FACULTAD DE QUÍMICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

NOTA

(Escriba con letra imprenta)

Apellido Paterno	**Apellido Materno**	**Nombres**

Curso/Sección	**Día**	**Mes**	**Año**

Interrogación N°	**Nombre Profesor/a**

_____ _____

Número de Alumno **Firma**

IMPORTANTE

Todo acto contrario a la honestidad académica realizado durante el desarrollo, presentación o entrega de una actividad académica sujeta a evaluación, será sancionado con la suspensión inmediata de la actividad y con la aplicación de la nota mínima. La nota mínima uno (1,0) podrá ser aplicada por el profesor como nota final al ramo que corresponda, cuando la gravedad de la infracción así lo amerite.

Puntaje:

P1……

P2……

P3……

P4……

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Química
Dirección Académica
Santiago, 23 de junio de 2025

QUÍMICA GENERAL PARA INGENIERÍA
Interrogación II

$$Nota = \left[\frac{Ptos.obtenidos}{Ptos.totales}\, x\ 6{,}0\right] +\ 1{,}0\ (Pto.base)$$

P.1: 32 puntos.	**P.2: 18 puntos.**	**P.3: 18 puntos**	**P.4: 16 puntos**	**P5: 16 puntos**

Instrucciones y Notas:

1.- Se dispone de 2:20 horas para realizar el examen.

2.- Sólo se responden consultas en voz alta y son al inicio y cuando ha transcurrido la mitad del tiempo de la interrogación.

3- Completar todos los datos que se piden en la primera hoja de este documento.

4.- Ud. Dispondrá de espacio suficiente en cada una de las preguntas de desarrollo. Además, dispone de hojas en blanco al final de este documento.

5.- Los datos que Ud. necesite para responder las preguntas, se encuentran proporcionados en las mismas.

Pregunta 1: Selección Múltiple (32 puntos)

1.1.-Las siguientes reacciones hipotéticas son reversibles y están acopladas para generar la ecuación global descrita.

$$(1)\quad A + B \rightleftharpoons C + D \qquad K_c = 10^{-1}$$

$$(2)\quad C + D \rightleftharpoons E + F \qquad K_c = 10^{-9}$$

$$A + B \rightleftharpoons E + F$$

I. La constante de equilibrio de la ecuación global es $k_c = 10^{-10}$
II. Si la reacción (2) es descrita en la dirección inversa, entonces $K_c = 10^{9}$
III. Si la reacción (1) es amplificada por 2, entonces $Kc = 10^{2}$
IV. En la ecuación global $K_c = K_p$

Indique cuál(es) de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERA(S)**

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

1.2.- En un recipiente cerrado y a temperatura constante, ocurre la siguiente reacción exotérmica reversible en fase gaseosa:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

Si después de alcanzar el equilibrio, se altera algún parámetro de la reacción, a nivel molecular se observa:

I. Si se reduce el volumen del sistema, la concentración de amoniaco aumenta
II. Si se disminuye la temperatura de la reacción aumentará la concentración de hidrógeno
III. Si se añade más gas de amoniaco en el sistema , aumentará la concentración de nitrógeno
IV. Si se disminuye la presión del sistema, aumentará la concentración de amoniaco.

Indique cuál(es) de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERA(S)**

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

1.3.- Respecto al cuociente de reacción y su relación con las concentraciones iniciales y de equilibrio, se realizan las siguientes afirmaciones:

I. Si $Q_c < K_c$ las concentraciones iniciales favorecen la formación de productos para alcanzar el equilibrio.
II. Conociendo únicamente el valor Q_c y las concentraciones iniciales, es posible determinar las concentraciones en el equilibrio.
III. En el equilibrio, el valor de Q_c es igual al de la constante de equilibrio K_c, independientemente de las concentraciones iniciales.
IV. Si $Q_c > K_c$ las concentraciones iniciales favorecen la formación de productos para alcanzar el equilibrio

Indique cuál(es) de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERA(S)**

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

1.4.- Con respecto a las soluciones Buffer, seleccione las afirmaciones(es) **VERDADERA(S)**

I. No varía el pH de la disolución al agregar agua.
II. Pueden conformarse por una base débil y su respectiva sal de ácido conjugado
III. Pueden conformarse por un ácido fuerte y cualquier base.
IV. Resisten a cambios de pH cuando se agregan ácidos o bases fuertes
V. Si se requiere mantener un control de pH entre 4 y 5, se puede utilizar una especie química con un $pK_b = 4.75$ y su respectiva sal.

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

1.5.- Con respecto a los compuestos ácidos y básicos, seleccione las afirmaciones **VERDADERAS:**

I. Según la teoría de Lewis, HF actúa como una base y NH_3 como un ácido.
II. Según la teoría de Arrenhius, HF se comporta como un ácido y ClO^{-1} como una base según la teoría de Bronsted-Lowry.
III. Al disolver la sal CH_3COONa en agua, el pH del agua va a aumentar mientras que al hacerlo con sal NH_4Cl, el pH del agua disminuirá.

IV. Para formar un Buffer, siempre debe estar presente simultáneamente una base débil o un ácido fuerte con su correspondiente conjugado en forma de sal.

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

1.6.- Dado el siguiente conjunto de pares redox con sus respectivos potenciales estándar de reducción:

- $Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr(s)$ $E° = –0.73$ V
- $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ $E° = –0.76$ V
- $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(s)$ $E° = +0.80$ V
- $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ $E° = +1.51$ V

Indique cuales de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERAS**:

I. El Zn metálico tiene mayor tendencia a oxidarse que el Cr metálico.
II. Ag^+ es un mejor agente oxidante que MnO_4^-.
III. Cuanto más positivo sea el potencial estándar de reducción, mayor es la tendencia a ser reducido.
IV. MnO_4^- es capaz de oxidar a Zn metálico en condiciones estándar.

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

1.7.- La ecuación de Nernst permite predecir cómo varía el potencial de una celda electroquímica en función de las concentraciones de las especies involucradas. Con base en este principio, indique cuales de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERAS**:

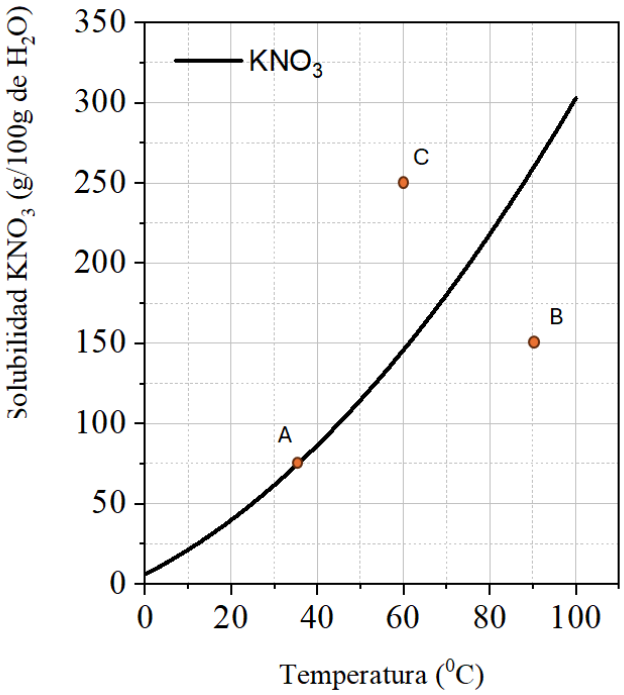
I. La ecuación de Nernst siempre predice que el potencial de una celda será mayor que el potencial estándar si las concentraciones de los reactivos son mayores que las de los productos.
II. En una celda electroquímica, el potencial de la celda siempre aumenta cuando la temperatura aumenta.
III. En una celda redox, el potencial puede cambiar aun cuando el potencial estándar (E°) se mantenga constante.
IV. Al alcanzar el equilibrio químico, el potencial de la celda se hace cero.

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

1.8.- Teniendo en cuenta la curva de solubilidad del KNO_3 representada en la figura, Indique cuál(es) de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERA(S)**

I. Si se disminuye la temperatura de la disolución B hasta aproximadamente 60 ºC, se obtiene una nueva disolución más diluida que A.
II. La disolución saturada de KNO_3 a 60 ºC tiene una solubilidad de 150 g, por lo que para preparar una nueva disolución en las mismas condiciones, pero en 0.25 Kg de agua se necesitan 375 g de soluto.
III. Si se añade mayor cantidad de soluto a la disolución B a 90 ºC hasta la saturación, de forma que la solubilidad alcance los 250g, y posteriormente se enfría agitando hasta obtener la disolución A, precipitarán 175 g de KNO_3
IV. En la disolución C la cantidad de soluto disuelto está en equilibrio con la cantidad de soluto sin disolver.

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



Pregunta 2: Equilibrio Químico (18 puntos)

En un matraz de 5 litros, se introduce una muestra de 0,10 moles de pentafluoruro de bromo (BrF_5). Una vez cerrado, el sistema se calienta hasta 1000 °C, y se establece el siguiente equilibrio:

$$BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_2(g)+F_2(g)$$

Teniendo en cuenta que el grado de disociación del BrF_5 es 2%. Determine lo siguiente:

a) Las concentraciones de todas las especies en equilibrio (suponga para calculo concentraciones molares) y el valor de la constante de equilibrio Kc. (10 puntos)

b) Si una vez alcanzado el equilibrio la concentración de [BrF_5] aumenta un 20% y la de [F_2] un 40%. ¿En qué sentido se mueve la reacción? (8 puntos)

<u>Desarrollo</u>

a) Primero se debe balancear la reacción

Reacción balanceada

$$BrF_{5(g)} \rightleftharpoons \tfrac{1}{2}\, Br_{2(g)} + 5/2F_{2(g)}$$ (2 Puntos)

Luego se procede al cálculo del grado de disociación (α)

	$BrF_{5(g)}$ □ ½ $Br_{2(g)}$ + 5/2F_2 (g)		
Moles iniciales	0,1	-	-
Cambio	-⟨0,1	½ ⟨0,1	5/2 ⟨0,1
Equilibrio	0,1 (1-⟨)	½ ⟨0,1	5/2 ⟨0,1
[ ] en equilibrio	(0,1 (1-⟨)) / 5	(½ ⟨0,1) /5	(5/2 ⟨0,1) / 5

Planteamiento grado de disociación o 0,02 (2%) (4 Puntos)

$$[BrF_5] = \frac{0{,}1\ x\ (1 - 0{,}02)}{5} = 0{,}0196\ mol/L$$

$$[Br_2] = \frac{½\ x\ 0{,}02\ x\ 0{,}1}{5} = 0{,}0002\ mol/L$$

$$[F_2] = \frac{5/2\ x\ 0{,}02\ x\ 0{,}1}{5} = 0{,}001\ mol/L$$

Cálculo de concentraciones en equilibrio (2 Puntos)

$$Kc = \frac{[Br_2]^{1/2}\ [F_2]^{5/2}}{[BrF_5]} = \frac{[0{,}0002]^{1/2}\ [0{,}001]^{5/2}}{[0{,}0196]}$$

$$Kc = \mathbf{2{,}3\ x\ 10^{-8}}$$

Expresion de Kc (1 punto), cálculo de Kc (1 Puntos)

b) Si una vez alcanzado el equilibrio la concentración de [BrF_5] aumenta un 20% y la de [F_2] un 40% en qué sentido se mueve la reacción (6 puntos)

Opción 1: Usando las concentraciones en equilibrio de a

$$[BrF_5] = 0{,}0196\ x\ 1{,}2 = \ 0{,}02352$$

$$[Br_2] = 0{,}0002$$

$$[F_2] = 0{,}001\ x\ 1{,}4 = \ 0{,}0014$$

Cálculo de concentraciones iniciales (3 Puntos)

$$Q = \frac{[Br_2]^{1/2}\ [F_2]^{5/2}}{[BrF_5]} = \frac{[0{,}0002]^{1/2}\ [0{,}0014]^{5/2}}{[0{,}02352]}$$

$$Q = \mathbf{4{,}4 \times 10^{-8}}$$

Cálculo Q (2 Puntos)

Por lo tanto Q > Kc y la reacción se desplaza hacia los reactantes

Interpretación de Q vs Kc (3 Puntos)

Opción 2: Contrastar los aumentos porcentuales en función de las concentraciones en equilibrio en términos genéricos

$$Kc = \frac{[Br_2\ (eq)]^{1/2}\ [F_2\ (eq)]^{5/2}}{[BrF_5\ (eq)]}$$

Desagregamos los % de aumento en la expresión de Q

$$Q = \frac{[Br_2(eq)]^{1/2}\ [F_2\ (eq)\ x\ 1{,}4]^{5/2}}{[BrF_5\ x\ 1{,}2]}$$

$$Q = \frac{[Br_2(eq)]^{1/2}\ [F_2\ (eq)]]^{5/2}\ x\ 1{,}4^{5/2}}{[BrF_5]\ x\ 1{,}2}$$

$$Q = \frac{[Br_2\ (eq)]^{1/2}\ [F_2\ (eq)]^{5/2}}{[BrF_5\ (eq)]} x \frac{1{,}4^{5/2}}{1{,}2}$$

$$Q = \frac{[Br_2\ (eq)]^{1/2}\ [F_2\ (eq)]^{5/2}}{[BrF_5\ (eq)]} x\ 1{,}93$$

(5 puntos)

Así el Q es mayor que Kc en un factor de 1,93 y por lo tanto, Q > Kc y la y la reacción se desplaza hacia los reactantes

Interpretación de Q vs Kc (3 Puntos)

Pregunta 3: Equilibrio Ácido-Base (18 puntos)

Se desea preparar 1 L de un buffer monoprótico de ácido láctico ($CH_3CH(OH)COOH$) y lactato de sodio ($CH_3CH(OH)COO^-Na$) con un pH de 3.75, utilizando una solución de ácido láctico 0.60 mol/L.

a) Determina la concentración de lactato de sodio ($CH_3CH(OH)COO^-Na$) necesaria para lograr el pH deseado (6 puntos).
b) Calcule el pH de una solución solo de lactato de sodio ($CH_3CH(OH)COO^-Na$) 0,45 mol/L (6 puntos).
c) Si a 80 mL de un buffer con $CH_3CH(OH)COOH$ (0.50 mol/L) y $CH_3CH(OH)COO^-Na$ (0.45 mol/L) se le añaden 18 mL de HCl (0.3 mol/L), calcula el nuevo pH, considerando volúmenes aditivos (6 puntos).

Dato: Ka (($CH_3CH(OH)COOH$)) = $1,4x10^{-4}$

Desarrollo

a).- Ecuación de disociación del lactato

$CH_3CH(OH)COONa + H2O \leftrightarrow CH_3CH(OH)COO^- + Na^+$

Ecuación de equilibrio:

$CH_3CH(OH)COOH) + H2O \leftrightarrow (CH_3CH(OH)COO^- + H3O^+$

Ecuación de Buffer

pH = pK + log([sal]/[acido])

3.75= 3. 85 + log([sal]/[0.60]) **(3 puntos)**

Despejando queda que [Sal]= **0,477 mol/L (3 puntos)**

b) - El lactato hidroliza

$CH_3CH(OH)COO^- + H2O \leftrightarrow CH_3CH(OH)COOH + OH^-$

0.45 – x x x

Ka = $1{,}4x10^{-4}$; Kb = $7{,}14x10^{-11}$

$7{,}14x10\text{-}11 = \frac{[OH-][CH_3CH(OH)COOH]}{[CH_3CH(OH)COO.]}$

$7{,}14x10\text{-}11 = \frac{X^2}{[0.45-x]}$ (3 puntos)

Se puede despreciar el X y el valor final es :

Concentración de OH- = $5{,}66x10^{-6}$ mol/L

pH = 8,75 (3 puntos)

c).- Se tiene: 80 mL de un buffer con $CH_3CH(OH)COOH$ (0.50 mol/L) y $CH_3CH(OH)COO^-Na$ (0.45 mol/L)

De:

$CH_3CH(OH)COOH$ = 0.50 mol/L x 80 ml = 40 mmoles (1 puntos)

$CH_3CH(OH)COONa$ = 0.45 mol/L x 80 ml =36 mmoles (1 puntos)

Se agrega 18 mL de HCl (0.3 mol/L) = 5,4 mmoles

Se recalculan las concentraciones considerando volumen total de 98 ml.

$CH_3CH(OH)COOH$ =40 mmoles/98 ml = 0.408 (1 puntos)

$CH_3CH(OH)COONa$ = 36 mmoles/98 ml = 0.367 (1 puntos)

HCl = 5,4 mmoles/98 ml = 0.055

Aplicado esto en la ecuación, considerando que se suma la concentración del Cl al ácido y se resta a la sal:

pH = 3.85 + log([0.367 – 0.055]/[0.408 + 0.055])

pH = 3.68 (2 puntos)

Pregunta 4: Equilibrio Redox (16 puntos)

Los sulfitos, como el sulfito de sodio (Na_2SO_3), son compuestos químicos de gran relevancia en la agroquímica. Un ejemplo destacado de su uso es en la industria del vino, donde se emplean para prevenir la oxidación y controlar el crecimiento de microorganismos. Sin embargo, su aplicación presenta limitaciones, ya que su consumo en exceso puede afectar nuestra salud. Con el fin de reducir el contenido de sulfito en un lote de vino que excede la norma permitida para este ion, un(a) ingeniero(a) químico(a) propone utilizar una sal de hierro (III), teniendo en cuenta la siguiente reacción iónica (no balanceada).

$$Fe^{3+}(ac) + SO_3^{2-}(ac) \rightarrow Fe^{2+}(ac) + SO_4^{2-}\ (ac)$$

a) Escriba la ecuación balanceada por método ion-electrón en medio ácido (2 puntos)
b) Indique cuál de los reactantes es el agente reductor. (4 puntos)
c) Calcule el potencial de este proceso redox en condiciones estándar. (2 puntos)
d) Calcule el potencial de la reacción en las siguientes condiciones: pH = 2,00; $[Fe^{3+}]$ = 0,100 M; $[SO_3^{2-}]$ = 0,100 M, $[Fe^{2+}]$ = 0,0100 M y $[SO_4^{2-}]$ = 0,0100 M. (4 puntos)
e) Dadas las condiciones mencionadas en la pregunta c) y d), ¿en cuál caso el proceso es más espontáneo? (4 puntos)

Datos:

$E^{\circ}_{SO_4^{2-}/SO_3^{2-}} = 0{,}17\ V$; $E^{\circ}_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0{,}77\ V$; F = 96485 C/mol

Respuestas:

a) Reducción: $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$ /*2
Oxidación: $SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$

Reacción global: $2Fe^{3+} + SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow 2Fe^{2+} + SO_4^{2-} + 2H^+$

1 punto por cada semireacción y 2 puntos por la ecuación global balanceada.
(los 4 puntos en caso de que la reacción global sea correcta)

b) El agente reductor es el SO_3^{2-}
1 punto

c) Potencial estándar:

$$E^{\circ}_{celda} = E^{\circ}_{reducción} - E^{\circ}_{oxidación} = 0{,}77\ V - 0{,}17\ V = 0{,}60\ V$$

2 puntos por el potencial estándar.

d) Potencial en condiciones no estándar

$$E_{celda} = E^{\circ}_{celda} - \frac{0{,}0591}{2} log \frac{[Fe^{2+}]^2[SO_4^{2-}][H^+]^2}{[Fe^{3+}]^2[SO_3^{2-}]}$$

1 punto por la cantidad correcta de electrones ($2e^-$) y 2 punto por sustituir correctamente las concentraciones de los iones elevadas a la potencia correspondiente.

$$\frac{[Fe^{2+}]^2[SO_4^{2-}][H^+]^2}{[Fe^{3+}]^2[SO_3^{2-}]} = \frac{(0{,}01)^2(0{,}01)(0{,}01)^2}{(0{,}1)^2(0{,}1)} = 10^{-7}$$

$$E_{celda} = 0{,}60 - \frac{0{,}0591}{2}\ log\ 10^{-7} = 0{,}81\ V$$

2 puntos por el valor de potencial correcto.

e) Para determinar la espontaneidad de la reacción es necesario calcular el cambio de energía libre de Gibbs en la reacción según:

$$\Delta G = -nFE_{celda}$$

Caso de condiciones estándares (c)

$$\Delta G = -2\ e^- * 96485 \frac{C}{mol\ e^-} * 0{,}60\ V = -115\ kJ/mol$$

Caso de condiciones en (c)

$$\Delta G = -2\ e^- * 96485 \frac{C}{mol\ e^-} * 0{,}81\ V = -156\ kJ/mol$$

1,5 puntos por cálculo de cada DG

La reacción es más espontánea en las condiciones descritas en (d)

1 punto por decir cuál es más espontánea

Pregunta 5: Disoluciones (16 puntos)

5.- El ácido sulfúrico (H_2SO_4; masa molar 98 g mol^{-1}) es producto químico de gran importancia debido a que su uso abarca diferentes industrias tales como la producción de fertilizantes, petroquímica, detergentes, baterías, metalurgia entre otros. Su producción mundial durante 2024 fue de 261 millones de toneladas cuyo valor estimado es de aproximadamente 15800 millones de dólares.

Al respecto, un operario de una importante industria química mezclo 22 L de una disolución de H_2SO_4 98% m/m (de densidad 1,84 g/mL) con 300 L de H_2O. Luego, por error, dicha disolución se mezcló con 250 L de una disolución de H_2SO_4 con molalidad de 1,2 mol/kg (y densidad 1,20 g/mL).

Para no desperdiciar la producción (y poder etiquetar la disolución resultante), se le llama a Ud. Ingeniero/a UC experto/a en procesos químicos para responder a la pregunta **¿Cuál es la concentración molar y el *% m/V* de la disolución final?**

Nota: Considere volúmenes aditivos.

Desarrollo:

Cálculo de la molaridad de la primera disolución

H_2SO_4 98% m/m => 98g/100g ; utilizando $n = \frac{m}{M}$ => n = 1 mol

$\rho = \frac{m}{V} => V = \frac{100g}{1.84g/mL} \cong 54.35\ mL \cong 0.054\ L$

Molaridad = n/V = 1 (mol) / 0,054 (mol/L) ≅ 18.52 mol/L **(2 puntos)**

Se mezclan 22 L con 300 L de agua => $C_1V_1 = C_2V_2$

$$18.52\frac{mol}{L} * 22\ L = C_2 * 322L$$

$C_2 = 1{,}265\ mol/L$ **(2 puntos)**

Cálculo de la molaridad de la segunda disolución

Paso de molalidad a molaridad

Molalidad= 1,2 mol/kg => 1,2 mol de soluto en 1 kg de solvente

$n = \frac{m}{\underline{M}}$ => $m_{soluto} = 1{,}2\ mol * 98\ g/mol$=117,6 g => masa solución = 1117,6 g

$\rho_{solución} = \frac{m_{solución}}{V_{solución}}$ => $V_{solución} = \frac{1117.6\ g}{1.20\frac{g}{mL}} = 931{,}3mL \cong 0.931L$

$M = \frac{n_{soluto}}{V_{solución}} \cong 1.29\ mol/L$ **(2 puntos)**

Molaridad de la disolución final

Se mezclan 322 L de H_2SO_4 1,265 mol/L con 250 mL de H_2SO_4 1,29 mol/L

$M = \frac{n_{total}}{V_{total}}$ $n_T = n_1 + n_2$ $V_T = V_1 + V_2 = 322\ L + 250\ L = 572\ L$

Disolución 1: n = M * V = 1.265 mol/L * 322 = 407 mol
Disolución 2: n = M * V = 1.29 mol/L * 250 L =322 mol

$$n_T = 729\ mol$$

Por lo tanto: $M = \frac{729mol}{572L} \cong 1.27\ mol/L$ **(6 puntos)**

Porcentaje m/V de la disolución final

$\%\frac{m}{V} = \frac{m_{soluto}}{V_{disolución}} * 100$

$m_{soluto} = n * \underline{M} = 729\ mol * 98\ \frac{g}{mol} = 71442\ g$

Reemplazando:

$\%\frac{m}{V} = \frac{71442\ g}{572000\ mL} * 100 = 12{,}49\ \%$ **(4 puntos)**

Nota:
Si el/la estudiante responde a ambas preguntas de buen modo utilizando cualquier otra metodología se debe asignar todo el puntaje