 0.9 por 100 a profundidad de 0.01 cm. Suponiendo que el contenido de carbono de superficie permanece a 1.2 por 100 y el coeficiente de difusión de D_γ-hierro = $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{seg}$. Calcular el tiempo necesario para este proceso.

8.9 Dos aleaciones binarias que contienen los elementos A y B fueron unidas por medio de soldadura. La composición de la aleación a la derecha de la unión es de 40 por 100 de A, y a la izquierda de 60 por 100 de A. El material es calentado a una temperatura T1 en forma muy rápida y se mantiene a dicha temperatura durante 20 horas. Al enfriar el material a la temperatura ambiente se ha encontrado que a una distancia de 0.10 cm a la derecha de la soldadura (a) Calcular la difusión general \bar{D} del proceso. (b) Calcular el tiempo necesario para obtener la misma composición del 55 por 100 de A a una distancia de 0.3 cm de la superficie de unión con las mismas condiciones de temperatura y la constante \bar{D} .

8.10 Una solución sólida de Al en Cu tiene 10^{21} átomos de Cu por cm^3 en el punto X y 10^{12} átomos de Cu por cm^3 en el punto Y. Los puntos X e Y están separados $2.5\mu\text{m}$. ¿Cuál será el flujo de difusión de los átomos de Al entre estos 2 puntos a 650°C ?

$$D_0 = 0.38 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

$$Q = 43,000 \text{ cal/mol}$$

8.11 Queremos difundir Th en W ¿A cuál temperatura tendremos un coeficiente de difusión $D = 10^{-33.9}$, si $Q = 120,000 \text{ cal/mol}$ y $D_0 = 1.0 \text{ cm}^2/\text{seg}$.

8.12 ¿Cuál será el gradiente de concentración necesario para lograr un flujo de un 10^5 átomos de C cm^2/seg en Ti a 900 y 1300°C ?

$$D_0 = 5.06 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

$$Q = 43500 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

TAREA No. 9

DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO

9.1 La solubilidad de Pb en estaño sólido a 200°C es de 2%. La solubilidad del estaño en el metal fundido a la misma temperatura es de 75% Sn ¿Cuál es la composición de una aleación conteniendo 20% de líquido y 80% de sólido a 250°C ?

- 9.2 Dibujar en papel cuadrículado el diagrama de equilibrio para aleaciones de metales A y B a partir de los siguientes datos:

Punto de fusión A 1000°C
 Punto de fusión B 350°C
 Temperatura peritética 480°C

Composición de β en equilibrio con L + α a la temperatura peritética: 40% A + 60% B (en peso).

Solubilidad a 420°C	A en líq. = 11%
	B en α = 10%
Solubilidades a T.A.	B en α = 3%
	A en β = 20%

- 9.3 Utilizando el diagrama Cu-Zn, resolver el problema siguiente:
 Una aleación Zn contiene 90% Zn y 10% Cu.

- ¿Cuál es la composición del líquido final a solidificar?.
- ¿A qué temperatura se terminará la solidificación?.
- ¿A qué temperatura se precipitará η ?

- 9.4 Se enfría lentamente una aleación de 74% Zn + Cu

- Dar las curvas de enfriamiento (T.t).
- Dar las fases presentes y su composición a 400°C, 600°C, 700°C y 900°C.

- 9.5 La solubilidad de silicio en aluminio líquido a 800°C es de 28%. Si la solubilidad del aluminio en silicio es 2% Al. ¿Cuál es la composición de una aleación conteniendo 30% líquido y 70% sólido?.

- 9.6 Dibujar en papel cuadrículado el diagrama de equilibrio para aleaciones de metales A y B a partir de los siguientes datos:

Punto de fusión de A	630°C
Punto de fusión de B	950°C
Temperatura eutéctica	450°C

Composición de líquido en equilibrio a la temperatura eutéctica 40% A
 60% B

Solubilidad a 400°C B en A = 20%
 A en B = 25%

Solubilidad a 20°C B en A = 8%
 A en B = 2%

- 9.7 El bismuto y el cadmio con puntos de fusión de 271°C y 321°C respectivamente, son del todo solubles en el estado líquido pero insolubles en el estado sólido. Forman una composición eutéctica de 40 x 100 del peso en Bi y la temperatura eutéctica de 144°C. A partir de los datos mencionados, construir un diagrama de fase y clasificar todos los puntos, líneas y zonas. Calcular la cantidad máxima de Cd puro que puede separarse a una temperatura de 200°C de una aleación de 45 Kg. que contiene el 80 por 100 del peso de Cd.

Para una aleación que contiene 80% de Bi diseñar la curva de enfriamiento correspondiente.

- 9.8 El platino y el oro son completamente solubles en ambos estados líquido y sólido. El punto de fusión del platino es 3225°F y el del oro es de 1945°F. Una aleación conteniendo 40% de oro se empieza a solidificar a 2910°F separando cristales de 15% de oro. Una aleación conteniendo 70% de oro se empieza a solidificar a 2550°F separándose cristales de 37% de oro.

a) Dibuje el diagrama de equilibrio en un papel cuadrículado y marque todas las áreas, puntos y líneas.

b) Para una aleación conteniendo 70% de oro (1) dé la temperatura de inicio de solidificación (2) la temperatura de solidificación final (3) dé la composición química y las cantidades relativas de las fases presentes a 2440°F (4) dibuje la curva de enfriamiento.

- 9.9 Suponga que tenemos 26 Kg. de una aleación con 70% Cu y 30% Ag a 850°C. Calcule el peso de Ag en la fase líquida.

- 9.10 Determinar las fases presentes, la composición de cada una de esas fases y las cantidades relativas de cada fase para acero al carbono con 1% C a 722°C, 724°C, 1000°C, 1400°C, 1600°C.

- 9.11 Utilice el diagrama Pb-Sn para encontrar las composiciones y las fracciones en peso de las fases de una aleación de 30% Sn a 230°C y 100°C.

- 9.12 Un bronce 90% Cu y 10% Sn es utilizado para un candil de 25 kg.
- ¿Qué fase se formará primero?
 - ¿Cuál será el peso de esta fase a 900°C?
 - Dar la composición de las fases y las cantidades relativas de cada fase a 520°C.

TAREA No. 10 : DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO

- 10.1 Considere la transformación $\theta \xrightarrow{975^\circ} \eta$. Si la carga superficial $\gamma_{\theta\eta} = 300$ erg/cm² y AG para $\theta \rightarrow \eta = 111$ cal/cm³ a 920°C y 560 cal/cm³ a 820°C.
- Determine el radio crítico para nucleación de θ a η a las 2 temperaturas.
 - Calcule la energía de nucleación para ambas temperaturas.
- 10.2 -Describa las fases que aparecen y los grados de variabilidad que aparecen cuando un acero 0.18% peso C es enfriado lentamente desde la temperatura de fusión.
- Describa las composiciones de las fases y las fracciones en peso de cada fase en cada una de las siguientes temperaturas: 1495°C, 1200°C, 730°C y 400°C.
- A qué temperatura tendrá la ferrita el mayor contenido de carbono?.
- 10.3 a) Dar la curva de enfriamiento de la aleación 77% Zn peso y 23% Cu a partir de los 730°C.
- b) Dar las fases, su composición y la cantidad relativa de cada una para:
- Zn + 12% Cu a 610°C, 598°C, 425°C, 300°C
- Zn + 28% Cu a 670°C, 558°C, 300°C
- 10.4 Considerar la transformación $\epsilon \xrightarrow{930^\circ} \eta'$. La energía de superficie $\gamma_{\epsilon\eta'} = 300$ ergs/cm² y AG para $\epsilon \rightarrow \eta'$ vale 140 cal/cm³ a 870°C y 500 cal/cm³ a 770°C. Calcular el radio crítico y la energía de nucleación para ambas temperaturas.
- 10.5 Diagrama Pb - Bi
- Determinar las composiciones de aleaciones Pb - Bi que contienen 50% líquido y 50% sólido en equilibrio a 200°C.
 - Dar las composiciones del líquido y del sólido en ambos casos.

- 10.6 Una aleación 93% Cu + 7% Ag es enfriada bajo condiciones de equilibrio desde 1100°C a 500°C. Dé la secuencia de las fases de equilibrio, su temperatura de equilibrio, la composición de las fases y una curva de enfriamiento.
107. Determine la cantidad de perlita a temperatura ambiente en una aleación 99% Fe - 1% C la cual se enfría desde 950°C. Base 50 Kg. de aleación.
- 10.8 a) Utilice la regla de las fases para predecir el número de grados de libertad para una aleación de 20% Cu + 80% Sn a una temperatura de 300°C.
- b) Interprete los grados de libertad para esta aleación a 227°C.
- 10.9 Una aleación Fe-C en equilibrio contiene 12% en peso de Carbono a 722°C. Suponiendo un nuevo equilibrio a 724°C. ¿Cuál será la fracción de austenita en la aleación.
- 10.10 En el sistema Al-Zn se produce la reacción invariante α_1 (78% Zn) $\xrightarrow{275^\circ}$ α (31.6% Zn) + β (99.4% Zn). Dé nombre a esta reacción invariante. Para una aleación con 58.4% Zn, calcule las fracciones en peso de α y de α_1 a 275.1°C y las de α y β a 274.5°C.
- 10.11 En el sistema Cu-Sn (bronce) identifique todas las reacciones invariantes en las que toma parte el líquido y escriba las ecuaciones correspondientes.
- 10.12 Describa el sistema Fe-C de tal manera que pudiera graficarse en base a su descripción.