FACULTAD DE QUÍMICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Química
Dirección Académica
Santiago, 17 de mayo de 2023

QUÍMICA PARA INGENIERÍA

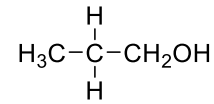
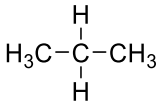
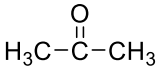
Pauta Interrogación I 2023

Notas para los ayudantes correctores:

- En las preguntas de desarrollo considere en las respuestas un margen de error de ±5%
- Si la respuesta no incluye unidades de medida descuente 1 punto del puntaje asociado a la pregunta
- Si la respuesta tiene el signo erróneo, descuente 2 puntos del puntaje total de la pregunta.
- En algunos casos, las preguntas pueden resolverse de varias formas diferentes, si el estudiante tiene correcto el resultado final se le debe asignar todo el puntaje de la pregunta.

Pregunta 1: Selección Múltiple (32 puntos; 4 puntos c/u)

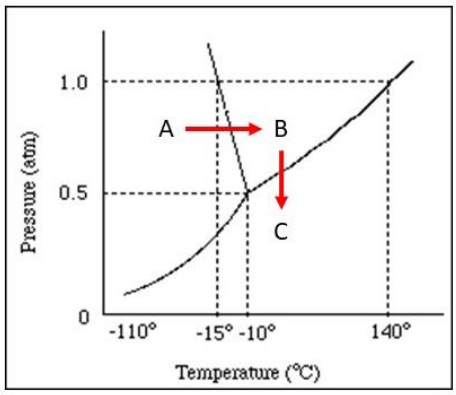
1.- Considere las siguientes sustancias:

A)  **B)**  **C)**  **D)** CH_4

Al ordenarlas, según su orden creciente (menor a mayor) de temperatura de ebullición, se obtiene:

a) D< B <C < A
b) A<C <D <B
c) C < A < B <D
d) B< D < C <A
e) A <B < C <D

2.- Considere el siguiente diagrama de fases:



Indique cual/es de las siguientes afirmaciones es/son **CORRECTAS**:

I El paso A → B corresponde a la ebullición normal del líquido
II El punto de congelación normal es de -15 °C
III El paso B → C corresponde al paso de líquido a vapor a temperatura constante
IV El diagrama representa el diagrama de fases del agua
V El punto triple ocurre a 0,5 atm y -10 °C

a) Sólo II
b) II y V
c) II, III y V
d) Sólo V
e) II, IV y V

3.- El hierro puede presentar diferentes estructuras cristalinas cúbicas, dependiendo a la temperatura en que se encuentre. El hierro alfa (α) existe desde -270 °C a 912 °C y tiene una estructura BCC, mientras que el hierro gamma (γ) existe desde 912 °C a 1.394 °C y tiene la estructura cristalina FCC. Al respecto, indique cuál de las siguientes afirmaciones son **CORRECTAS**:

I Al aumentar la temperatura de 900°C a 1200°C el hierro tiende a aumentar el factor de empaquetamiento de la celda unitaria.
II Al aumentar la temperatura de 100°C a 1000°C el hierro aumenta el parámetro de red (a) de la celda unitaria.
III Al trazar el plano (0,1,0) en ambas estructuras del hierro, habrá más átomos en el plano de la estructura alfa que en el plano de la estructura gamma.
IV Si se trazaran los conjuntos de planos (1,3,1) en ambas celdas unitarias del hierro, se puede inferir que la mayor distancia interplanar se obtiene al aumentar la temperatura.

a) I, II, III
b) I, II, IV
c) II, III, IV
d) I, III, IV
e) III, IV

4.- Los compuestos de óxido de magnesio (MgO) cristalizan en un sistema FCC con cada catión metálico ubicado en las posiciones reticulares, mientras que los sólidos de cloruro de cesio (CsCl) utilizan una distribución cúbica simple con los aniones posicionados en los vértices de la celda. Al respecto, indique cuál de las siguientes afirmaciones son **INCORRECTAS:**

I El anión oxigeno ocupa los sitios intersticiales cúbicos de la celda
II El catión cesio ocupa sitios intersticiales octaédricos de la celda
III La estructura cristalina que presenta MgO se debe a que la relación entre sus radios catiónicos y aniónicos es cercana a 1.
IV La relación de los radios iónicos es uno de los factores que condiciona el tipo de sistema cristalino que presenta cada compuesto.
V Si se aumenta la temperatura el óxido de magnesio podría presentar una estructura cristalina idéntica a la del cloruro de cesio

a) I, II, III
b) II, III, IV
c) I, III, V
d) I, II, V
e) II, III, V

5.- Teniendo en cuenta la expresión matemática de la primera ley de la termodinámica, indique cual afirmación es **INCORRECTA**.

a) En un proceso a volumen constante la variación de energía interna siempre es igual, en signo y magnitud, al calor involucrado.
b) Cuando un sistema desprende energía en forma de calor y realiza trabajo sobre el ambiente su energía interna siempre disminuye.
c) En un proceso adiabático (no se intercambia energía en forma de calor con el entorno) siempre que el ambiente realice trabajo sobre el sistema la variación de energía interna será positiva.
d) Siempre que un sistema realice un trabajo de expansión y la energía interna se mantenga constante, el proceso será endotérmico.
e) Para que un sistema realice un trabajo sobre el ambiente y la energía interna del estado inicial sea menor que la del estado final, el proceso tiene que ser exotérmico.

6.- Dadas las siguientes afirmaciones relacionadas con la segunda y tercera ley de la termodinámica, indique cual afirmación es **INCORRECTA**.

I En todo proceso espontáneo la entropía del sistema aumenta.
II La entropía es una medida cuantitativa del número de microestados disponibles para todas las partículas en un determinado sistema.
III La entropía de un sistema cristalino sin defectos se considera igual a cero en cualquier intervalo de temperatura.
IV Si un sistema cerrado desprende energía en forma de calor, la entropía del ambiente siempre aumenta.
V Si la entropía de un sistema aumenta y la variación de entalpía disminuye el proceso siempre será espontáneo a cualquier temperatura.
.

a) I y III
b) II y IV
c) I y V
d) II y V
e) III y IV

7.- En relación a la Charla Magistral, indique cuál de estas afirmaciones es **INCORRECTA**

a) El daño de materiales por procesos de corrosión depende de la presencia de oxígeno
b) Un flujo abrasivo puede producir desgaste de un material por erosión
c) El pH del electrolito puede afectar las tasas de corrosión de un material
d) La tasa de desgaste de un material es menor con una velocidad de flujo nominal mayor
e) La tasa de desgaste de un material es mayor a concentraciones mayores de oxígeno disuelto

8.- En relación a la Charla Magistral, indique cuál (es) de las siguientes afirmaciones es (son) **CORRECTA(S)**

I. En un difractograma cada peak corresponde a una distancia interplanar
II. Para identificar un material se requiere solo un peak en un difractograma
III. La deformación de un material puede ser plástica y elástica
IV. Una deformación unitaria del 3% de una aleación con memoria de forma no se puede recuperar
a) Sólo I
b) I y II
c) II y III
d) I y III
e) I, III y IV

Pregunta 2: Nivelación (10 puntos)

El azobenceno ($(C_6H_5N)_2$) es un compuesto muy utilizado en la preparación de polímeros que responden a la luz debido a su isomerización reversible. Para su obtención se hace reaccionar nitrobenceno ($C_6H_5NO_2$) y trietilenglicol ($C_6H_{14}O_4$), como se muestra en la siguiente reacción **no balanceada**:

$$C_6H_5NO_{2(l)} + C_6H_{14}O_{4(l)} \longrightarrow (C_6H_5N)_{2(s)} + C_6H_{12}O_{4(g)} + H_2O_{(l)}$$

a) Escriba la ecuación balanceada del proceso.

b) Considere que 200 g de trietilenglicol ($C_6H_{14}O_4$) impuro reaccionaron totalmente con 100 g de nitrobenceno ($C_6H_5NO_2$), determine la pureza del trietilenglicol utilizado si la reacción ocurre con un 100% de rendimiento.

c) Si se hacen reaccionar 330 kg de nitrobenceno ($C_6H_5NO_2$) con 350 kg de trietilenglicol ($C_6H_{14}O_4$), que posee un 90% de pureza. Determinar la cantidad de azobenceno ($(C_6H_5N)_2$), en gramos, que se produce si la reacción transcurre con un 95% de rendimiento.

Datos masa molar: $(C_6H_5N)_2$: 182,22 g/mol; $C_6H_5NO_2$: 123,11 g/mol; $C_6H_{14}O_4$: 150,17 g/mol

Desarrollo:

(a) Balance de la ecuación química:

$$2\ C_6H_5NO_2 + 4\ C_6H_{14}O_4 \rightarrow 1\ (C_6H_5N)_2 + 4\ C_6H_{12}O_4 + 4\ H_2O$$ **(2 Puntos)**

(b) Se calculan los moles de trietilenglicol que reaccionan:

1 mol de **$C_6H_{14}O_4$** → 150,17 g

x mol de **$C_6H_{14}O_4$** → 100 g

x = 0,6659 mol de $C_6H_{14}O_4$ **(0.5 Puntos)**

El $C_6H_{14}O_4$ reaccionó totalmente con el $C_6H_5NO_2$, por lo tanto se puede decir que:

2 mol de $C_6H_5NO_2$ → 4 mol de $C_6H_{14}O_4$

x mol de $C_6H_5NO_2$ → 0,6659 mol de $C_6H_{14}O_4$

x = 0,3330 mol de $C_6H_5NO_2$ **(1 Punto)**

Determinar la masa de $C_6H_5NO_2$:

1 mol de $C_6H_5NO_2$ → 123,11 g

0,3330 mol de $C_6H_5NO_2$ → x

x = 41 g de $C_6H_5NO_2$ **(0.5 Puntos)**

Determinar la pureza $C_6H_5NO_2$:

50,5 g de $C_6H_5NO_2$ → 100%

41 g de $C_6H_5NO_2$ → x

x = 81,19 % de pureza **(1 Punto)**

(c) Se calculan los moles de nitrobenceno que reaccionan:

$C_6H_5NO_2$: 330 kg → 330000 g

1 mol de $C_6H_5NO_2$ → 123,11 g

x mol de $C_6H_5NO_2$ → 330000 g

x = 2680,53 mol de $C_6H_5NO_2$ **(0.5 Puntos)**

Para calcular los moles de trietilenglicol, debemos considerar su pureza:

$C_6H_{14}O_4$: 350 kg → 350000 g (90% pureza)

350000 g $C_6H_{14}O_4$ → 100%

X g $C_6H_{14}O_4$ → 90 %

X = 315000 g de $C_6H_{14}O_4$ **(0.5 Puntos)**

Se calculan los moles de trietilenglicol que reaccionan:

1 mol de $C_6H_{14}O_4$ →150,17 g

x mol de $C_6H_{14}O_4$ → 315000 g

x = 2097,62mol de $C_6H_5NO_2$ **(0.5 Puntos)**

Determinación del reactivo limitante

2 mol de $C_6H_5NO_2$ → 4 mol de $C_6H_{14}O_4$

X mol de $C_6H_5NO_2$ → 2097,62 mol de $C_6H_{14}O_4$

X = 1048,81 mol de $C_6H_5NO_2$

$C_6H_{14}O_4$ es el RL **(1 Punto)**

Se calculan los moles de azobenceno que se generan:

4 mol de $C_6H_{14}O_4$ → 1 mol de $(C_6H_5N)_2$

2097,62 mol de $C_6H_{14}O_4$ → X mol de $(C_6H_5N)_2$

x = 524,41 mol de $(C_6H_5N)_2$ **(0.5 Puntos)**

Considerando un 95% de rendimiento, se tiene:

524,41 mol de $(C_6H_5N)_2$ → 100% de rendimiento

x mol de $(C_6H_5N)_2$ → 95% de rendimiento

x = 498,18 mol de $(C_6H_5N)_2$ **(1 Punto)**

Determinar la masa de azobenceno

1 mol de $(C_6H_5N)_2$ → 182,22 g

553,54 mol de $(C_6H_5N)_2$ → x

x = 90779,23 g de $(C_6H_5N)_2$ **(1 Punto)**

Pregunta 3: Termodinámica (20 puntos)

El smog fotoquímico es una forma de contaminación atmosférica que se presenta con frecuencia en zonas urbanas. Este fenómeno, dañino tanto para nuestra salud como para el medio ambiente, se produce como consecuencia de reacciones químicas que ocurren en presencia de radiación solar entre gases emitidos por medios de transporte, fábricas y otras actividades humanas. El proceso químico involucra a varios gases contaminantes, entre los que se encuentran compuestos orgánicos volátiles, el ozono (O_3) y los óxidos de nitrógeno NO y NO_2.

El monóxido de nitrógeno (NO) es considerado un gas de escape de los automóviles, ya que este se genera en los motores de combustión como resultado de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno del aire a altas temperaturas:

$N_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,NO\,(g)$ $\quad \Delta H_1^o = 180{,}8\ kJ\cdot mol^{-1}$ **(Reacción 1)**

No obstante, las moléculas de monóxido de nitrógeno son muy inestables en el aire, ya que en presencia de oxígeno se transforman rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO_2), según la reacción:

$2\,NO\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,NO_2\,(g)$ $\quad \Delta H_2^o = -113{,}1\ kJ\cdot mol^{-1}$ **(Reacción 2)**

a) Determine si la reacción de obtención de monóxido de nitrógeno (NO) a partir de nitrógeno y oxígeno (**Reacción 1**) es espontánea en condiciones estándares de presión y temperatura (1 atm, 25 ºC). **(7 puntos)**

b) Calcule la entalpía de formación estándar del dióxido de nitrógeno (NO_2). **(6 puntos)**

c) Calcule la temperatura absoluta (en Kelvin) a partir de la cual la reacción de obtención de dióxido de nitrógeno (**Reacción 2**) sería no espontánea. Considere que ΔH y ΔS de la reacción se mantienen constantes al variar la temperatura. **(7 puntos)**

Datos:

$S^o\,(N_2) = 191{,}5\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
$S^o\,(NO_2) = 240{,}46\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
$S^o\,(NO) = 210{,}6\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$
$S^o\,(O_2) = 205{,}0\ J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$

Desarrollo:

a)

$\Delta S_1^o = 2 \cdot S^o (NO) - [S^o (N_2) + S^o (O_2)]$ **(1 punto)**

$\Delta S_1^o = 2 \cdot 210,6\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} - 191,5\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} - 205,0\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$\Delta S_1^o = 24,7\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ **(2 puntos)**

$\Delta S_1^o = 0,0247\ kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ **(1 punto)**

Por convertir las unidades aquí o en el próximo paso.

$\Delta G_1 = \Delta H_1 - T\Delta S_1$

$\Delta G_1 = 180,8\ kJ \cdot mol^{-1} - 298,15\ K \cdot 0,0247\ kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$\Delta G_1 = 173,4\ kJ \cdot mol^{-1}$ **(2 puntos)**

Como $\Delta G_f^o > 0$, la reacción es no espontánea en condiciones estándares. **(1 punto)**

b)

Opción 1

$\Delta H_1^o = 2 \cdot \Delta H_f^o (NO) = 180,8\ kJ \cdot mol^{-1}$ **(2 puntos)**

$\Delta H_2^o = 2 \cdot \Delta H_f^o (NO_2) - [2 \cdot \Delta H_f^o (NO) + \Delta H_f^o (O_2)]$ **(2 puntos)**

$-113,1\ kJ \cdot mol^{-1} = 2 \cdot \Delta H_f^o (NO_2) - 180,8\ kJ \cdot mol^{-1} - 0\ kJ \cdot mol^{-1}$

$\Delta H_f^o (NO_2) = (-113,1\ kJ \cdot mol^{-1} + 180,8\ kJ \cdot mol^{-1}) / 2$

$\Delta H_f^o (NO_2) = 33,85\ kJ \cdot mol^{-1}$ **(2 puntos)**

Opción 2

$N_2 (g) + O_2 (g) \rightarrow$ ~~2 NO (g)~~ $\Delta H_1^o = 180,8\ kJ \cdot mol^{-1}$

~~2 NO (g)~~ $+ O_2 (g) \rightarrow 2\ NO_2 (g)$ $\Delta H_2^o = -113,1\ kJ$ $kJ \cdot mol^{-1}$

$N_2 (g) + 2\ O_2 (g) \rightarrow 2\ NO_2 (g)$ $\Delta H_3^o = \Delta H_1^o + \Delta H_2^o = 67,7\ kJ \cdot mol^{-1}$ **(3 puntos)**

Dividiendo por 2:

$\frac{1}{2}\ N_2 (g) + O_2 (g) \rightarrow NO_2 (g)$ $\Delta H_f^o (NO_2) = \Delta H_3^o / 2 = 33,85\ kJ \cdot mol^{-1}$ **(3 puntos)**

c)

$\Delta S_2^o = 2 \cdot S^o (NO_2) - [2\ S^o (NO) + S^o (O_2)]$ **(1 punto)**

$\Delta S_2^o = 2 \cdot 240{,}46\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} - 2 \cdot 210{,}6\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} - 205{,}0\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$\Delta S_2^o = -145{,}28\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ **(2 puntos)**

$\Delta S_2^o = -0{,}14528\ kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ **(1 punto)**

Por convertir las unidades aquí o en el próximo paso.

$\Delta G_2 = \Delta H_2 - T\Delta S_2$

$0 = -113{,}1\ kJ \cdot mol^{-1} - T \cdot (-0{,}14528)\ kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$T = -113{,}1\ kJ \cdot mol^{-1} / (-0{,}14528)\ kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$T = 778{,}5\ K$ **(3 puntos)**

A temperaturas mayores que 778,5 K la reacción sería no espontánea.

Pregunta 4: Calorimetría (18 puntos)

Considere que se agrega un trozo de hielo de 100 g que se encuentra a -4 °C y un trozo de 10 g de titanio (0,52 J/g °C) a 70 ºC a un calorímetro que contiene 250 mL de agua a 55 °C (d= 0,98 g/mL). Determine la temperatura de equilibrio térmico. Considere que el calorímetro no absorbe calor. **(18 Puntos)**

Datos: calor latente de fusión de hielo = 33,34 kJ/ kg; calor especifico de hielo= 2,09 kJ/ kg °C; calor especifico de agua = 4,18 kJ/kg °C

Desarrollo:

Q agua + [Q hielo +Q fusión+Q agua fria] + QTi=0 **(5 puntos)**

250mL x 0,98 g/mL x 4,18 J/g°C x (Tf-55ºC) + [100 g x 2,09 J/g°C x (0- -4ºC) + 100 g x 33,34 J /g + 100 g x 4.18 J/g°C x (Tf- 0)] + 10g x0,52 J/g°C(Tf-70ºC)= 0 **(5 puntos)**

1024 J/°C (Tf-55°C) + 836 J + 3334 J + 418 J/°C Tf + 5.2 J/°C (Tf-70°C) = 0

1024 J/°C Tf - 56320 J + 836 J + 3334 J + 418 J/°C Tf + 5.2 J/°C Tf - 364J = 0

1024 J/°C Tf + 418 J/°C Tf + 5.2 J/°C Tf = 52514 J

1447 J/°C Tf = 52514 J

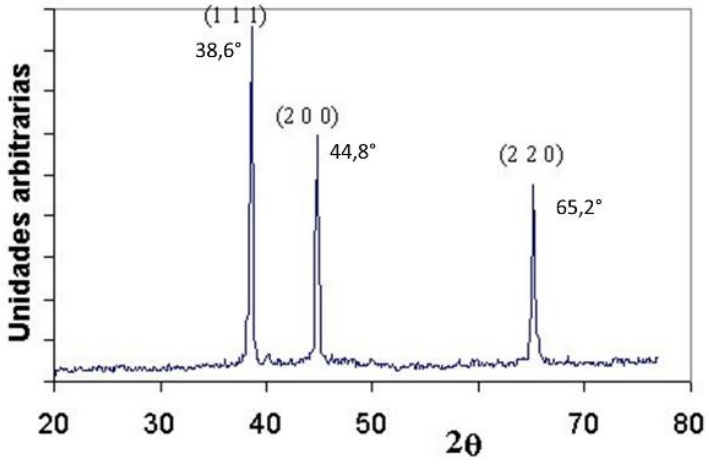
Tf = 36 °C **(8 puntos)**

Pregunta 5: Química del Estado Sólido (20 puntos)

En una excavación un Ingeniero encontró una pieza metálica desconocida de años de antigüedad. Según las características del terreno donde fue extraída, la pieza metálica podría estar compuesta exclusivamente de níquel (Ni, 58,69 g/mol), de cobre (Cu, 63,54 g/mol), de aluminio (Al, 26,98 g/mol) o de plata (Ag, 107,86 g/mol) (todos los metales son FCC). Para determinar exactamente el tipo de metal con que está constituida la pieza metálica, el ingeniero realiza un análisis por difracción de rayos X de polvo, utilizando una radiación monocromática de una longitud de onda de 0,1542 nm y orden de difracción igual a 1. El difractograma obtenido para la pieza metálica se muestra en la Figura. Además, el Ingeniero pudo determinar que la densidad de la pieza metálica es de 2,029 g/cm^3.

a) Determine de que metal está constituida la pieza metálica. **(10 puntos)**

b) Determine la densidad planar del plano (111) asumiendo que el valor del radio del átomo es de 0,2 nm (NO utilice el resultado de la pregunta anterior). **(10 puntos)**



Desarrollo:

Se puede tomar cualquier índice de Miller con su respectivo ángulo (2θ) y el valor de d y a serán los mismos.

Angulo 2θ = 38,6

θ = 19,3

0,1542 nm = 2 d sen (19,3)

d = 0,2332 nm **(2 puntos)**

$$0{,}2332\ nm = \frac{a}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2}}$$

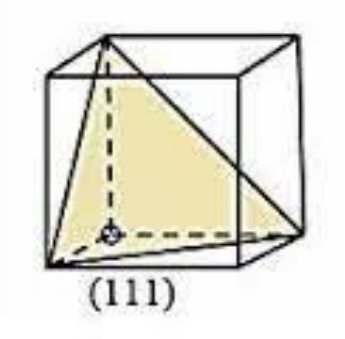
a = 0,404 nm **(2 puntos)**

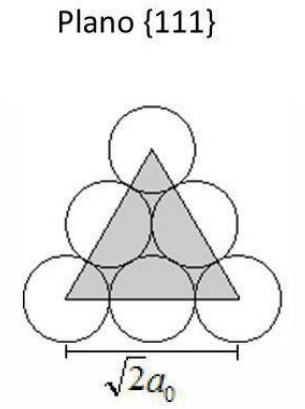
$$d = \frac{\frac{atomos}{celda} * M}{V * Nav}$$

$$2{,}029\ \frac{g}{cm^3} = \frac{3 * M}{(0{,}404\ nm)^3 * (\frac{10^{-7} cm}{1\ nm})^3 * Nav}$$

M = 26,85 g/mol, el metal es aluminio **(6 puntos)**

b)



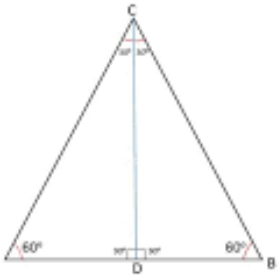


r =0,2 nm usando la relación $a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$.

El valor de a= 0,566 nm **(2 puntos)**

Cada lado del triángulo vale = **0,80 nm** **(2 puntos)**

0,80 nm



0,80 nm

0,80 nm

Altura del triángulo: $h^2 = 0{,}8^2 - 0{,}4^2 =$ 0,693 nm **(2 puntos)**

El área del triángulo es = $\frac{1}{2} * 0{,}80 * 0{,}693 =$ 0,2772 nm^2 **(2 puntos)**

La densidad planar es= $\frac{2\ atomos}{0{,}2772\ nm^2} =$ 7,21 $atomos/nm^2$ **(2 puntos)**