



Nombre y Apellido:

Año que cursa:

Plantel:

Estado:

XXXIV Olimpiada Venezolana de Química 2015

Prueba Final Teórica 3º y 4º Año.

Recomendaciones

- El presente material contiene **siete (7)** problemas.
- **Los estudiantes de tercer año resolverán seis (6), escogerán entre el problema No.6 o el No.7**
- Coloca tu nombre y otros datos en el encabezado de esta página.
- **Lee todo el examen cuidadosamente antes de responderlo.**
- Comienza por el problema que para ti, sea más fácil.
- **El examen es individual, responde** limpia y ordenadamente.
- **Solo puedes usar tus propios materiales de trabajo:** lápiz, calculadora, regla.
- **No necesitas la Tabla Periódica**, los datos de masas atómicas se suministran en el (los) problema(s) que lo(s) requiera(n).
- En los problemas de cálculos, se evalúa: **resultados, unidades y el uso correcto de las cifras significativas**

El tiempo de **duración del examen es de 4:00** horas.

“La OVQ representa un medio de encuentro para todos los estudiantes que nos sentimos atraídos por el ámbito científico en nuestro país. Participar en la OVQ 2014 me hizo crecer en muchos aspectos: aprendí que con motivación, curiosidad científica y constancia se puede superar cualquier obstáculo en estas competencias académicas. La Olimpiada nos hace crecer y querer ser los mejores, lo cual se logra con el deseo de aprender cosas nuevas así como el esfuerzo que nos permite mejorar y superar los retos a medida que avanzamos. Yo disfruté al máximo esta experiencia, y sin esperar lo un día estaba compitiendo y compartiendo con delegaciones de otros 16 países en el Uruguay. No debemos ponernos límites sino por el contrario dar lo máximo, porque eventualmente cosecharás los frutos de tu esfuerzo. Mi camino a través de la OVQ me llevó a darme cuenta de esto, te invito a verlo desde tu propia óptica hacia el éxito.

Jesús Colmenares Ostos. 3er. Lugar Concurso Tabla Periódica-2014. Segundo Lugar de la OVQ-2014. Medalla de Plata en la 19ª. Olimpiada Iberoamericana de Química, 2014



Problema 1. Desde Riecito a la Mesa del Comedor: los fertilizantes. *Reacciones químicas, estequiometría, estructura de Lewis.*

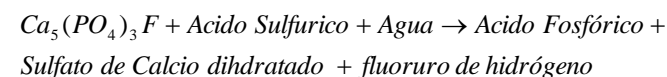
Se estima que la población mundial alcance los 8500 millones para el 2025 y 10.000 o 12000 millones para mitad del Siglo XXI. El cómo alimentar a esta enorme población, representa un enorme reto para la humanidad. Afortunadamente, la Química tiene mucho que aportar en la solución de este problema. Sin el uso de fertilizantes, la producción de alimentos en la actualidad no sería posible. Aquellos abonos con fósforo son ampliamente usados, dado que son fundamentales para el crecimiento de las plantas, debido a que el contenido de este importante elemento en el suelo, no es suficiente.

Uno de los fertilizantes de fósforo más usado es el superfosfato triple, en nuestro país, se prepara a partir de la roca fosfórica. La que se encuentra en yacimientos de la localidad de Riecito, Estado Falcón. Dicho mineral se transporta al complejo Petroquímico de Morón para ser procesado.

En una primera etapa, la roca fosfórica $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ es acidulada con ácido sulfúrico en un medio acuoso para producir ácido fosfórico, sulfato de calcio dihidratado y fluoruro de hidrógeno.

En las ecuaciones se mencionan las sales hidratadas, para facilitar el balanceo de las ecuaciones.

Etapa 1

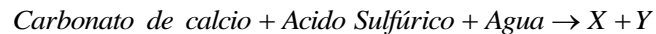


1. Escribe la ecuación química balanceada que representa la reacción de la **Etapa 1**. Indica los estados de agregación de reactivos y productos.

El sulfato de calcio dihidratado se separa por filtración y es una fuente de producción de yeso.

Etapas 2

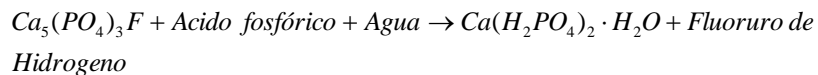
La roca fosfórica contiene cantidades importantes de carbonatos (principalmente carbonato de calcio), que al reaccionar con el ácido se descompone formando la sal **X** y desprendiendo gas **Y**, el resultado es la formación de espuma que dificulta las operaciones en el reactor y los filtros.



2a. Identifica las especies **X**, **Y**

Etapas 3

Luego el fosfato mineral se acidifica con ácido fosfórico para finalmente obtener el fertilizante “superfosfato triple”, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, durante el proceso se obtiene también fluoruro de hidrógeno.



3. Escribe la ecuación química balanceada de la **Etapas 3**. Indica los estados de agregación de reactantes y productos.

4. En la industria de los fertilizantes, el contenido de fósforo de la roca fosfórica, se expresa como porcentaje en masa de P_2O_5 . Si se tiene un mineral de 32% de P_2O_5 , determina las cantidades de ácido sulfúrico (98%) y agua que se necesitan para producir 100 ton de H_3PO_4 con una pureza equivalente a 30% P_2O_5 . (**Etapas 1**). Masas atómicas: P=30,97; O=16,00; Ca= 40,08; F=19,00; H=1,01 todas en una



Problema 2. En las profundidades marinas el hielo arde. Fórmula empírica, molar y gases.

En el fondo del mar y en el subsuelo de regiones polares, existen grandes cantidades de metano, almacenados en una estructura de red o jaula compuesta de agua, conocidas como clatrato. Este compuesto, conocido también como hidrato de metano, de aspecto similar al hielo, se quema al acercársele un fósforo encendido, liberando energía. Es por ello que para los países que carecen de petróleo o gas, se constituye en una posible fuente energética. En la actualidad, se hacen estudios para el desarrollo de nuevas tecnologías para su explotación y que la misma sea sustentable.

Masas atómicas: Ca=40,08; C=12,01; O=16,00; H=1,01 todas en una.

- a) Escribe la ecuación química balanceada de la combustión del metano, CH_4 , en presencia de exceso de oxígeno. Indica los estados de agregación de reactivos y productos.

Si se tiene 100g de una muestra de hidrato de metano de estructura $(\text{CH}_4)_x(\text{H}_2\text{O})_y$, se quema en presencia de exceso de oxígeno en un recipiente cerrado. Luego de la reacción se recupera 116,92g de agua y el gas luego de ser agitado con un exceso de agua de cal, produce 84,73g de carbonato de calcio.

- b) Determina la fórmula empírica del hidrato de metano en el clatrato.

- c) Si la masa molar del hidrato de metano es 2835,18g/mol, determina la fórmula molecular del hidrato de metano.

Frecuentemente el metano se libera del clatrato y sube a la superficie marina.

- d) Se ha estimado que en el fondo de un lago hay $6,67 \times 10^{11}$ kg de metano. Determine el volumen que ocuparía el gas, si se libera en invierno cuando la temperatura es de $-19,0^\circ\text{C}$.

Dato: Use la ecuación de los gases ideales, $PV=nRT$, exprese la presión en Pascal, el volumen en m^3 , el valor de $R= 8,31 \text{ J/ Kmol}$. Considere $1 \text{ atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ J es } 1 \text{ Pa} \cdot m^3$.

e) Para el hidrato de metano en el fondo del lago, determina el porcentaje en masa de metano. Si no pudiste calcular la fórmula molar del hidrato de metano, en **apartado c**, asume que es $(CH_4)_8(H_2O)_{46}$

f) Determina la masa del hidrato de metano en el fondo del lago.

La composición del gas natural es 92% de metano, 3,5% de etano y resto es una mezcla de hidrocarburos, cuando se quema en las plantas termoeléctricas libera a la atmósfera 8404 toneladas, diarias, de dióxido de carbono, así como dióxido de nitrógeno, responsables del efecto invernadero.

g) Ya conoces la composición de un hidrato de metano, comenta brevemente el impacto que tendría si se usará como fuente de energía, en la emisión de gases invernaderos en comparación al gas natural.



Problema 3. Asociado con el “mal”, de olor desagradable pero con propiedades curativas: el azufre.

Reacciones químicas, entalpía de formación, equilibrio químico.

El azufre es un no metal se encuentra en la naturaleza en su forma nativa en regiones volcánicas, o como sulfuros o sulfatos asociados con otros minerales de hierro o cuarzo. En Venezuela se han localizados yacimientos de este elemento en los Estados Anzoategui, Sucre y Táchira. Las aguas sulfurosas, son aquellas que tienen el olor característico al elemento, independientemente de la temperatura del vital líquido y que las diferencia de las termales. En Caripe, en el Balneario de Moises, hay pozos con aguas de minerales, incluyendo las de azufre, son muy visitadas por sus propiedades curativas para afecciones físicas y el estrés.

El azufre forma varias formas alotrópicas, la más estable en estado sólido es un anillo de ocho átomos del elemento, S₈.
Figura 1.

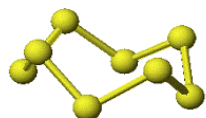
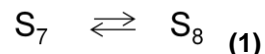


Figura 1

En fase gaseosa, anillos de diferentes tamaños están en equilibrio, como se muestra a continuación



a) Dado que la energía de enlace S-S para el S₇ es 260,0 kJ/ mol y para el S₈ es 263,3 kJ/mol, calcula la variación de energía para la reacción (1)

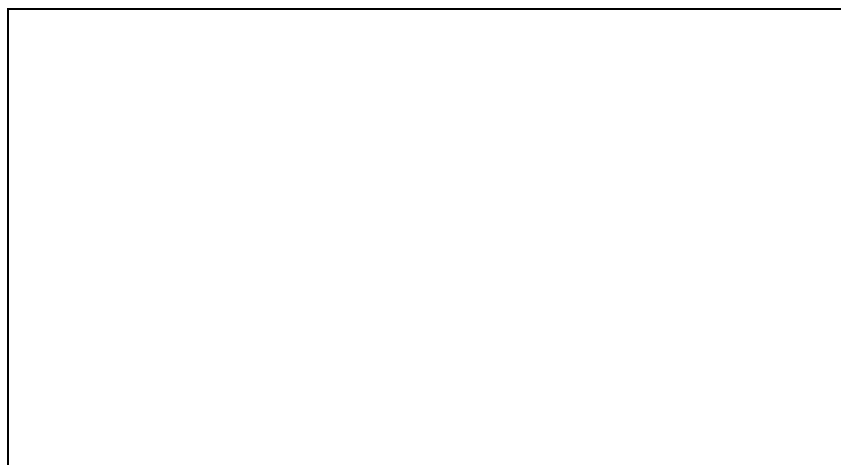
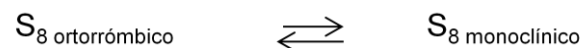
Dato: la energía de enlace es la energía necesaria para formar o romper 1mol de enlace químico.



En la fase sólida, el S₈ cristaliza en dos formas: ortorrómbica y monoclinica, la variación de las entalpías de combustión de las dos formas son:

$$\begin{aligned} \Delta H_c (S_8, \text{ortorrómbica}, 298 \text{ K}) &= -296,8 \text{ kJ/mol,} \\ \Delta H_c (S_8, \text{monoclinica}, 298 \text{ K}) &= -297,1 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

b) Determina el cambio de entalpía a 298K para la siguiente reacción



c) ¿Cuál es la más estable a 298 K? Justifica su respuesta.



Problema 4. Sin olor, sin sabor pero con color y química, identifica qué da el sabor agrio. Ácido-base, pH, pOH indicador.

La palabra ácido viene del latín *acidus*, que significa agrio, muchos de los alimentos que tienen un sabor agrio, tienen carácter ácido. Tal es el caso del vinagre que es una solución diluida de ácido acético. Mientras que los frutos cítricos como los limones o las naranjas contienen ácido cítrico. Otro ácido, que se encuentra frecuentemente en productos de uso diario, es el ácido tartárico que se encuentra en el vino.

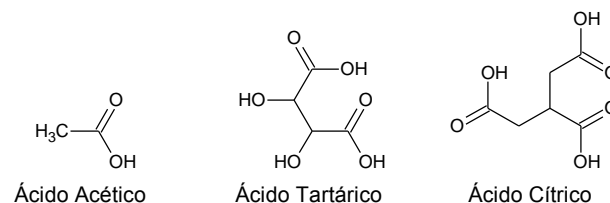


Figura 1. Ácidos

En una compañía de aderezos de ensalada, un técnico decidió hacer una prueba a ciegas para determinar si un Chef podía distinguir entre los distintos ácidos. Para ello, preparó tres soluciones 0,025 mol/L de los tres ácidos, **Figura 1**, y las identificó de manera aleatoria como **A**, **B** y **C**. Cuando el Técnico entregó las soluciones al Chef, El último, haciendo uso de sus conocimientos de química, decidió impresionar al técnico diciendo que sería capaz de identificar las sustancias correspondientes sin hacer uso de su sentido del gusto o el olfato. Para ello sólo necesitaría limpiador de hornos, y una solución acuosa de repollo morado.

El limpiador de hornos es una solución acuosa de hidróxido de sodio, y el agua de repollo morado es un indicador que cambia de color dependiendo del pH de la solución, ver **Figura 2**.

Figura 2. Relacion entre color y pH del agua de repollo morado.

pH	1-2	3-5	6-7-8	9-10	11-12	13-14
Color	rojo	rosado	violeta	azul	verde	amarillo

El Chef tomó una muestra de **A**, **B** y **C**, y le añadió indicador de repollo y obtuvo las siguientes coloraciones:

A y B: rojo-rosado o fucsia

C: rosado

1. ¿Qué puedes concluir de este análisis?

El Chef decide continuar con su análisis ahora con el limpiador de horno.

2.- Escribe las ecuaciones químicas balanceadas de la reacción del ácido acético (HAc), ácido tartárico (H₂Tar) y ácido cítrico (H₃Cit) con hidróxido de sodio. Para simplificar, escribe las fórmulas de los ácidos usando la notación entre paréntesis. Indica los estados de agregación de reactivos y productos.

2.- Si el pH de la solución de limpiador de hornos es 12,7 ¿Cuál es la concentración de hidróxido de sodio en dicha solución?

3.- Si 20,0 mL de la solución de la solución **A** son neutralizados con 20,0 mL de limpiador de hornos, ¿A qué ácido corresponde la solución **A**?

4. Para identificar **B** y **C**, el Chef repite el análisis, ¿Qué volumen de hidróxido de sodio gastó en cada caso?

5.- Dado el pKa del ácido acético es 4,75 ¿cuál sería el pH de la solución inicial preparada por el técnico?



Problema 5. En el Año Internacional de la Luz: Detectores de rayos UV. *Diseño experimental.*

La atmósfera de la tierra y la capa de ozono impiden que la radiación ultravioleta (UV), emitida por el sol llegue a la superficie de nuestro planeta. Los rayos UV tienen efectos tanto positivos como negativos. Los primeros incluyen el calor, la luz, la fotosíntesis en las plantas, y la

síntesis de vitamina D en el cuerpo humano. En cuanto a los segundos, los efectos dependen del tipo de rayos UV. Los UV-A, constituyen el 90-95% de la radiación UV que alcanza la superficie de la Tierra y pueden penetrar profundamente en la piel, lo que lleva a un envejecimiento prematuro de la piel y cáncer. Los UV-B están implicados en el bronceado y las quemaduras solares, y puede causar daño celular en la piel y los ojos. Finalmente, los UV-C tiene la mayor longitud de onda de la energía ultravioleta, pero la mayor parte es absorbida por la capa de ozono en la atmósfera. Los protectores solares contienen ingredientes que pueden absorber y / o filtrar la radiación UV-A, además reflejan la luz UV para que no lleguen en la piel. Estos productos se clasifican por su factor de protección solar (FPS). La piel sin protección, por lo general, enrojece a los 10 minutos de estar expuesta al sol. Si le aplica un proyector de FPS de 20, el proceso de enrojecimiento tardará veinte veces más, es decir 200 minutos.

En esta oportunidad vas a diseñar un experimento para determinar la eficiencia de bloqueadores solares usando un detector de radiación UV. Para ello dispondrás de bloqueadores de FPS de: 10, 15, 20, 30, 50, 2 bolsas de plástico con cierre, 2 perlas detectoras de UV, servilleta, reloj.

Las perlas detectoras de UV, están recubiertas de un colorante que al ser expuestas a la luz solar cambian de color, de blanco a una coloración de diferentes tonalidades, como lo indica la siguiente escala:

Color	blanco	azul claro	azul medio	azul intenso	azul oscuro
Número	0	2	4	6	8

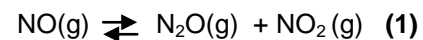
Indica procedimiento experimental, variables, registro y tratamiento de datos, interpretación de resultados, comenta brevemente fuentes de error de la experiencia.

Nota: La fuente lumínica debe ser la solar



Problema 6. Nos hace reír, nos duerme, nos moviliza y contamina el ambiente: el versátil monóxido de nitrógeno (I). *Equilibrio Químico, constante de equilibrio*

Este gas conocido como el gas de la risa, se usa como anestésico, combustible, y su producción contribuye al efecto invernadero. El monóxido de nitrógeno se obtiene a partir de nitrato de amonio o por descomposición del monóxido de nitrógeno, reacción (1)



1. Escribe la ecuación química (1) balanceada

2. Explica el efecto que producen los siguientes cambios en la posición del equilibrio químico:

Nota: la reacción es exotérmica

- a) Si se enfría la mezcla en equilibrio. Justifica tu respuesta.

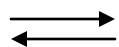
- b) El volumen de la mezcla en equilibrio se reduce manteniendo la temperatura constante. Justifica tu respuesta

c) Si se añade argón (un gas inerte) a la mezcla en equilibrio manteniendo tanto la presión como la temperatura constante. Justifica tu respuesta

d) ¿Cuál es el efecto de la adición de argón en la constante de equilibrio?

2. Dibuja las estructuras Lewis del óxido de nitrógeno (I) y del óxido de nitrógeno (II). Indica que tipo de geometría tienen.

$Z_N=7$; $Z_O=8$



Problema 7. Equilibrio químico e industria, caso: formación PCl_5 . *Equilibrio químico, Principio de Le Chatelier, Constante de equilibrio.*

A nivel industrial las aplicaciones del equilibrio químico son amplias, y tiene la finalidad de maximizar la producción y reducir la formación de productos colaterales. A continuación conocerás un equilibrio importante.

El pentacloruro de fósforo, cuya producción al año es 10×10^6 Kg de PCl_5 , se utiliza industrialmente para clorar compuestos orgánicos e inorgánicos. Tal es el caso de la conversión de alcoholes en cloruros de alquilo o la formación de las sales cloradas.

Masas atómicas: P=30, 97; Cl=35,45, todas en una

El PCl_5 se obtiene a partir de PCl_3 de acuerdo a la siguiente reacción.



- a) ¿La reacción de formación del PCl_5 es endotérmica o exotérmica? Justifica tu respuesta

- b) El calor de combustión de la gasolina es 45 kJ/g. De acuerdo con su respuesta anterior: si la reacción es endotérmica y se supone que la combustión de la gasolina es la única fuente de energía disponible, calcule ¿Cuántos litros de gasolina se requieren para producir 10×10^6 Kg de PCl_5 ? O por el contrario, si la reacción es exotérmica y si el calor producido por la reacción pudiera usarse directamente en un motor de combustión, ¿Cuántos litros de gasolina podrían

ahorrarse usando el calor producido en la reacción de formación de 10×10^6 Kg de PCl_5 ? Suponga que la gasolina tiene una densidad de 790 g/L.

- c) Escribe la expresión de la constante de equilibrio K_p para la formación de PCl_5 .

- d) El PCl_5 se disocia en un 50% a 473 K y 2 atm. Si se tiene una cantidad inicial (previa a la disociación) de 100 moles de dicho gas recipiente ¿Calcule la constante de equilibrio de formación a esas condiciones? Asume comportamiento ideal de los gases.

La conversión en una reacción química se define como la cantidad de moles de reactivo que se convierten (reaccionan) dividido entre la cantidad que había inicialmente.

$$X = \frac{\text{moles de reactivo convertidos}}{\text{moles de reactivo que había originalmente}}$$

e) Para el equilibrio dado, con las condiciones planteadas en la pregunta anterior, calcule la conversión de la reacción de formación

f) ¿Qué modificación a las condiciones de reacción propondrías para aumentar la conversión de la reacción de formación del PCl_5 ? Explica brevemente.

AVOQUIM agradece a los Olímpicos

Jesús Colmenares
Reinaldo Hernández
Dimytro Kandaskalov
Natasha Prospero
Gabriel Sanoja
Alessandro Trigilio
César Urbina
Jeff Wilkesman

sus valiosos aportes a esta prueba