



35ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
13 DE AGOSTO DE 2025
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVELES 2 y 2-BIS
RESPUESTAS

Utilizá 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.

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 (35 Puntos)

Justifique los siguientes hechos clara y brevemente. Emplee ecuaciones químicas y estructuras de Lewis cuando lo considere apropiado:

- (a) A 25°C, la presión de vapor de una solución acuosa 0,01 M de CaCl_2 es menor que la correspondiente a una solución acuosa de NaCl de igual concentración.

La disociación de ambas sales en solución acuosa conlleva a la generación de un distinto número de especies totales. Por un lado, el CaCl_2 produce 3 especies en solución (1 Ca^{2+} y 2 Cl^-), mientras que el NaCl genera 2 especies (1 Na^+ y 1 Cl^-), según:



Esto resulta que, para el NaCl , el factor de Van't Hoff "i" sea 2, mientras que para el CaCl_2 sea 3.

(No es necesario que el estudiante escriba las reacciones de disociación; es suficiente con explicitar el mayor número de especies en solución para el CaCl_2 frente al NaCl)

A igual concentración neta de sal (X_{st}), el descenso de la presión de vapor resultará mayor en el CaCl_2 que en el NaCl , según $\Delta P_v = X_{\text{st}} \cdot P^\circ_{\text{sv}} \cdot i$

7 puntos totales.

- (b) El BeCl_2 es un compuesto covalente, mientras que el MgCl_2 es iónico.

El ión Be^{2+} presenta un radio considerablemente menor que el Mg^{2+} , por lo que la relación q/r y, consecuentemente su poder polarizante, es mayor. Esto conlleva que los enlaces Be-Cl presenten un grado alto de covalencia mientras que, el menor poder polarizante del Mg^{2+} deriva en que la unión Mg-Cl sea mejor descrita como una unión iónica.

No asignar puntos si considera argumentos de diferencia de electronegatividad para justificar la covalencia del enlace.

7 puntos totales.

(c) La energía de ionización del Li es mayor que la del Na.

Al considerar el proceso de ionización, la principal diferencia radica en que el electrón más externo del Li se localiza en un orbital 2s, más interno que el correspondiente 3s en el Na. Esto conlleva a que, a prácticamente igual carga nuclear efectiva Z_{eff} , la atracción electrostática núcleo – electrón sea mayor en el Li frente al Na, resultando en una mayor energía de ionización.

7 puntos totales.

(d) A pesar de tener prácticamente la misma masa molecular, a temperatura ambiente el 1-propanol es un líquido mientras que el n-butano es un gas.

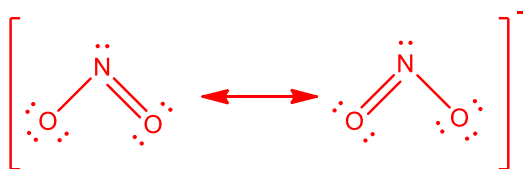
Primero debe analizarse qué tipo de interacciones presentan ambos sistemas. El n-butano se trata de una molécula no polar, por lo que únicamente puede presentar interacciones dispersivas del tipo Van der Waals. En el caso del 1-propanol, la presencia del grupo -OH en su estructura permite que las moléculas puedan establecer adicionalmente interacciones del tipo dipolo-dipolo y puente hidrógeno. Dado que la masa molecular de ambas moléculas es similar, sus polarizabilidades y, en consecuencia, la intensidad de las interacciones de Van der Waals también lo serán. Sin embargo, el adicional de las interacciones dipolo-dipolo y puente hidrógeno en el 1-propanol conlleva a que éste presente un mayor punto de ebullición y que a temperatura ambiente se presente como un líquido en vez de un gas.

7 puntos totales.

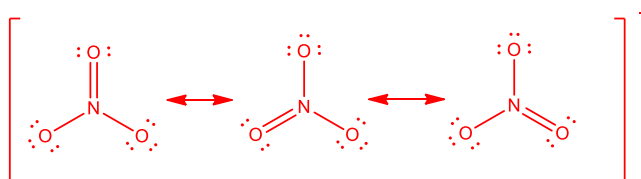
(e) La longitud de enlace N-O en el ión NO_2^- es menor que en el NO_3^- .

Al observar las estructuras de Lewis de ambos aniones:

NO_2^- :



NO_3^- :



Podemos ver que el enlace N-O en el NO_2^- presenta un 50% carácter de doble enlace, mientras que para el NO_3^- posee un 33% de carácter de doble enlace. Debido a que los dobles enlaces resultan ser más cortos que los enlaces simples, el mayor carácter de doble enlace en el NO_2^- implica que su enlace N-O sea más corto.

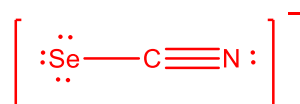
(Restar 3 puntos si no escribe las estructuras de Lewis correspondientes. Restar 2 puntos si muestra la existencia de enlaces N-O no equivalentes dentro de cada ion.)

7 puntos totales.

Ejercicio 2 (32 Puntos)

Describe la estructura electrónica de las siguientes moléculas empleando la teoría de enlace que se indica en cada caso:

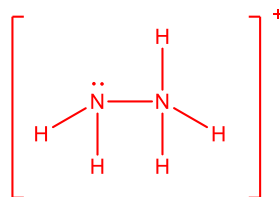
(a) SeCN^- empleando estructuras de Lewis.



(No penalizar si escribe una estructura de Lewis correcta que presente otra conectividad, siempre y cuando las cargas formales entre los átomos sean 0 excepto -1 para uno de ellos. Restar 2 puntos si es una estructura de Lewis correcta pero las cargas formales en cada átomo no cumplen la condición descripta previamente).

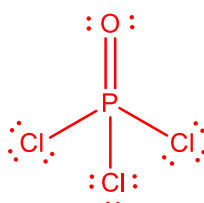
4 puntos totales.

(b) N_2H_5^+ empleando estructuras de Lewis.



4 puntos totales

(c) POCl_3 empleando estructuras de Lewis y teoría del enlace de valencia.



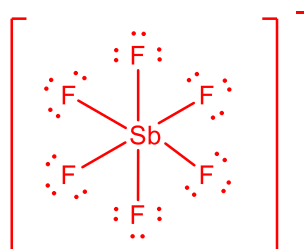
Teniendo en cuenta una geometría tetraédrica en torno al P, el mismo adopta un esquema de hibridización sp^3 . Tanto el O como los Cl, al ser átomos terminales no hibridizan. Los enlaces descritos por teoría de enlace de valencia son los siguientes:

- i. El enlace $P = O$ tiene una componente σ ($sp^3 - p$) y una componente π ($p - d$)
- ii. Los tres enlaces $P-Cl$ son equivalentes y son σ ($sp^3 - p$)

(4 puntos parciales por estructura de Lewis correcta. Restar 2 puntos si no considera que el P es capaz de expandir su octeto. 2 puntos parciales por cada tipo de enlace bien descripto)

8 puntos totales

(d) SbF_6^- empleando estructuras de Lewis y teoría del enlace de valencia.



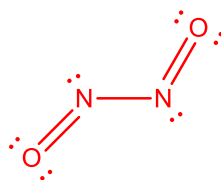
La geometría en torno al átomo de Sb es octaédrica, por lo que se plantea un esquema de hibridización sp^3d^2 . Los F al ser átomos terminales, no se plantea un esquema de hibridización.

Los 6 enlaces Sb-F son equivalentes y corresponden a enlaces σ ($sp^3d^2 - p$).

(4 puntos parciales por estructura de Lewis correcta. 4 puntos parciales por descripción de enlace correcta. Restar 2 puntos si describe mal la hibridización del Sb)

8 puntos totales

(e) N_2O_2 empleando estructuras de Lewis y teoría del enlace de valencia.



La geometría electrónica en torno a cada átomo de N es plana trigonal, por lo que se plantea una hibridización sp^2 para cada uno de ellos. Los átomos de O al ser terminales, se considera que no hibridizan. La descripción de cada unión por teoría de enlace de valencia sería:

- 1 enlace $N-N$ es del tipo $\sigma(sp^2 - sp^2)$.
- 2 enlaces $N=O$ equivalentes y que tienen dos componentes, una σ ($sp^2 - p$) y una π ($p - p$)

(4 puntos parciales por estructura de Lewis correcta. Restar 2 puntos si plantea otra conectividad molecular donde las cargas formales no sean 0 en cada átomo. 2 puntos parciales por cada descripción de enlace correcta).

8 puntos totales

Recordatorio: Describir la estructura electrónica de una molécula empleando Teoría de Enlace de Valencia implica determinar la cantidad y el tipo de enlaces químicos presentes en el sistema y también describir qué orbitales atómicos forman los mismos.

Ejercicio 3 (33 Puntos)

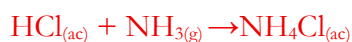
Las proteínas son una familia de biomoléculas formadas por la unión de numerosos bloques estructurales llamados *aminoácidos*, enlazados mediante lo que se conoce como **enlaces peptídicos**. Estos enlaces corresponden a grupos amida “–CO–NH–” que conectan entre sí los aminoácidos que conforman la proteína.

Una técnica ampliamente utilizada para cuantificar el contenido de proteínas en un alimento es el *método Kjeldhal*, el cual consiste en la determinación del nitrógeno total presente en la muestra. Este procedimiento comprende el tratamiento de la muestra con ácido sulfúrico concentrado y calor, convirtiendo todo el nitrógeno en iones NH_4^+ (ac) (**solución A**). Seguidamente, el NH_4^+ es liberado como NH_3 (g) y neutralizado en otra solución con exceso de HCl (ac) (**solución B**). El HCl (ac) no neutralizado es finalmente titulado con una solución de NaOH (ac) de concentración conocida. Una vez obtenido el contenido de nitrógeno en la muestra ($\% \text{m/m N}$), el porcentaje de proteína ($\% \text{m/m proteína}$) es calculado mediante la multiplicación del $\% \text{m/m N}$ por un factor de conversión específico según el tipo de alimento analizado.

- (a) Una muestra de 1,19g de leche en polvo es analizada mediante el método Kjeldhal. El NH_3 (g) liberado es absorbido en 25,00 mL de HCl (ac) 0,200 M, requiriéndose finalmente 13,50 mL de NaOH 0,100 M para su titulación. Determine el $\% \text{m/m N}$ en la muestra de leche en polvo.

Ayuda: Tanto la reacción entre NH_3 y HCl , como la de NaOH con HCl son 1 a 1.

Para determinar el $\% \text{m/m N}$, primero se debe calcular cuántos moles de amoníaco (n_{NH_3}) fueron liberados de la solución A. Para ello, se sabe que el HCl presente en la solución B es neutralizado mediante dos reacciones:



$$n_{\text{HCl}} = n_{\text{NH}_3} + n_{\text{NaOH}}$$

(No penalizar si el estudiante no escribe las reacciones correspondientes)

Primero se calculan los n_{NaOH} y los n_{HCl} según:

$$n_{\text{HCl}} = V_{\text{HCl}} \cdot C_{\text{HCl}} = 25,00 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 0,200 \text{ M} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(2 puntos parciales por calcular los moles de HCl totales)

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot C_{\text{NaOH}} = 13,5 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 0,100 \text{ M} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(2 puntos parciales por calcular los moles de NaOH)

Luego, los n_{NH_3} según:

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{HCl}} - n_{\text{NaOH}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(3 puntos parciales por calcular bien los moles de amoníaco)

Finalmente, el $\% \text{ m/m N}$ se calcula según:

$$\% \text{ m/m N} = (n_{\text{NH}_3} \cdot \text{Ar N} / m_{\text{muestra}}) \cdot 100 = (3,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 1,19 \text{ g}) \cdot 100 = 4,29\%$$

(3 puntos parciales por calcular bien el $\% \text{ m/m N}$)

10 puntos totales

- (b) Un niño de 1 año debe ingerir al menos 13 gramos de proteína al día para estar bien nutrido. ¿Cuál es la masa mínima que debe consumir por día de la leche en polvo analizada para poder suplir su requerimiento diario? Considera que es el único alimento que consume y que el factor de conversión es igual a 6,38. Si no pudiste calcular el ítem anterior, supón que el $\% \text{ N}$ es del 5%.

Primero obtenemos el $\% \text{ m/m proteína}$ según:

$$\% \text{ m/m proteína} = \% \text{ m/m N} \cdot 6,38 = 27,37 \% \text{ m/m proteína} \text{ (31,9 \% m/m si utiliza el dato de 5 \%)}$$

(3 puntos parciales por calcular bien el $\% \text{ m/m proteína}$)

Para determinar la masa de leche en polvo a consumir (m_{alimento}), se utiliza el valor del requerimiento diario (RD) según la siguiente proporcionalidad:

$$m_{\text{alimento}} = \text{RD} \cdot 100 / \% \text{ m/m proteína} = 13 \text{ g} \cdot 100\% / 27,37\% = 47,5 \text{ g} \text{ (40,8g si emplea el dato de 5 \%)}$$

(3 puntos parciales por calcular bien la masa de alimento)

6 puntos totales

- (c) Si todo el $\text{NH}_3(\text{g})$ liberado luego de la alcalinización de la solución A es capturado en un recipiente cerrado y rígido, se observa que la presión medida de dicho gas es ligeramente menor a la predicha mediante el modelo de gases ideales. ¿A qué se debe este comportamiento? Justifique brevemente y comente si son válidos los supuestos del modelo en el sistema de estudio.



El hecho que la presión del gas sea ligeramente menor a la predicha por gases ideales indica que hay desviaciones del comportamiento ideal. Los supuestos del modelo de gases ideales considera que las moléculas de gas carecen de volumen (puntuales) y son no interactuantes (colisiones elásticas). Si el primer supuesto no fuese válido en las condiciones experimentales, el espacio disponible para las moléculas del gas sería inferior y la presión real resultaría mayor a la ideal. Con respecto al segundo supuesto, en el caso de que las moléculas del gas puedan establecer interacciones atractivas entre ellas, la energía potencial de interacción implica una menor energía cinética promedio del gas y las colisiones de las moléculas con el recipiente resultan menos vigorosas. En consecuencia, la presión real es menor a la ideal.

El NH_3 es una molécula pequeña, por lo que la aproximación de un gas puntual resulta válida. No obstante, su fuerte momento dipolar y capacidad de establecer puente hidrógeno conlleva a que sea un gas con fuertes interacciones intermoleculares, por lo que el segundo supuesto no resulta 100% válido.

(3 puntos parciales por enunciar los supuestos del modelo del gas ideal. Restar 2 puntos si no enuncia uno de ellos). 4 puntos parciales por tener en cuenta que el efecto predominante son las interacciones atractivas entre moléculas de NH_3 . 2 puntos parciales por discutir el efecto del volumen molecular y considerar que no es relevante en este caso).

9 puntos totales

(d) Una de las proteínas más abundantes en la leche es la caseína. Una muestra pura de 0,53 g de caseína es disuelta en agua hasta un volumen final de 25,00 mL. La presión osmótica de la solución resultante es de 2250 Pa a 25°C. ¿Cuál es la masa molar de la caseína?

Primero se determina la concentración molar C de la solución a partir del dato de la presión osmótica Π :

$$C = \Pi / R \cdot T = 2250 \text{ Pa} / (8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}) = 0,9077 \text{ mol.m}^{-3} = 9,077 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

(3 puntos parciales por calcular bien la concentración molar de la proteína)

Considerando el volumen de solución V_{sc} , se calcula el número de moles de caseína en la muestra

$n_{\text{caseína}}$:

$$n_{\text{caseína}} = C \cdot V_{\text{sc}} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 9,077 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 2,269 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

(3 puntos parciales por calcular bien el número de moles de caseína)

Finalmente, la masa molar M_r se obtiene según:

$$M_{r_{\text{caseína}}} = m_{\text{caseína}} / n_{\text{caseína}} = 0,53 \text{ g} / 2,269 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 23360 \text{ g.mol}^{-1}$$

(2 puntos parciales por calcular bien la masa molar de la proteína)



8 puntos totales

ALGUNAS ECUACIONES Y DATOS QUE PUEDEN RESULTARTE ÚTILES

$1 \text{ atm} \equiv 1,013 \text{ bar} \equiv 101325 \text{ Pa} \equiv 760 \text{ torr}$	$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$
$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	$p_i = p_i^0 X_i$
$p_i = X_i \cdot p_{TOTAL}$	$\Delta p_{sv} = p_i^0 X_{st} \cdot i$
$p_{TOTAL} = p_1 + p_2 + \dots + p_N$	$\Delta T_{eb} = K_{eb} \cdot m_{st} \cdot i$
$\Delta T_{fus} = K_c \cdot m_{st} \cdot i$	$\Pi = C \cdot R \cdot T \cdot i$