

QUÍMICA 1

EXAMEN 2

SEMESTRE ACADÉMICO 2020-2

Todos los horarios

Duración: 2 horas

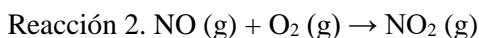
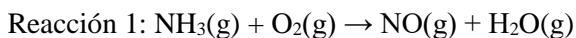
Elaborado por todos los profesores

- **El tiempo establecido para el desarrollo de la prueba es de 2 HORAS: 8:00 a.m.– 10:00 a.m.**
- **Tiempo para subida de archivos: 1 hora (10:00 - 11:00 a.m.)**

INDICACIONES:

- El profesor del horario iniciará la sesión a las 8:00 am vía Zoom para dar las indicaciones generales antes de empezar la prueba.
- La prueba será colocada en la plataforma PAIDEIA y se podrá visibilizar a las 8:00 am.
- El profesor del horario permanecerá conectado a través del Zoom y de la opción Foro en PAIDEIA en caso se requiera hacer alguna aclaración general acerca del texto. **NO HAY ASESORÍAS DURANTE EL EXAMEN.**
- En PAIDEIA se habilitará una carpeta de **ENTREGA DEL SEGUNDO EXAMEN** con un plazo que vence transcurridas las 3 horas programadas para la sesión. **NO SE ACEPTARÁ NINGÚN ARCHIVO FUERA DEL PLAZO ESTABLECIDO.**
- El nombre del archivo debe configurarse así: **Q1-EX2**
- En caso suba varios archivos, tenga cuidado de numerarlos en el nombre del archivo. Por ej., **Q1-EX2-1, Q1-EX2-2**
- El desarrollo de la prueba debe hacerse manualmente. **NO OLVIDE COLOCAR SU NOMBRE Y CÓDIGO EN CADA HOJA DEL DOCUMENTO.**
- El documento con su resolución puede escanearse o fotografiarse para subirlo a PAIDEIA.
- Asegúrese de subir los archivos correctos y que estos tengan la extensión jpg, doc, docx o pdf.
- Todos los datos necesarios se dan al final de este documento. **NO DEBE UTILIZAR NINGÚN MATERIAL EXTRA AL PROPORCIONADO EN EL EXAMEN. En caso de no cumplir con esta indicación su prueba será ANULADA.**
- La prueba consta de 2 preguntas que dan un puntaje de 20 puntos.
- **Si ingresa al PAIDEIA a visualizar el examen y no entrega su resolución se le considerará como nota: CERO.**
- La evaluación es personal. Aun cuando esté en su casa, es importante que sea consciente de que es usted el que será evaluado, por lo que debe desarrollar la evaluación de manera individual e independiente. Confiamos en su honestidad, como valor fundamental del ser humano.
- **En caso de plagio, su prueba será ANULADA, sin opción al examen especial.**

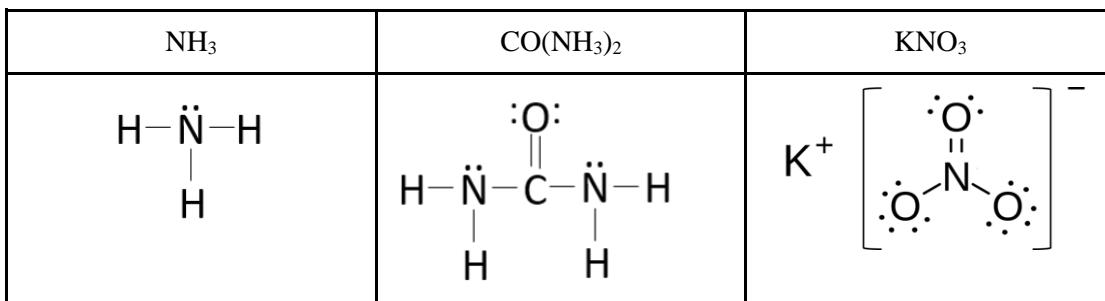
-
1. (10 puntos) El proceso Ostwald tiene como objetivo la obtención de HNO_3 a partir de NH_3 por medio de una serie de reacciones sucesivas, y es uno de los procesos químicos más importantes a nivel industrial, dado que el HNO_3 es necesario para la producción de una gran cantidad de fertilizantes, tintes y explosivos. Las dos primeras reacciones del proceso son las que se muestran a continuación:



- a. (5,0 p) Para llevar a cabo el proceso de una manera un poco diferente a la tradicional, en un recipiente hermético de 150 L se lleva a cabo la reacción 1 a una temperatura de 600 °C y en presencia de un gran exceso de O_2 (suficiente para todo el proceso). Al final de esta reacción 1, la fracción molar del O_2 en el recipiente es 0,2. Luego, toda la mezcla obtenida se lleva a otro recipiente hermético ($V = 30 \text{ L}$), se baja la temperatura hasta 50 °C para que toda el agua condense y se pueda eliminar del recipiente, y, en ese momento, comienza la reacción 2. Al final de esta reacción 2, todo el NO se ha consumido y la presión parcial de NO_2 en el recipiente es 5,2 atm. Calcule el número de moles de NO producidos en la primera reacción, qué masa de NH_3 se necesitó, y la presión que había en el primer recipiente (el de 150 L) al inicio del proceso.
- b. (1,0 p) En el caso de que la presión al final de alguna de las dos reacciones fuera de aproximadamente 30 atm, ¿se podría seguir considerando a los gases presentes como ideales?
- c. (2,0 p) Parte del NO producido debe ser transportado a otra fábrica. El transporte de este compuesto debe realizarse en estado líquido, por cuestiones de seguridad. A continuación, tiene algunos datos sobre el NO:

Punto triple	10,50 K y 21,92 kPa
Punto crítico	-93 °C y 6480 kPa
T normal de fusión	109,53 K
T normal de ebullición	121 K

- i. (1,0 p) Dibuje el diagrama de fases correspondiente señalando todos los puntos y zonas importantes del mismo, así como los equilibrios que tienen lugar. En base a dicho diagrama, explique cuál es la mínima presión a la que podría llevarse a cabo el transporte.
- ii. (1,0 p) Si para que el proceso de condensación sea seguro se decide mantener siempre una presión de 1 atm, dibuje la curva de enfriamiento correspondiente desde 50 °C hasta el punto exacto en el que todo el NO se encuentre en fase líquida.
- d. (2,0 p) Los compuestos mencionados en este texto son muy importantes en la industria de los fertilizantes, ya que las plantas necesitan nitrógeno para poder llevar a cabo algunas de sus funciones vitales esenciales y, así, crecer. Tres sustancias importantes en esta industria son el amoniaco (NH_3), la urea ($\text{CO}(\text{NH}_3)_2$) y el nitrato de potasio (KNO_3).



- i) (0,5 p) ¿Qué tipo de sólido forma cada una de estas tres sustancias?
- ii) (1,0 p) ¿Cuál de las tres sustancias tiene una menor temperatura de ebullición? Explique su respuesta.
- iii) (0,5 p) Si rociamos una superficie con cada una de las **dos primeras** sustancias en estado líquido, ¿cuál permanecerá más tiempo en la superficie? Explique su respuesta.

2. (10 puntos) A continuación, se describe dos casos que están siendo investigados por peritos de la policía de investigaciones:

Caso 1: Incendio

Se está investigando las posibles causas de un incendio en una localidad del norte del país y se sospecha que un accidente ocurrido en la zona podría haber sido el causante.

El accidente se produjo por un derrame de ácido nítrico (HNO_3) del tanque de un camión que transportaba el producto. Al ocurrir este accidente, los bomberos neutralizaron el ácido derramado usando carbonato de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3(s)$). La reacción que se produjo se presenta a continuación:

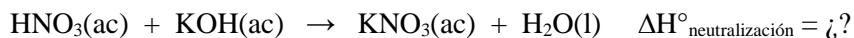


- a. (1,5 p) El ácido derramado tenía una concentración de 15,78 mol/L y se estima que la cantidad derramada fue aproximadamente $7,57 \times 10^4$ litros, determine la masa de carbonato de sodio (Na_2CO_3 , 106 g/mol) necesaria para neutralizar completamente todo el ácido derramado.

El perito quiere determinar el calor desprendido en este proceso de neutralización, para ello dispone de la siguiente información:

Sustancia	NaNO ₃ (ac)	H ₂ O(l)	Na ₂ CO ₃ (s)	CO ₂ (g)
ΔH° _f (kJ/mol) a 25 °C	- 467	- 285,8	- 1131	- 393,5

- b. (4,0 p) Para determinar el ΔH°_f del HNO₃(ac) se realizaron los siguientes procesos a presión constante. En un calorímetro (capacidad calorífica 80 J/°C) se colocó 20 mL de una solución acuosa 0,4 M de hidróxido de potasio (KOH(ac)). Luego se agregó 15 mL de una solución acuosa 0,8 M de ácido nítrico (HNO₃(ac)). La variación de temperatura registrada fue de 2 °C. La reacción que ocurrió fue la siguiente:



La solución final tuvo una densidad aproximadamente igual a 1 g/mL y un calor específico de 4,184 J/g°C. Su volumen fue estimado considerando que los volúmenes de ácido y de base usados eran aditivos.

Luego de calcular el ΔH°_{neutralización} en kJ/mol de agua producida y usando los siguientes datos, el perito determinó el valor de ΔH°_f del HNO₃(ac):

Sustancia	KNO ₃ (ac)	H ₂ O(l)	KOH(ac)
ΔH° _f (kJ/mol) a 25°C	- 457,8	- 285,8	- 481

Realice los cálculos correspondientes a los procesos que desarrolló el perito y luego calcule el calor desprendido (en kJ) en la neutralización con carbonato de sodio de **todo el ácido derramado**.

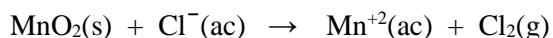
- c. (0,5 p) Si se considera que **por encima de 1 x 10⁶ kJ** de calor desprendido ya se tienen condiciones de riesgo de incendio, determine si el calor desprendido al neutralizar **todo el ácido derramado** con carbonato de sodio pudo ser la causa del incendio. Explique su respuesta.

Caso 2: Estafa

Se investiga un caso de estafa en donde una empresa exportadora de minerales es sospechosa. El producto involucrado en el caso es la pirolusita, un mineral de color negro y café que contiene dióxido de manganeso (MnO₂, 87 g/mol). La ficha de compra indica una **pureza de 87 %**.

Para confirmar este valor, el perito realiza una prueba en el laboratorio. La prueba consiste en someter 5 gramos de una muestra de pirolusita a un tratamiento con una solución de ácido clorhídrico (HCl(ac)). Como resultado de este proceso se obtuvo 1,8 g de cloro (Cl₂(g)).

La forma iónica de la reacción ocurrida en este proceso se representa a continuación:



- a. (2,0 p) Balancee la reacción por el método del ion electrón en medio ácido. Identifique las semirreacciones de oxidación y reducción, los agentes oxidante y reductor, así como las especies oxidada y reducida.
- b. (2,0 p) Determine a qué conclusión llega el perito en relación con la pureza del mineral y si existe evidencia de estafa. Considere que la reacción procede con un rendimiento del 100 %.

DATOS

Elemento	H	C	N	O	K
Z	1	6	7	8	19
Masa (uma)	1	12	14	16	39,1

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

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

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

$$101325 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$q = C \cdot \Delta T$$

San Miguel, 26 de diciembre de 2020

1)

a) Reacción 1



$$\text{M}_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g/mol}$$

$$\text{Volumen: } 150 \text{ L}$$

$$T^\circ = 600^\circ\text{C} + 273 = 873 \text{ K}$$

Se consume todo el NH_3

Al final sobra O_2 , NO , $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$$\chi_{\text{O}_2} = 0,2$$

$$\bullet P_{\text{NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2} \cdot R \cdot T}{V} \quad n_{\text{NO}_2} \cdot R \cdot T = 5,2 \text{ atm}$$

$$\frac{n_{\text{NO}_2} \cdot V \cdot 5,2}{R \cdot T} = \frac{30 \cdot 5,2}{0,082 \cdot 323} = 5,8899 \text{ mol de NO}_2 \text{ producido} \quad \checkmark$$

$$\bullet n_{\text{NO}} : 5,8899 \text{ mol NO}_2 \times \frac{2 \text{ mol NO}}{2 \text{ mol NO}_2} = 5,8899 \text{ mol NO consumido, que fueron traídos de la reacción 1.} \quad \checkmark$$

$$\bullet n_{\text{NH}_3} : 5,8899 \text{ mol NO} \times \frac{4 \text{ mol NH}_3}{4 \text{ mol NO}} = 5,8899 \text{ mol NH}_3 \quad \checkmark$$

$$\text{NH}_3 \times \frac{17 \text{ g}}{1 \text{ mol NH}_3} = 100,1283 \text{ g de NH}_3 \quad \checkmark$$

$$\rightarrow 100,128 \text{ g de NH}_3$$

$$\bullet n_{\text{O}_2 \text{ consumido}} : 5,8899 \text{ mol NO} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol NO}} = 7,362375 \text{ mol O}_2 \quad \checkmark$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} : 5,8899 \text{ mol NO} \times \frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol NO}} = 8,83485 \text{ mol H}_2\text{O producido} \quad \checkmark$$

$$\bullet \chi_{\text{O}_2} = 0,2 = \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{O}_2} + n_{\text{NO}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \checkmark$$

$$0,2(n_{\text{O}_2} + 5,8899 + 8,83485) = n_{\text{O}_2}$$

$$0,2n_{\text{O}_2} + 0,2 \times 5,8899 + 0,2 \times 8,83485 = n_{\text{O}_2}$$

$$\therefore = n_{\text{O}_2} - 0,2n_{\text{O}_2}$$

$$\therefore = 0,8n_{\text{O}_2}$$

$$0,2 \times 5,8899 + 0,2 \times 8,83485 = n_{\text{O}_2}$$

$$0,8$$

$$n_{\text{O}_2 \text{ sobrante}} = 3,6811875 \text{ mol O}_2 \quad \checkmark$$

$$\bullet n_{\text{O}_2 \text{ eliminado}} = n_{\text{O}_2 \text{ consumido}} + n_{\text{O}_2 \text{ sobrante}} = 7,362375 + 3,6811875 = 11,0436 \text{ mol O}_2 \quad \checkmark$$

$$\bullet P_{\text{total}} = \frac{n_{\text{total}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{(5,8899 + 11,0436) \cdot 0,082 \cdot 873}{150} = 5,27 \text{ atm era la presión al principio} \quad \checkmark$$

$$8,081 \text{ atm} \quad \checkmark$$

5,0 p



b) No, ya no se pedía decir que son ideales. Al estar sometidos a 30 atm de presión, las moléculas tenderían que estar muy cerca entre si. En tal caso, comenzarían a surgir fuerzas de atracción intermolecular entre ellas. Como esto es una variable que no define la teoría a los gases ideales, ya no lo sentimos. (Porque la teoría dice que para gases ideales dice que las moléculas en estado gaseoso no ejercen fuerza de atracción o repulsión entre ellas). ¿Qué pasa con el volumen molecular??

c) i) $P_T = 10,50 \text{ K} - 273 = -262,5^\circ\text{C}$

$$21,92 \times 10^3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} = 0,216333 \text{ atm}$$

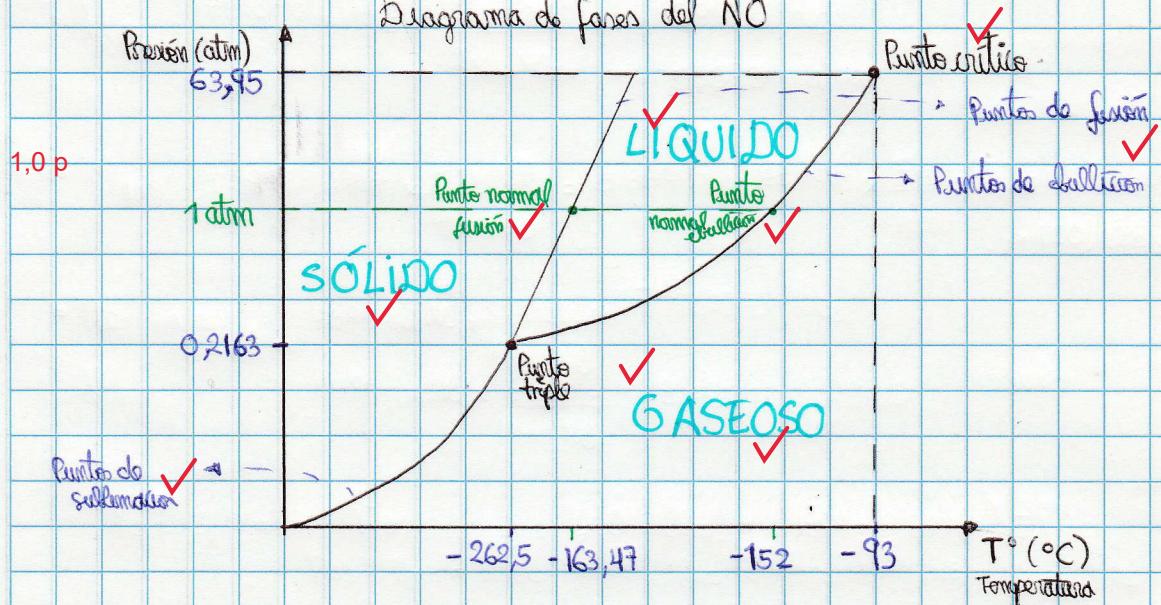
$$P_C = -93^\circ\text{C} + 273 = -93^\circ\text{C}$$

$$6480 \times 10^3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} = 6206,85 \text{ atm} \quad 63,9526 \text{ atm}$$

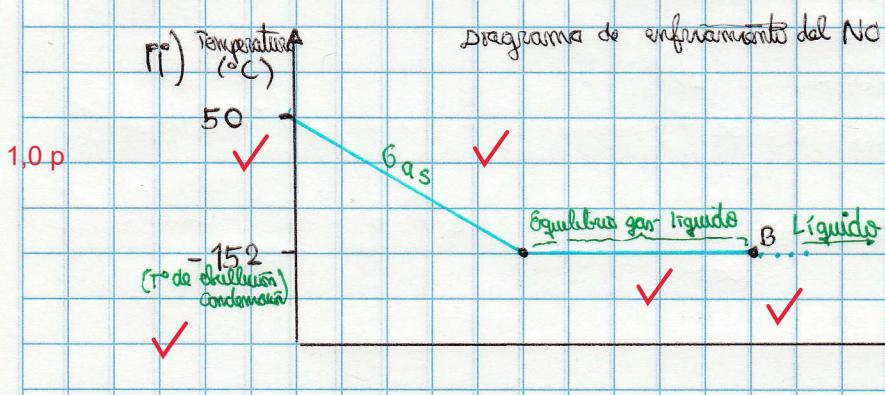
$$T_{nf} = 109,53 \text{ K} - 273 = -163,47^\circ\text{C}$$

$$T_{nne} = 121 \text{ K} - 273 = -152^\circ\text{C}$$

Diagrama de fases del NO



Como se aprecia, para que el est. sólid. NO esté en estado líquido, debe encontrarse a 0,2163 atm de presión como máxima. A presiones menores ya no estaría en est. líquido.



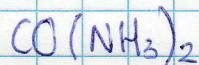
En B, todo el NO gaseoso habrá pasado a fase líquida.

d) i)

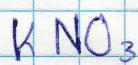


0,5 p

Es un sólido molecular



Es un sólido molecular



Es un sólido iónico

[Porque existen iones K^+ y NO_3^-]

ii)

✓ London



✓ Dipolo-Dipolo



$\neq \text{N} \neq 0$



N con pares libre y
H unidos a N!!!

✓ London (todos)



✓ Dipolo-Dipolo



$\neq \text{N} \neq 0$ (no se
anula, hay polaridad
por diferencia de polaridad
electronegatividad con el O.)

✓ P. de hidrógeno, pg
Tiene enlace N-N y
el N tiene e libre.

Tiene el mayor punto de ebullición,

pues así se caracterizan las

atracuaciones electrostáticas en

un sólido iónico

→ sustancia

0,5 p

De los 3, el NH_3 es el que tiene menor T° de ebullición pues sus fuerzas intermoleculares son las más débiles. No tiene Dipolo, por lo que no tiene p. Hidrógeno (que es más fuerte que los dipolos) y el KNO_3 tiene fuertes atracciones electrostáticas.

=> es menos volátil!!!!

iii)

0,25 p

El que permanecerá más tiempo en la superficie es el $\text{CO}(\text{NH}_3)_2$, porque la mayor fuerza intermolecular que se genera con su punto de hidrógeno la hace más resistente, y resiste más el desprendimiento. Por el contrario, el NH_3 tiene menos fuerza intermolecular que resiste el movimiento, pues no tiene hasta dipolo-dipolo.

2)



a)

$$\text{M}_{\text{HNO}_3} = 15,78 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \times 7,57 \times 10^4 \text{ L} = 1,194546 \times 10^6 \text{ mol} \text{ HNO}_3$$

$N = \text{Volumen} \times \text{Molaridad}$

1,5 p

$$\text{Masa Na}_2\text{CO}_3 = 1194546 \text{ mol HNO}_3 \times 1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \times \frac{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{2 \text{ mol HNO}_3} = 63310938 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3$$

$\Rightarrow 6,331 \times 10^7 \text{ g.}$

para neutralizar el ácido

b) $q_{\text{liberado}} + q_{\text{absorbido}} = 0 \quad \checkmark$

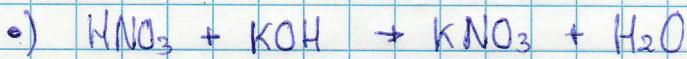
$-q_{\text{liberado}} = q_{\text{absorbido}} \quad \checkmark$

$-q_{\text{liberado}} = q_{\text{calor molar}} + q_{\text{luminosidad}} = C \cdot \Delta T + MCAT \quad \checkmark$

$-q_{\text{liberado}} = 80 \frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \times 2^{\circ}\text{C} + (20 + 15) \text{ml} \times \frac{1}{1,01} \times 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \times 2^{\circ}\text{C} \quad \checkmark$

$-q_{\text{liberado}} = 452,88 \text{ J}$

$q_{\text{liberado}} = -452,88 \text{ J.} \quad \checkmark$



$n = 0,05 \times 0,8 \quad n = 0,4 \times 0,02$

$n = 0,012 \text{ mol} \quad \checkmark \quad n = 0,008 \text{ mol} \quad \checkmark$

$0,012 > 0,008$

el RL → se consume HNO_3 , $0,012 \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 0,012 \text{ mol de KOH}$, → el KOH en el RL. \checkmark

$n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,008 \text{ mol KOH} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol KOH}} = 0,008 \text{ mol H}_2\text{O} \quad \checkmark$

$$\rightarrow \Delta H^\circ = \frac{-452,88 \text{ J}}{0,008 \text{ mol}} = -56610 \frac{\text{J} \times 10^{-3}}{\text{mol agua producida}} = -5,661 \text{ kJ/mol} \quad \checkmark$$

c) $\Delta H^\circ_{\text{rea}} = [1 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O} + 1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ \text{ KNO}_3] - [1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3 + 1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ \text{ KOH}]$

$-56610 \checkmark = -285,8 - (-457,8)$

$-5,661 = 1 \text{ mol} \times (-285,8) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (-457,8) \text{ kJ} - (\Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3 + (-481))$

$-5,661 = -285,8 - 457,8 - \Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3 + 481$

$\Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3 = -256,939 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -205,99 \text{ kJ/mol} \quad \checkmark$

c) $\Delta H^\circ_{\text{neut}} = [2 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ \text{ NaNO}_3 + 1 \text{ mol} \Delta H^\circ \text{ H}_2\text{O} + 1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ \text{ CO}_2] - [2 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3 + 1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ \text{ Na}_2\text{CO}_3]$

$\Delta H^\circ_{\text{neut}} = [2 \times (-467) + 1(-285,8) + 1(-393,5)] - [2 \times (-256,939) + 1(-1131)]$

$\Delta H^\circ_{\text{neut}} = 31,578 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -70,32 \text{ kJ} \quad \checkmark$

4,0p

c) 633109

$$1144546 \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{2} \times \frac{1 \text{ mol neutras.}}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{-31,578 \text{ kJ}}{1 \text{ mol neutras.}} = \frac{-70,32 \text{ kJ}}{48,86 \times 10^6 \text{ kJ/se}} = \frac{-70,32 \text{ kJ}}{-42 \times 10^6 \text{ kJ}} \quad \checkmark$$

$-4,2 \times 10^7 \text{ kJ.} \quad \checkmark$

Se desprende $4,2 \times 10^7 \text{ kJ.} \quad \checkmark$

42

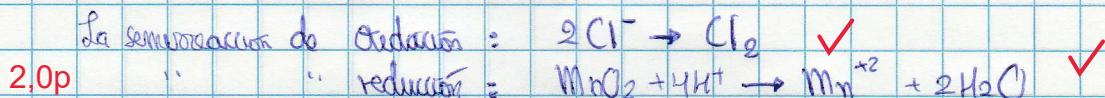
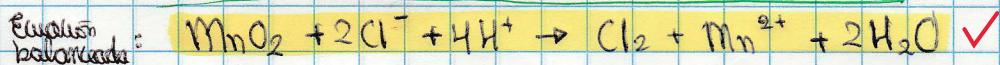
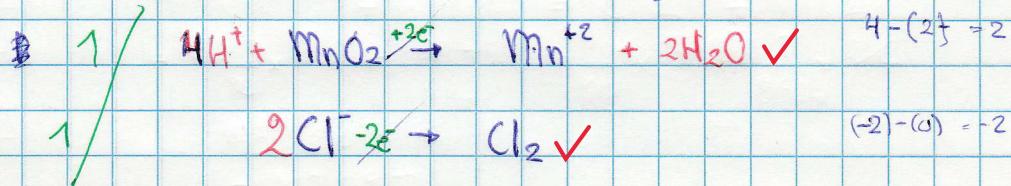
c) Como $48,86 \times 10^6 > 1 \times 10^6 \text{ kJ}$, se hay condiciones para riesgo de incendio. Por ello, el calor de neutralizacón puede ser la causa del incendio, pues supera el límite de riesgo de 10^6 kJ. \checkmark

0,5p



Caso 2

a)



Agente oxidante: MnO_2 ✓

Espectro reducido: Mn^{+2} ✓

Agente reductor: Cl^- ✓

Espectro oxidado: Cl_2 ✓

b) Masa: $1,8 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol}}{71 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{87 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 2,205633 \text{ g de MnO}_2$

$$\text{M Cl}_2 = 2 \times 35,5 = 71 \text{ g/mol}$$

$$\% \text{ pureza} = \frac{\text{Masa } \text{real}}{\text{Toda masa}} \times 100 = \frac{2,205633 \text{ g}}{5 \text{ g}} \times 100 = 44,1126 \% \text{ pureza}$$

Sí, hay estafa. El verdadero porcentaje de pureza es 44,11% o 87%.

2,0p