

Olimpiada de Química 2024

- 1.- El radio atómico del neón es más pequeño que el fósforo porque...
- a) el fósforo tiene más protones que el neón, lo que hace que aumenten las fuerzas de repulsión en el átomo.
 - b) los electrones en un átomo de neón se encuentran todos en un único nivel de energía.
 - c) a diferencia del neón, el fósforo tiene electrones en su tercer nivel de energía.
- 2.- ¿Cuál de las siguientes configuraciones electrónicas es la configuración del ion Zn^{2+} ($Z = 30$)?
- a) $[\text{Ar}] 3d^{10}$
 - b) $[\text{Ar}] 4s^2 3d^8$
 - c) $[\text{Ar}] 4s^2 4d^8$
- 3.- ¿Cuál de las siguientes combinaciones de números cuánticos (n, l, m_l) es imposible para un electrón de un átomo?
- a) (3, 1, 1)
 - b) (5, 3, -3)
 - c) (5, 3, 4)
- 4.- ¿Cuál de los siguientes átomos neutros tiene más electrones desapareados?
- a) Ti
 - b) Ni
 - c) Mn
- Valores de Z . Ti = 22, Ni = 28, Mn = 25
- 5.- La primera energía de ionización de un átomo de Cl es 1,25 MJ/mol y la primera energía de ionización para un átomo de Ar es 1,52 MJ/mol. ¿Cómo será el valor de la primera energía de ionización de un átomo de K comparado con los valores anteriores?
- a) Será más grande que ambos porque el potasio posee una mayor carga nuclear que el cloro y el argón.
 - b) Será menor que ambos porque el electrón de valencia del potasio está más lejos del núcleo que los del cloro o el argón.
 - c) Será menor que ambos porque hay más electrones en el potasio, por lo que se repelerán más entre ellos y la energía necesaria para quitar uno de ellos será menor.
- 6.- Si queremos ajustar la siguiente reacción $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ de forma que todos los coeficientes sean números enteros y lo más bajos posible, el coeficiente para el NH_3 será...
- a) 3
 - b) 4
 - c) 2
- 7.- Considere la siguiente reacción: $2 \text{HBr} (\text{aq}) + \text{Zn} (\text{s}) \rightarrow \text{ZnBr}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$. Disponemos de 13,1 g de cinc metálico y de una disolución 0,1 M de HBr. ¿Cuál es el volumen de disolución de HBr que habrá que añadir para que reaccione todo el cinc?
- a) 4 L
 - b) 3 L
 - c) 2 L

Masas atómicas. Zn = 65,4; Br = 80; H = 1

8.- Se desea preparar 200 mL de una disolución acuosa 0,5 M de HNO_3 . Se dispone de una botella que contiene una disolución concentrada de HNO_3 de densidad 1,39 g/mL y riqueza del 65 %. El volumen de la disolución concentrada de HNO_3 que se necesita será...

- a) 13,95 mL
- b) 8,35 mL
- c) 6,97 mL

Masas atómicas. O = 16; N = 14; H = 1

9.- ¿Cuántos gramos de oxígeno gas se generarán cuando se descomponen 12,25 g de clorato de potasio, según la reacción $2 \text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{KCl}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g})$?

- a) 2,40 g
- b) 3,20 g
- c) 4,80 g

Masas atómicas. K = 39; Cl = 35,5; O = 16

10.- Cuando tiene lugar la siguiente reacción $\text{C}_x\text{H}_y(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (la ecuación está sin ajustar) se forman 1,5 L de CO_2 , a presión de 1 atm y 298 K, y 0,737 g de H_2O . ¿Cuál es la fórmula empírica del hidrocarburo?

- a) CH_2
- b) C_3H_4
- c) C_2H_3

Masas atómicas. O = 16; C = 12; H = 1. R = 0,082 atm·L·K⁻¹·mol⁻¹

11.- Para la siguiente reacción: $\text{MnO}_2 + 2 \text{Cl}^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ los agentes oxidante y reductor son, respectivamente...

- a) MnO_2 y Cl^-
- b) Cl^- y MnO_2
- c) Cl^- y Cl_2

12.- Respecto a la reacción $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$, elija la respuesta correcta.

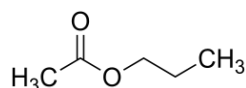
- a) No es un proceso redox.
- b) Los iones OH^- se oxidan a agua.
- c) Los iones H^+ son reducidos a agua.

13.- Para la siguiente reacción $\text{Au}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{Au} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$, indique la respuesta correcta.

- a) El peróxido de hidrógeno se oxida a agua
- b) El peróxido de hidrógeno es el reductor
- c) El ión Au^{3+} es oxidado

14.- El olor y sabor característico de las peras se debe al acetato de propilo. ¿Qué grupo o grupos funcionales tiene el acetato de propilo?

- a) Cetona y éter
- b) Ácido carboxílico y cetona
- c) Éster



15.- ¿Cuál de los isómeros, *cis* o *trans*, del 1,2-dicloroetano posee momento dipolar?

- a) *Cis*
- b) *Trans*
- c) Ninguno

16.- Se dispone de 25 mL de una disolución 0,1 M de NaOH sobre la que se añade otra disolución. ¿En qué caso de los siguientes se formará una disolución reguladora?

- a) Se le añade 50 mL de disolución 0,1 M de NH_3 .
- b) Se le añade 50 mL de disolución 0,1 M de ácido acético.
- c) Se le añade 50 mL de disolución 0,1 M de acetato de sodio.

$K_a(\text{HAc}) = 1,8 \times 10^{-5}$, $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$

17.- El producto de solubilidad del yoduro de mercurio(II) en agua a 18°C es $1,0 \times 10^{-28}$. ¿Cuál es su solubilidad en una disolución 0,01 M de yoduro de potasio a 18°C ?

- a) $1,0 \cdot 10^{-26}$ M
- b) $1,0 \cdot 10^{-24}$ M
- c) $1,0 \cdot 10^{-16}$ M

18.- En el compuesto SiF_4 todas las distancias de enlace Si-F y todos los ángulos F-Si-F son iguales. Por ello,

- a) la molécula presenta momento dipolar no nulo.
- b) la molécula es plano-cuadrada, con el átomo de Si situado en el centro.
- c) la molécula es tetraédrica, con el átomo de Si situado en el centro.

19.- Use las energías de enlace que considere de entre las que se dan a continuación para estimar el valor de ΔH° de la reacción $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$.

Energías de enlace ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$). H-H: 436; H-N: 386; N-N: 193; N=N: 418; $\text{N} \equiv \text{N}$: 941

- a) $-590 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- b) $-67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- c) $815 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

20.- El ácido nitroso, HNO_2 , tiene una $K_a = 4,5 \times 10^{-4}$. De las siguientes afirmaciones, ¿cuál es la que mejor describe las especies presentes en una disolución acuosa 0,1 M de ácido nitroso?

- a) El $\text{HNO}_2(\text{aq})$ es la especie predominante y, en menor cantidad, también existen $\text{H}^+(\text{aq})$ y $\text{NO}_2^-(\text{aq})$.
- b) $\text{H}^+(\text{aq})$ y los $\text{NO}_2^-(\text{aq})$ son las especies predominantes y, en menor cantidad, también existe el $\text{HNO}_2(\text{aq})$.
- c) Las 3 especies, $\text{HNO}_2(\text{aq})$, $\text{H}^+(\text{aq})$ y $\text{NO}_2^-(\text{aq})$, están presentes en cantidades comparables.

21.- Para el proceso $2 \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ la velocidad de reacción viene dada por $v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- a) Las unidades de la constante k son $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.
- b) El orden total de la reacción es 4.
- c) Si el volumen se reduce a la mitad, la velocidad de la reacción se multiplica por 8.

22.- Se dispone de dos recipientes cerrados de igual volumen. Uno de ellos contiene oxígeno en estado gaseoso, a una determinada presión y temperatura. El otro contiene dióxido de carbono gaseoso, a la misma presión y temperatura. En esas condiciones...

- a) el contenido de ambos recipientes pesa lo mismo.
- b) el número de moléculas de ambos recipientes es el mismo.
- c) el número de átomos de ambos recipientes es el mismo.

23.- Para tres disoluciones 0,1 M de cloruro de sodio, bromuro de magnesio y glucosa (C₆H₁₂O₆) en agua, señale la proposición correcta.

- a) La disolución de bromuro de magnesio es la que tiene mayor temperatura de ebullición.
- b) La disolución de glucosa es la que tiene la temperatura de ebullición más alta.
- c) Las tres disoluciones tienen la misma temperatura de ebullición.

24.- El equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2(\text{g})$, a temperatura constante ...

- a) no varía si se introduce Ar a volumen constante.
- b) no varía si se reduce el volumen del recipiente.
- c) al aumentar el volumen del recipiente al doble, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

25.- Para la siguiente reacción: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$, $\Delta H = + 58.2 \text{ kJ}$ ¿cuál de las siguientes modificaciones producirá un aumento en la concentración de $\text{NO}_2(\text{g})$?

- a) Una disminución del volumen.
- b) Un aumento de la presión.
- c) Un aumento de la temperatura.

26.-Una sustancia es gaseosa a temperatura ambiente. ¿Cuál de estas frases es falsa?

- a) No puede ser un compuesto iónico.
- b) Puede ser un compuesto molecular de pequeño tamaño con enlace covalente.
- c) No podemos asegurar nada ya que podría presentar cualquier tipo de enlace.

27.- **A** es el primer elemento del grupo 16, **X** es el elemento de número atómico 6 y **Z** es el tercer elemento del grupo 1. Diga qué frase es la correcta.

- a) **A** y **X** forman un compuesto gaseoso, mientras que **A** y **Z** forman un compuesto sólido a temperatura ambiente.
- b) **A** y **X** son elementos no metálicos que se encuentran como gases a temperatura ambiente.
- c) **A** forma con **X** y con **Z** compuestos de la misma estequiometría: **AX₂** y **AZ₂**.

28.- ¿Cuál es el pH de una disolución de NH_4Br 0,3 M?

- a) 4,89
- b) 5,29
- c) 8,71

$$K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$$

29.- Las fuerzas de London...

- a) hacen que aumente la temperatura de ebullición del agua.
- b) son mayores en I_2 que en Cl_2 .
- c) son predominantes en los sólidos iónicos.

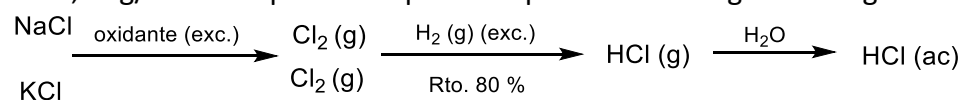
30.- La síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno es una reacción exotérmica muy lenta debido a la fortaleza del enlace nitrógeno-nitrógeno.

- a) Si se trabaja a temperaturas altas aumenta el rendimiento y la velocidad de la reacción.
- b) El uso de un catalizador trabajando a presiones y temperaturas lo más altas posible es la mejor solución para la obtención industrial del amoníaco.
- c) El uso de un catalizador y trabajar a temperaturas lo más bajas posible y presiones lo más altas posible aumenta el rendimiento y la velocidad de reacción.

Olimpiada de Química 2024

Problema 1

Se dispone de una mezcla de sales que contiene 40 % en masa de NaCl y 60 % de KCl. Cierta cantidad de esta mezcla se trata con un oxidante en exceso y todo el cloruro se transforma en Cl₂ gaseoso. El cloro gas liberado se hace reaccionar con H₂ gas en exceso, formando HCl (g) con un rendimiento del 80 %. Seguidamente, el HCl (g) obtenido se absorbe en agua dando 500 mL de disolución del 13,6 % de riqueza en masa y densidad $d = 1,13$ g/mL. El esquema del proceso que ha tenido lugar es el siguiente:



- Calcule la masa inicial de la mezcla de sales.
- Se añaden 50 mL de la disolución de HCl anterior (13,6 % de riqueza y $d = 1,13$ g/mL) a 50 mL de una disolución de amoníaco 8,4 M. Escriba la reacción que tendrá lugar y calcule el pH de la disolución resultante (suponga que los volúmenes son aditivos).

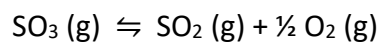
Datos:

Masas atómicas (g/mol): K: 39,1; Na: 23,0; Cl:35,5; H: 1,0.

$K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

Problema 2

El SO_3 (g) se disocia a $127\text{ }^\circ\text{C}$ para dar SO_2 (g) y O_2 (g), estableciéndose el siguiente equilibrio:



En un recipiente de 20 L a $127\text{ }^\circ\text{C}$ se introducen 4 moles de SO_3 . Cuando se alcanza el equilibrio el SO_3 está disociado en un 30 %.

- Calcule las concentraciones molares de cada gas en el equilibrio y el valor de K_c a esa temperatura.
- Calcule la presión total y parcial de cada gas en el equilibrio y K_p .
- Calcule ΔH° y ΔS° de la reacción de disociación anterior e indique si el proceso es exotérmico o endotérmico.
- Razone en qué condición debe cumplir la temperatura para que la reacción tenga lugar de forma espontánea. Calcule ΔG° a $25\text{ }^\circ\text{C}$ e indique si la reacción es espontánea a esa temperatura.

Datos:

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

$$\Delta H_f^\circ(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}): \text{SO}_3(\text{g}) = -395,7; \text{SO}_2(\text{g}) = -296,8.$$

$$S^\circ(\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}): \text{SO}_3(\text{g}) = 257; \text{SO}_2(\text{g}) = 248;$$

Olimpiada de Química 2024

Caso práctico

Hoy, en clase, Claudia nos ha contado un sueño muy extraño que ha tenido esta noche. “Me he despertado con mucha sed y he ido a la cocina a coger un vaso de agua. Pero, cuando he llegado allí, he descubierto que ese sitio no era mi cocina y que, además, yo llevaba puesta una ropa un tanto estrafalaria, parecía María Antonieta, con peluca y todo. Y de repente, allí, en mi cocina que no era mi cocina, había un señor con un traje de la misma época que el mío y que me decía: *Ayúdame por favor. Marie-Anne, mi esposa, ha salido un momento a despedirse de un amigo, y necesito tu ayuda para realizar este experimento.* Y ha añadido: *Me puedes llamar Antoine.* Y de repente he caído, al oír su acento francés. El señor que estaba en mi cocina era Lavoisier... ¡y me estaba pidiendo ayuda para realizar un experimento!

Así que no me lo he pensado dos veces y me he puesto a ayudarlo. Lavoisier me ha contado que Joseph Priestley (sí, sí, el descubridor del oxígeno) había venido a cenar con Marie-Anne y con él, y les había traído una muestra de un compuesto sólido que ellos llaman *precipitado rojo*. Priestley les había dicho que al calentar este sólido se forma un gas que aviva las llamas mucho más que el aire común. Por supuesto, no se han esperado ni al postre para ir los tres a su laboratorio (así llama él a mi cocina) y calentar un poco de la muestra para comprobar la formación de este gas que hacía que la vela ardiera con un brillo deslumbrante. Con lo que les ha quedado del sólido, Lavoisier ha comenzado un experimento, no quiere que se le estropee la muestra, y no puede esperar a que vuelva Marie-Anne. Pero sin ella no puede hacer los experimentos, necesita su interpretación. Por eso me pide que yo anote todo perfectamente para que luego puedan evaluar el experimento juntos.

Empezamos. Antoine ya había pesado la muestra en su balanza (anoto lo que me dice, que son 41 granos; claramente ha dicho *granos* y no gramos) y la ha puesto en una especie de matraz redondo que tenía un cuello alargado y curvado que se introducía en una especie de cubeta con mercurio que, a su vez, tenía un vaso graduado puesto boca abajo, me ha dicho que para medir el volumen del gas liberado. El matraz estaba encima de un horno encendido, y el sólido rojo, al calentarse, se iba transformando en un líquido metálico de color plateado. A la vez que esto sucedía, en el vaso medidor iba borboteando un gas y desplazando la columna de mercurio. Finalmente se han recogido 6 pulgadas cúbicas del gas, y el líquido metálico que ha quedado en el matraz ha pesado 38 granos. Me acuerdo de todos los datos que apunté porque trabajar con Lavoisier no te pasa todos los días, y se me ha quedado grabado.

Al final ha llegado su mujer y yo le ha dado el cuaderno con mis notas. Ya no sé qué ha pasado, porque me he llevado una alegría tan grande al darme cuenta de que ella era Marie-Anne Lavoisier, la madre de la química, que de golpe me he despertado en mi cama, muerta de sed. He ido a la cocina, todo estaba en su sitio, como siempre. Y yo ya no estaba vestida como en el siglo XVIII. Creo que llevo muchos días estudiando para la EBAU y me he obsesionado un poco.”

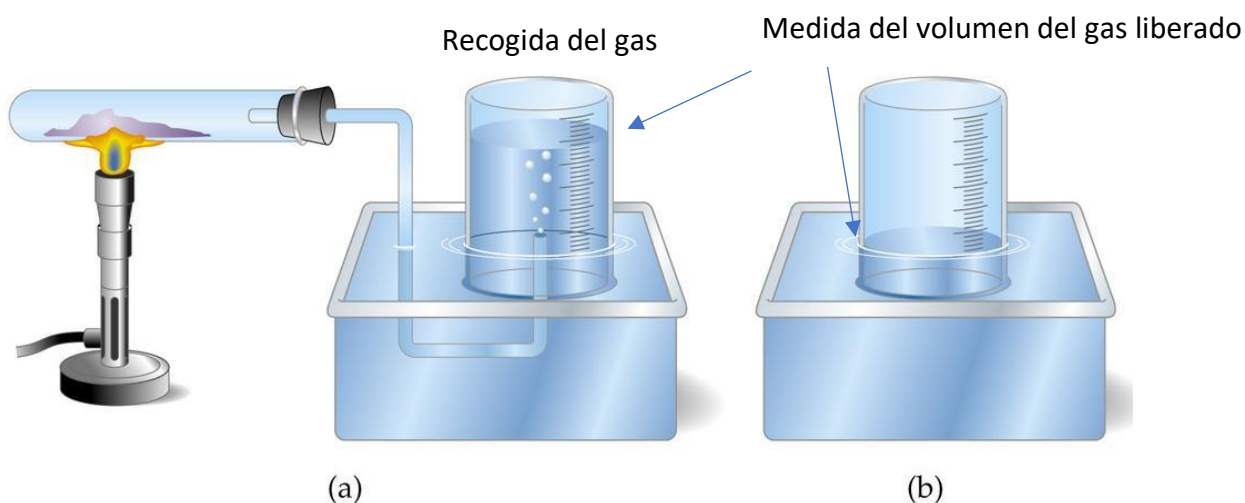
Cuando Claudia ha terminado de contarnos su sueño, nuestra profesora de Química la ha tranquilizado. El día anterior, en clase, ella nos había hablado de Lavoisier y de su importancia en la revolución de la Química. Lavoisier, desde el principio de sus

investigaciones químicas, reconoció la importancia de las mediciones precisas, tanto de las masas de los compuestos como de los volúmenes de los líquidos y gases que intervenían en las reacciones. Gracias a sus trabajos y a la importancia de medir, Lavoisier dio un empuje decisivo al desarrollo de la Química como ciencia.

A modo de ejemplo, nuestra profesora nos había explicado los experimentos de Lavoisier para obtener oxígeno a partir de óxidos de mercurio o de fósforo: cuando se calientan, estos óxidos se descomponen en sus elementos. La posterior reacción del mercurio o fósforo obtenidos con el oxígeno permitía obtener nuevamente los óxidos. Estos experimentos permitieron a Lavoisier avanzar en el conocimiento de la composición del aire, y también le sirvieron para enunciar **la ley de conservación de la masa**

“...en cada operación existe una cantidad igual de materia tanto antes como después de la operación”

Y parece que Claudia ha revivido en sueños el experimento de la descomposición de un óxido de mercurio. Así que la profesora, en clase, ha intentado reproducir el montaje que nos ha contado Claudia para recoger el oxígeno desprendido al calentar el supuesto óxido de mercurio, pero, claro, con el material de un laboratorio moderno. Era así.



Ahora que hemos entendido lo que Claudia ha soñado, vamos a sacar las conclusiones que podamos del experimento a partir de los datos que anotó Claudia. Hay tres cosas importantes que necesitamos tener en cuenta:

- 1) Conocer las equivalencias entre las unidades que usaba Lavoisier y las que utilizamos en la actualidad

Peso: **1 grano = 0,053 g**

Volumen: **1 pulgada cúbica = 20 mL**

- 2) Recordar que, gracias al camino que comenzó Lavoisier y que siguieron otros científicos, hoy conocemos que la materia está formada por moléculas y átomos, de los cuales podemos saber sus masa atómicas y moleculares, conocemos el concepto de mol, podemos formular las estructuras químicas, conocemos la estequiometría de las reacciones y, además, conocemos el comportamiento de los gases y las leyes que rigen su comportamiento.

- 3) Masas atómicas Hg = 200,6 O: 15,99; R = 0,082 atm·L·K⁻¹·mol⁻¹

4) En la cocina de casa de Claudia sus padres siempre ponen el termostato a 20 °C.

Para sacar conclusiones vamos a completar la tabla y a responder a las cuestiones que vienen a continuación

masa de muestra (granos)	masa de mercurio (granos)	Volumen de oxígeno gas (pulgadas cúbicas)	masa de muestra (g)	masa de mercurio (g)	mol de mercurio	Volumen de oxígeno gas (mL)	mol de oxígeno

Cuestiones relacionadas

1) Comprobemos si es verdad que la masa de los dos elementos generados al calentar el óxido de partida es igual a la masa de dicho óxido (ley de conservación de la masa)

2) ¿Qué dos óxidos podrían ser el precipitado rojo que le ha traído Priestley a Lavoisier?

3) Para cada uno de ellos, dibuja la reacción de descomposición en sus elementos por acción del calor, ajustando la estequiometría.

4) Teniendo en cuenta los moles obtenidos en la reacción de descomposición del óxido desconocido, ¿cuál de los dos óxidos es el que ha traído Priestley? Escribe su nombre con la nomenclatura de Stock.

- 5) Si Priestley hubiera traído el otro óxido, partiendo de la misma masa de muestra inicial, calcula la masa de mercurio (en g) y el volumen de oxígeno en mL que se habrían generado en la reacción de descomposición al calentar el óxido