

QUÍMICA 1
TERCERA PRÁCTICA CALIFICADA
SEMESTRE ACADÉMICO 2024-1

Horarios: A101, H113, H114, H115, H116, H117, H118, H119, H120, H121, H122, H123

Duración: 110 minutos

Profesor: Elaborada por los profesores del Curso

ADVERTENCIAS:

- Todo dispositivo electrónico (teléfono, tableta, computadora u otro) deberá permanecer apagado durante la evaluación.
- Coloque todo aquello que no sean útiles de uso autorizado durante la evaluación en la parte delantera del aula, por ejemplo, mochila, maletín, cartera o similar, y procure que contenga todas sus propiedades. La apropiada identificación de las pertenencias es su responsabilidad.
- Si se detecta omisión a los dos puntos anteriores, la evaluación será considerada nula y podrá conllevar el inicio de un procedimiento disciplinario en determinados casos.
- Es su responsabilidad tomar las precauciones necesarias para no requerir la utilización de servicios higiénicos: durante la evaluación, no podrá acceder a ellos, de tener alguna emergencia comunicárselo a su jefe de práctica.
- Quienes deseen retirarse del aula y dar por concluida su evaluación no lo podrán hacer dentro de la primera mitad del tiempo de duración destinado a ella.

INDICACIONES:

- Se puede usar calculadora.
- Está prohibido el préstamo de útiles y el uso de corrector líquido.
- Durante el desarrollo de la prueba, puede hacer consultas a los jefes de práctica y al profesor del curso.
- Todos los datos necesarios se dan al final de este documento. No debe utilizar ningún material adicional al proporcionado en la práctica.
- Muestre siempre el desarrollo empleado en cada apartado.

PREGUNTA 1 (10,5 puntos)

Los refrigerantes son sustancias fundamentales en la industria, pues sirven para mantener controlada la temperatura de los reactores en las plantas de producción. Los refrigerantes pueden ser clasificados de acuerdo a los átomos que conforman su estructura química. Por ejemplo, una familia de refrigerantes muy utilizada es la de los halogenados, que son ampliamente empleados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Entre los más conocidos se encuentran el R-12 (CCl_2F_2) y el Halon-1301 (CBrF_3).

a) (5,5 p) Se tiene un sistema de refrigeración con un volumen 4 L en el cual hay una mezcla de gases a 0°C . Las características de los gases presentes en esta mezcla se detallan a continuación:

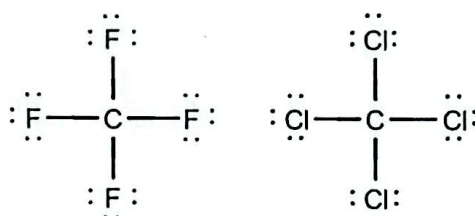
Gas	Fórmula	Característica
R-12	CCl_2F_2	Presión parcial de CCl_2F_2 74,1 kPa
Halon-1301	CBrF_3	$9,5 \times 10^{22}$ moléculas
Argón	Ar	502 mg
Nitrógeno	N_2	$X_{\text{N}_2} = 0,17$

- (3 p) Calcule la presión total en atm en el sistema de refrigeración.
- (1 p) El R-500 es una mezcla de refrigerantes que contiene CCl_2F_2 cuya fracción molar es 0,74. ¿La mezcla descrita en la tabla puede considerarse como R-500?
- (1,5 p) Calcule la relación de velocidades de difusión de los refrigerantes R-12 y Halon-1301 y explique en qué consiste este proceso.

b) (5 p) Otra familia de refrigerantes está conformada por moléculas oxigenadas, como ciertos alcoholes y moléculas nitrogenadas, por ejemplo, el amoníaco. Estos refrigerantes no solo destacan por su eficiencia sino también por su menor impacto ambiental en comparación con los refrigerantes halogenados. La siguiente tabla presenta las estructuras moleculares de algunos de estos refrigerantes, que son líquidos a 220 K.

$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{C}-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \ddot{\text{N}} \quad \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $
Etilenglicol	Amoniaco	Propano

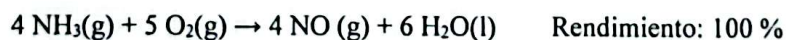
- (2 p) Indique las fuerzas intermoleculares presentes en cada una de las tres sustancias. Además, realice un esquema que muestre gráficamente la fuerza molecular más intensa presente entre dos moléculas de etilenglicol.
- (1,5 p) Ordene las sustancias anteriores en orden creciente de la intensidad de sus fuerzas intermoleculares y explique cuál es la sustancia más volátil.
- (1,5 p) Para los refrigerantes halogenados: tetrafluorometano (CF_4) y tetraclorometano (CCl_4), cuyas estructuras moleculares se muestran a continuación:



Analice, en función de las fuerzas intermoleculares que presentan, por qué a condiciones normales la viscosidad del CF_4 es $17,3 \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ mientras que la del CCl_4 es $901 \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$.

PREGUNTA 2 (9,5 puntos)

Hasta mediados del siglo pasado, uno de los refrigerantes más utilizados a escala industrial era el amoníaco (NH_3). Sin embargo, su uso presentaba algunos inconvenientes debido a su olor desagradable y al peligro potencial de fugas, las cuales pueden ser peligrosas porque podrían resultar en la generación de gases tóxicos como el monóxido de nitrógeno (NO), un gas que a altas concentraciones puede causar daño pulmonar e incrementar el riesgo de enfermedades cardiovasculares. El NO se puede producir a partir de amoníaco según la siguiente ecuación química:

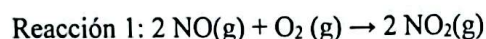


a) (1,5 p) Utilice la Teoría Cinético-Molecular (TCM) de los gases para explicar qué ocurre con la presión en un recipiente indeformable donde se lleve a cabo esta reacción, según se van consumiendo los reactivos y formando los productos (considere que la temperatura se mantiene constante).

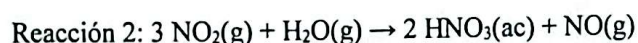
b) (3,5 p) En un laboratorio de 500 m^3 donde inicialmente hay aire con una presión de 1 atm (composición molar del aire 79% N_2 y 21% O_2) a 18°C , se produce una fuga de gas amoníaco procedente del equipo de refrigeración de un reactor. Todo el amoníaco liberado reacciona con el oxígeno del ambiente, produciendo NO cuya presión parcial, luego de 8 h de fuga, es $2,79 \times 10^{-5} \text{ atm}$. Si la temperatura se mantiene constante, determine la fracción molar del NO presente en el laboratorio tras las 8 horas.

Otro de los riesgos asociados a la liberación de monóxido de nitrógeno (NO), es su capacidad de reaccionar con la humedad del aire en la atmósfera, lo que puede dar lugar a la formación de lluvia ácida. Este fenómeno deteriora la calidad del agua y los suelos, afecta la fauna y daña la infraestructura. A pesar de estos efectos negativos, el NO es utilizado en la industria como materia prima para la producción de ácido nítrico (HNO₃), sustancia de vital importancia para la humanidad, puesto que se emplea en la fabricación de fertilizantes agrícolas, fundamentales para la producción alimentaria a gran escala.

El proceso industrial para la fabricación del HNO₃ se conoce como Proceso Ostwald e involucra las siguientes reacciones consecutivas balanceadas:



Rendimiento desconocido



Rendimiento: 100 %

En estas reacciones consecutivas, el dióxido de nitrógeno (NO₂) producido en la primera reacción se utiliza en la segunda. Además, el NO producido en la segunda reacción se recicla para ser usado en otros procesos.

c) (3,5 p) Usted está realizando algunos ensayos para aumentar el rendimiento de la producción industrial de HNO₃. En un reactor indeformable de 1,5 m³ que se encuentra a 450 °C, se introducen 46,86 g de NO y un exceso de O₂. Luego de que termina la primera reacción, se retira el oxígeno en exceso. Finalmente, al NO₂ que queda en el reactor se le agrega un exceso de agua de modo que el NO producido en la reacción 2 genera una presión parcial de 10 mmHg.

- (3 p) Calcule el rendimiento porcentual de la primera reacción.
- (0,5 p) Si el volumen total de la solución de HNO₃(ac) producido es 1 L, ¿cuál es la concentración de HNO₃ en dicha solución en mol/L?

d) (1 p) El NO producido en la reacción 2 se separa y se lleva a un tanque altamente presurizado para almacenarlo para un siguiente proceso. En estas condiciones, se podría decir que el comportamiento del gas se desvía de la idealidad. Explique qué aspectos de los gases no pueden despreciarse en esta situación.

Datos

Elemento	H	C	N	O	F	Cl	Ar	Br
Masa atómica promedio (uma)	1	12	14	16	19	35,5	39,9	79,9
Z	1	6	7	8	9	17	18	35

$$N_A = 6,022 \times 10^{23}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$K = ^\circ\text{C} + 273$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\frac{\text{velocidad de efusión}_1}{\text{velocidad de efusión}_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = \frac{\text{tiempo de efusión}_2}{\text{tiempo de efusión}_1} \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\left(P + \frac{n^2 \cdot a}{V^2} \right) \cdot (V - n \cdot b) = n \cdot R \cdot T$$

San Miguel, 5 de junio de 2024

Año Número

2	0	2	4
---	---	---	---

0	6	3	3
---	---	---	---

Código de alumno

Práctica



Rojas Adrianzen Rubén Eduardo

Apellidos y nombres del alumno (letra imprenta)

Rojas

Firma del alumno

Curso: Química

Práctica N°: 3

Horario de práctica: P-A101

Fecha: 5/6/24

Nombre del profesor: Y. Hernández

Nota

19

Número entero

Art

Firma del jefe de práctica

Nombre y apellido: MCLP
(iniciales)

INDICACIONES

1. Llene todos los datos que se solicitan en la carátula, tanto los personales como los del curso.
2. Utilice las zonas señaladas del cuadernillo para presentar su trabajo en limpio. Queda terminantemente prohibido el uso de hojas sueltas.
3. Presente su trabajo final con la mayor claridad posible. No desglose ninguna hoja de este cuadernillo. Indique de una manera adecuada si desea que no se tome en cuenta alguna parte de su desarrollo.
4. Presente su trabajo final con la mayor pulcritud posible. Esto incluye lo siguiente:
 - redacción, claridad de expresión, corrección gramatical, ortografía y puntuación en su desarrollo;
 - escribir con letra legible, dejando márgenes y espacios que permitan una lectura fácil;
 - evitar borrones, manchas o roturas;
 - no usar corrector líquido;
 - realizar los dibujos, gráficos o cuadros requeridos con la mayor exactitud y definición posibles.
5. No seguir estas indicaciones influirá negativamente en su calificación.

Presente aquí su trabajo

Zona exclusiva para
cálculos y desarrollos
(borrador)

Pregunta 1: $T = 273\text{ K}$ $V = 4\text{ L}$

a) i) CCl_2F_2 : $P_{\text{CCl}_2\text{F}_2} = 74,1\text{ kPa}$, $M_{\text{CCl}_2\text{F}_2} = 121\text{ g/mol}$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow 74,1\text{ kPa} \cdot 4\text{ L} = n_{\text{CCl}_2\text{F}_2} \cdot 0,0821\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273\text{ K}$$

$$\cdot \frac{74,1\text{ kPa} \cdot 1000\text{ Pa}}{1\text{ kPa}} \cdot \frac{1\text{ atm}}{101325\text{ Pa}} = 0,7313\text{ atm}$$

$$\rightarrow 0,7313\text{ atm} \cdot 4\text{ L} = n_{\text{CCl}_2\text{F}_2} \cdot 0,0821\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273\text{ K}$$

$$0,13067\text{ mol} = n_{\text{CCl}_2\text{F}_2} \quad \checkmark$$

CBrF_3 : $9,5 \cdot 10^{22}$ moléculas, $M_{\text{CBrF}_3} = 148,99\text{ g/mol}$

$$\rightarrow 9,5 \cdot 10^{22} \text{ moléculas } \cdot \frac{1\text{ mol } \text{CBrF}_3}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}} = 0,1578\text{ mol } \text{CBrF}_3$$

Ar : 502 mg , $M_{\text{Ar}} = 39,9\text{ g/mol}$

$$\rightarrow 502\text{ mg} \cdot \frac{1\text{ g}}{1000\text{ mg}} \cdot \frac{1\text{ mol Ar}}{39,9\text{ g}} = 0,01258\text{ mol Ar}$$

N_2 : $X_{\text{N}_2} = 0,17 \rightarrow \frac{n_{\text{N}_2}}{n_T} = X_{\text{N}_2} \rightarrow n_{\text{N}_2} = 0,17 \cdot n_T \quad \checkmark$

Número total de moles:

$$0,13067\text{ mol} + 0,1578\text{ mol} + 0,01258\text{ mol} + 0,17 \cdot n_T = n_T$$

$$0,30105\text{ mol} = 0,83 n_T$$

$$0,3627\text{ mol} = n_T \quad \checkmark$$

$$P_T \rightarrow P_T = \frac{0,3627\text{ mol} \cdot 0,0821\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273\text{ K}}{4\text{ L}}$$

$$P_T = 2,0299\text{ atm} \quad \checkmark$$

ii) $\text{R-500} \rightarrow X_{\text{CCl}_2\text{F}_2} = 0,74$

$$X_{\text{CCl}_2\text{F}_2} = \frac{n_{\text{CCl}_2\text{F}_2}}{n_T} = \frac{0,13067\text{ mol}}{0,3627\text{ mol}} = 0,36027 \neq 0,74$$

No es R-500 \checkmark

iii) ~~...~~ $M_{\text{CCl}_2\text{F}_2} = 121\text{ g/mol}$ $M_{\text{Halon 130i}} = 148,99\text{ g/mol}$

$$\frac{V_{\text{R-12}}}{V_{\text{Halon 130i}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{Halon 130i}}}{M_{\text{R-12}}}} = \sqrt{\frac{148,99\text{ g/mol}}{121\text{ g/mol}}} = 1,109$$

$$\rightarrow V_{\text{R-12}} = 1,109 V_{\text{Halon 130i}}$$

La relación nos dice que el refrigerante R-12 es 1,109 veces más rápido que el refrigerante Halon-130i . Esta velocidad de difusión nos indica ~~que~~ el gas tiende a esparcirse en un determinado volumen según su masa molar y temperatura

que ya compare en gas

a) i. 3

ii) 1

iii) 1,5

Presente aquí su trabajo

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

\leftarrow A mayor temperatura mayor energía cinética y mayor velocidad.
 \leftarrow A mayor masa molar, menor será la velocidad.

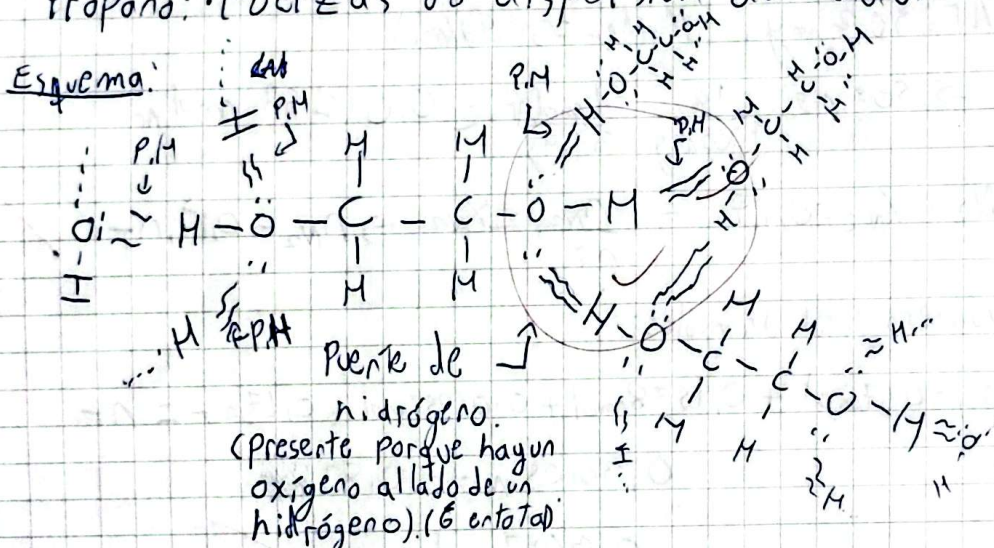
Zona exclusiva para cálculos y desarrollos (borrador)

Por esto el Malon-130 es más lento al momento de difusión que el R-12. Porque ambos tienen misma temperatura pero R-12 tiene menor masa molar.

b) i) Etilenglicol: Fuerza de dispersión de London
 • Fuerza Dipolo-Dipolo
 • Puentes de hidrógeno

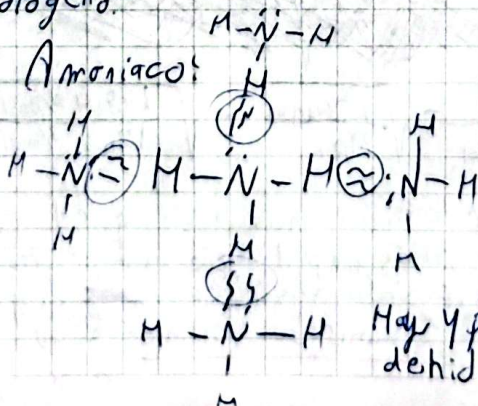
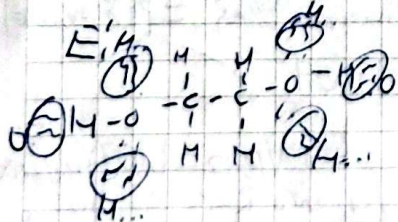
Amoníaco: Fuerzas de dispersión de London
 • Fuerzas Dipolo-Dipolo
 • Puentes de hidrógeno

Propano: Fuerzas de dispersión de London



Cada molécula estaría conectada a otra por 6 puentes de hidrógeno

i) Primero vemos que tantas fuerzas hay en cada sustancia. Como el propano es el que menos posee entonces será el que menos intensidad presenta. Luego se puede apreciar que el Etilenglicol y el Amoníaco tienen las mismas fuerzas. Para determinar cual posee fuerzas más intensas vemos cual posee más puentes de hidrógeno.



Hay 6 puentes de hidrógeno

Hay 4 puentes de hidrógeno.

b) i. 2

Presente aquí su trabajo

Zona exclusiva para
cálculos y desarrollos
(borrador)

El ~~E~~ Etilenglicol posee 2 puentes de hidrógeno más que el Amoniaco, por ende, sus fuerzas son más intensas.

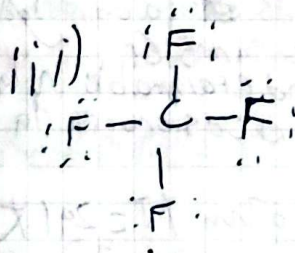
Propano < Amoniaco < Etilenglicol

Fuerzas
↑
menos
intensas

↑ fuerzas más intensas

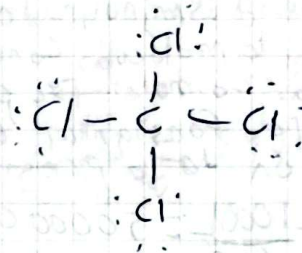
ii) 1,5

La sustancia más volátil será el propano, pues es la que menor intensidad de fuerzas tiene. La volatilidad ~~menor~~ indica que tan probable es que una sustancia pase de líquida a gaseosa (se evapore). A mayor intensidad de fuerzas intermoleculares ~~menor~~ menor será la volatilidad, ya que las fuerzas mantienen a las moléculas unidas y es más difícil separarlas. El propano solo posee F. de London por lo que su intensidad es la más baja en comparación a las otras, ~~siendo~~ siendo así más volátil también.



Tetrafluorometano (CF₄)

• F. de London



Tetraclorometano (CCl₄)

• F. de London

$$V_{\text{CF}_4} < V_{\text{CCl}_4}$$

17,3 uPas 90,1 uPas

iii) 1,5

La viscosidad se relaciona con las fuerzas intermoleculares presentes. Si hay muchas, las moléculas se atraen más y se genera una resistencia al movimiento. Si no son intensas, no serán tan viscosas.

En este caso, ambos refrigerantes tienen la misma cantidad de fuerzas intermoleculares (F. de London). Pero sucede que CCl₄ presenta más viscosidad. Esto ocurre ya que CCl₄ tiene más masa molar que CF₄.

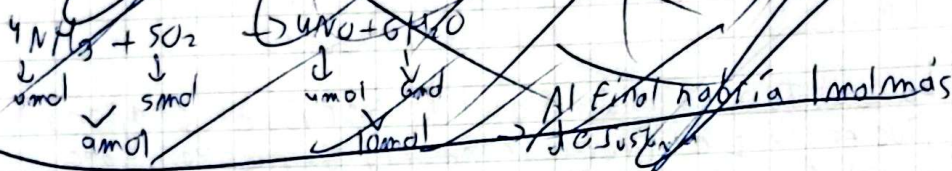
CCl₄ > CF₄ A mayor masa, mayor polarizabilidad y por ende mayor intensidad de la F. de London. Como la F. de London es más intensa en CCl₄ que en CF₄, CCl₄ será más viscoso.

Presente aquí su trabajo

Zona exclusiva para
cálculos y desarrollos
(borrador)

Pregunta 2:

~~En un recipiente indeformable y con temperatura constante, la presión iba aumentando conforme se realizaba la reacción. Esto se debe a que el número de moles de moléculas iba aumentando y según la (TCM) los choques de las moléculas con la superficie del recipiente aumentarían. Como el recipiente es indeformable, este aumento de choques solo causaría un aumento de la presión.~~



2

a) La presión iba disminuyendo. Al principio se tienen 9 moles gaseosos (4 NH_3 y 5 O_2) que al reaccionar formarían solo 4 moles gaseosos (4 NO). Los 6 moles de H_2O son en estado líquido. Según la TCM, mientras ocurre la reacción, el número de moles iba disminuyendo y por ende la cantidad de choques de moléculas con el recipiente también disminuiría. Como el recipiente es indeformable y la temperatura constante, esto solo ocasionaría la disminución de la presión.

a) 1,5

b) $500 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 500000 \text{ L} \quad / \quad p = 1 \text{ atm} \quad / \quad T = 291 \text{ K}$

b) 3,5

$n_T = \text{número de moles de aire}$

$$p \cdot V = R \cdot T \cdot n \rightarrow 1 \text{ atm} \cdot 500000 \text{ L} = 0,0821 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 291 \text{ K} \cdot n_T$$

$$20953,82 = n_T$$

• N_2 : 79%, $20953,82 \text{ mol} = 16553,52 \text{ mol}$

• O_2 : 21%, $20953,82 \text{ mol} = 4400,30 \text{ mol}$

NH_3 se libera y reacciona con ~~el~~ O_2 .

$p_{\text{NH}_3} = 2,79 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$, $T = 291 \text{ K}$

$n_{\text{NO}} = \text{moles NO}$
 $\rightarrow 2,79 \cdot 10^{-5} \text{ atm} \cdot 500000 \text{ L} = 0,0821 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 291 \text{ K} \cdot n_{\text{NO}}$

$0,5846 \text{ mol} = n_{\text{NO}}$

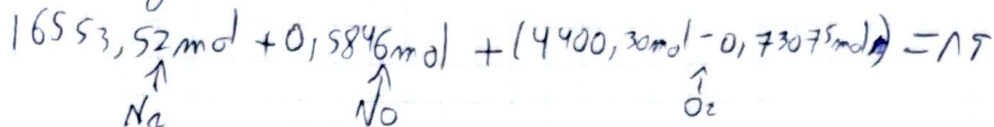
~~16553,52 mol~~ $\rightarrow 0,5846 \text{ mol NO} \cdot \frac{4 \text{ mol NH}_3}{4 \text{ mol NO}} = 0,5846 \text{ mol NH}_3$

$\rightarrow 0,5846 \text{ mol NH}_3 \cdot \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol NH}_3} = 0,73075 \text{ mol O}_2$
 \uparrow O_2 que reacciona

Presente aquí su trabajo

Zona exclusiva para
cálculos y desarrollos
(borrador)

NT Luego de 8 horas:



$$20953,674 = NT$$

$$X_{NO} = \frac{0,5846 \text{ mol}}{20953,674} = 2,78996 \cdot 10^{-5}$$

$$c) i) 46,89 \cdot \frac{1 \text{ mol } NO}{28 \text{ g}} = 1,674 \text{ mol } NO$$

$$10 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \cdot 1,5 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 1,674 \cdot 0,08206 \text{ L} \cdot \frac{723 \text{ K}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$0,3329 \text{ mol} = n_{NO} \leftarrow \text{Rendimiento real}$$

$$RT(100\%) \rightarrow 1,674 \text{ mol } NO \cdot \frac{2 \text{ mol } NO_2}{2 \text{ mol } NO} = 1,674 \text{ mol } NO_2$$

$$1,674 \text{ mol } NO_2 \cdot \frac{1 \text{ mol } NO}{3 \text{ mol } NO_2} = 0,558 \text{ mol } NO$$

$$\times \frac{3 \text{ mol } NO_2}{1 \text{ mol } NO} = 0,99 \text{ mol } NO_2 \rightarrow \frac{0,99}{1,56} \times 100 = 63,46\%$$

$$\text{Rendimiento real: } \frac{0,3329 \text{ mol } NO}{0,558 \text{ mol } NO} = 59,659\% \quad X$$

La primera reacción tiene un rendimiento de 59,659%.

$$ii) 1,674 \text{ mol } NO \cdot \frac{2 \text{ mol } NO_2}{2 \text{ mol } NO} \cdot 59,659\% = 0,999 \text{ mol } NO_2$$

$$0,999 \text{ mol } NO_2 \cdot \frac{2 \text{ mol } HNO_3}{3 \text{ mol } NO_2} = 0,666 \text{ mol } HNO_3$$

$$V=1L \rightarrow M = \frac{n}{V} = \frac{0,666 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,666 \text{ M}$$

d) No se puede despreciar el volumen de las partículas del gas ni las fuerzas de atracción y repulsión entre estas. A altas presiones las fuerzas de atracción y repulsión sí pueden variar la velocidad de las partículas y el volumen de estas afectan también el volumen total. Además, los choques entre partículas dejan de ser elásticos y se empieza a perder un poco de energía.