

28ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA

14 DE AGOSTO DE 2018
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVEL 1

Utilizó la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. A menos que se indique lo contrario, podés suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente; $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Nota: los distintos ítems de este examen no están relacionados entre sí. Si por algún motivo no podés resolver alguno de ellos, **continúa con el siguiente**.

Ejercicio 1 (58 puntos)

Los hidruros de boro, o *boranos*, son una vasta familia de compuestos aniónicos, catiónicos, o neutros, formados únicamente por boro e hidrógeno. El compuesto más sencillo de la familia es el *diborano*, B_2H_6 , que a temperatura ambiente es un gas incoloro, de olor repulsivo y muy tóxico. Sus derivados pueden ser tan complejos como por ejemplo el $B_{12}H_{12}^{2-}$. Todos los boranos se caracterizan por ser muy reactivos frente al aire y al agua, y algunos de ellos son explosivos. Por estos motivos deben manipularse en ausencia de agua y de oxígeno. En este ejercicio exploraremos la química y las propiedades de estos compuestos.

a) Existen distintas rutas sintéticas empleadas para la preparación del diborano. Por ejemplo, uno de los primeros métodos desarrollados para su producción a escala industrial se basa en la siguiente reacción (sin balancear):



Considerando que la producción mundial anual de diborano es de 200 toneladas ($200 \times 10^3 \text{ kg}$) y suponiendo que todo el diborano se obtiene de acuerdo a la reacción anterior, ¿cuántas toneladas de litio se necesitan para satisfacer esta demanda si la reacción tiene un rendimiento del 75%? (Argentina es uno de los principales productores mundiales de este metal; de las 36000 toneladas que se producen anualmente, 5700 provienen de nuestro país, sobre todo de la región del noroeste).

b) En los laboratorios de síntesis orgánica e inorgánica es común producir diborano en pequeña escala empleando la siguiente reacción (sin balancear):



b.i) ¿Creés que esta reacción debe llevarse a cabo en un solvente polar o no polar? Justificá brevemente tu respuesta.

b.ii) En una síntesis de laboratorio se agregaron 0,523 g de $Na(BH_4)$ de 90% de pureza a 250 mL de una solución 0,2 M de BF_3 en un solvente orgánico adecuado, y se colectó el diborano gaseoso generado en un balón de 500 mL. ¿Qué presión se leerá en el balón, que se encuentra a 25 °C? Considerá que el rendimiento de la reacción es del 100% y que el balón se encontraba inicialmente vacío.

b.iii) Representá las estructuras de Lewis de los aniones BH_4^- y BF_4^- presentes en las sales $Na(BH_4)$ y $Na(BF_4)$ respectivamente. ¿Cuáles son sus geometrías moleculares?

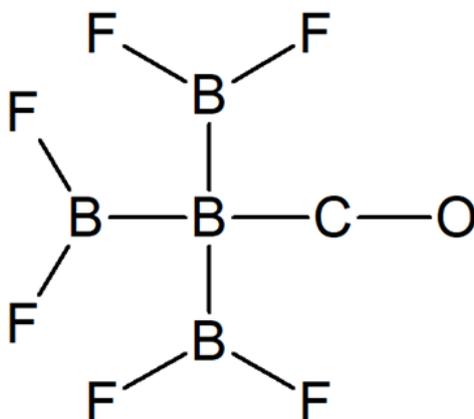
c) Teniendo en cuenta que en una primera aproximación los enlaces B – H pueden considerarse como no polares, explicá la siguiente tendencia experimental observada para la temperatura de ebullición normal de algunos boranos:

Compuesto	T_{eb}
B_2H_6	-92,6 °C
B_5H_9	60 °C
$B_{10}H_{14}$	213 °C

d) La reacción del anión octahidrotriborato ($B_3H_8^-$) con ácido fosfórico da como producto un borano neutro cuyo análisis elemental arrojó 81,2 % de boro y 18,8 % de hidrógeno (porcentajes en masa). ¿Cuál es la fórmula mínima de este compuesto?

e) En un laboratorio de investigación se sintetizó un compuesto nuevo de fórmula B_4COF_6 . En la siguiente figura se indica la conectividad de esta molécula; cada línea representa un enlace simple de un par de electrones.

e.i) Completá la estructura, agregando la cantidad de pares libres y de enlaces múltiples que consideres necesarios.



e.ii) De las siguientes opciones referidas a las propiedades atómicas de los elementos que conforman el compuesto B_4COF_6 , marcá con una cruz la que consideres correcta (sólo una es correcta en cada caso):

La electronegatividad varía de acuerdo a la siguiente tendencia: $B < C < O < F$.	<input type="checkbox"/>
La electronegatividad varía de acuerdo a la siguiente tendencia: $B > C > O > F$.	<input type="checkbox"/>
La electronegatividad no presenta grandes variaciones en esta serie, dado que se trata de elementos del segundo período muy próximos entre sí en la tabla periódica.	<input type="checkbox"/>
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.	<input type="checkbox"/>

El orden de los radios atómicos es $B < C < O < F$, dado que al avanzar en el período aumenta la cantidad de electrones, y por lo tanto aumenta el tamaño de la nube electrónica.	<input type="checkbox"/>
El orden de los radios atómicos es $B < C < O < F$, dado que al avanzar en el período la configuración electrónica externa se asemeja cada vez más a la del gas noble.	<input type="checkbox"/>
El orden de los radios atómicos es $B > C > O > F$, dado que al avanzar en el período aumenta la electronegatividad, por lo que la nube electrónica es atraída cada vez con más fuerza por el núcleo, disminuyendo su tamaño.	<input type="checkbox"/>
El orden de los radios atómicos es $B > C > O > F$, dado que al avanzar en el período aumenta la carga nuclear que perciben los electrones, por lo que la nube electrónica es atraída cada vez con más fuerza por el núcleo, disminuyendo su tamaño.	<input type="checkbox"/>
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.	<input type="checkbox"/>

El orden de las energías de ionización es $B > C > O > F$, dado que al avanzar en el período aumenta la cantidad de electrones, por lo que aumentan las interacciones de repulsión entre ellos, facilitando la extracción de un electrón.	<input type="checkbox"/>
El orden de las energías de ionización es $B > C > O > F$, dado que al avanzar en el período disminuye la electronegatividad, por lo que los electrones son atraídos cada vez con menos fuerza por el núcleo y resulta más fácil su extracción.	<input type="checkbox"/>
El orden de las energías de ionización es $B < C < O < F$, dado que al avanzar en el período aumenta la carga nuclear que perciben los electrones, por lo que son atraídos cada vez con más fuerza por el núcleo y resulta más difícil su extracción.	<input type="checkbox"/>
El orden de las energías de ionización es $B < C < O < F$, dado que al avanzar en el período aumenta la electronegatividad, por lo que la nube electrónica es atraída cada vez con más fuerza por el núcleo y resulta más difícil la extracción de un electrón.	<input type="checkbox"/>
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.	<input type="checkbox"/>

Ejercicio 2 (42 puntos)

La concentración mínima de O_2 en agua necesaria para soportar la vida de organismos acuáticos complejos como los peces es de 4 mg L^{-1} ($4 \times 10^{-3} \text{ g L}^{-1}$).

a) ¿Cuál es la mínima presión atmosférica a la que debe estar sometido un lago para garantizar la supervivencia de los peces cerca de su superficie? Considerá que el aire contiene un 21 % de O_2 en moles y que la temperatura del aire es 20°C . Para un gas X, su solubilidad S_x y su presión P_x están relacionadas según:

$$S_x = k P_x$$

donde k vale $1,3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ para el O_2 en agua a 20°C .

b) El aire contiene también un 0,032% en volumen de CO_2 . La constante k para este gas en agua vale $2,3 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ a 20°C . ¿Cuál es la concentración de CO_2 en el lago en un día de presión atmosférica normal?

c) De las siguientes afirmaciones, marcá con una cruz la/s que consideres correcta/s. Si no pudiste resolver el ítem b), considerá $[CO_2] = 10^{-5} \text{ M}$:

La solubilidad del CO_2 atmosférico en el agua del lago es mayor que la del O_2 porque la molécula de CO_2 presenta interacciones más intensas con la molécula de agua.	
La solubilidad del CO_2 atmosférico en el agua del lago es menor que la del O_2 porque la molécula de CO_2 presenta interacciones más débiles con la molécula de agua.	
La constante k del CO_2 en agua es mayor que la del O_2 porque la molécula de CO_2 presenta interacciones más intensas con la molécula de agua.	
La constante k del CO_2 en agua es menor que la del O_2 porque la molécula de CO_2 presenta interacciones más débiles con la molécula de agua.	
La constante k depende solamente de la identidad del gas.	
La constante k depende de las identidades del gas y del solvente.	

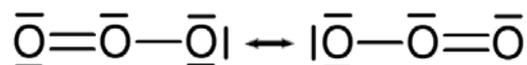
d) Bajo ciertas condiciones, el CO_2 disuelto en agua reacciona para formar carbonato según:



La presencia de carbonato en los sistemas de aguas naturales es muy importante, debido a que muchos organismos marinos son capaces de tomar carbonato y otros iones del agua y convertirlos en carbonato de calcio, material con el cual construyen sus valvas o esqueletos. El carbonato de calcio se encuentra también en la naturaleza formando parte del mineral *pedra caliza*, que en ocasiones contiene pequeñas cantidades de óxido férrico.

d.i) ¿Cuáles son las fórmulas químicas del carbonato de calcio y del óxido férrico?

d.ii) Representá la estructura de Lewis del anión CO_3^{2-} . ¿Cuál es su geometría molecular? Recordá que para una molécula que admite más de una forma compatible con la regla del octeto de acomodar sus electrones, la estructura completa debe incluir todas estas *estructuras de resonancia*. Por ejemplo, para la molécula de ozono (O_3) la estructura completa es:



d.iii) Indicá con una cruz qué tipo de interacciones esperás que existan entre el anión carbonato y la molécula de agua:

Interacciones ion – dipolo permanente.	
Interacciones ion – dipolo inducido.	
Interacciones dipolo permanente – dipolo permanente.	
Interacciones dipolo permanente – dipolo inducido.	
Interacciones dipolo inducido – dipolo inducido.	
Interacciones de puente hidrógeno.	