



32^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
17 DE AGOSTO DE 2022
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVEL INICIAL
EXAMEN

Utiliza la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. En todos los casos, puedes considerar que los gases se comportan idealmente.

Datos útiles:

Número de Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$

Densidad: $\delta = m/V$

Ecuación de gases ideales: $P V = n R T$

Constante de los gases: $R = 0,08314 \text{ bar L / (K mol)}$

$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15 \text{ K}$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Ejercicio 1 (Puntaje sugerido: 2 Puntos)

Un dado elemento químico tiene número atómico 38 y masa atómica 88. ¿Cuál es su número de neutrones?

- (a) 50 ☒ (b) 88 ☐ (c) 38 ☐ (d) 126 ☐

Ejercicio 2 (Puntaje sugerido: 2 Puntos)

¿Cuál de los siguientes símbolos representa un miembro de la familia de los halógenos?

- (a) Al ☐ (b) H ☐ (c) S ☐ (d) Br ☒

Ejercicio 3 (Puntaje sugerido: 2 Puntos)

La fórmula molecular de la cafeína es $C_8H_{10}N_4O_2$. ¿Cuál de los siguientes elementos está presente en la cafeína?

- (a) sodio ☐ (b) calcio ☐ (c) osmio ☐ (d) cobre ☐ (e) ninguno de los anteriores ☒

Ejercicio 4 (Puntaje sugerido: 5 Puntos)

Se tienen 30 mL de cada una de las siguientes sustancias (cuya densidad en g/mL se indica entre paréntesis): etanol (0,79); calcio (1,55); óxido de calcio (3,34) y cobre (8,96). ¿Cuál de estas muestras tendrá menor masa?



- (a) etanol ☒ (b) calcio ☐ (c) óxido de calcio ☐ (d) cobre ☐

Ejercicio 5 (*Puntaje sugerido: 3 Puntos. 1,5 Puntos por cada respuesta correcta. 0 Puntos si alguna respuesta es incorrecta.*)

¿Cuál/es de los siguientes iones es isoelectrónico con el Ar (es decir, tiene la misma cantidad de electrones)? Marca todas las opciones que consideres correctas.

- (a) Ca^{2+} ☒ (b) Na^{+} ☐ (c) F^{-} ☐ (d) Cl^{-} ☒ (e) Br^{-} ☐

Ejercicio 6 (*Puntaje sugerido: 6 Puntos. 1,5 Puntos por cada respuesta correcta.*)

Los puntos de fusión normales del rubidio y del mercurio son $-39,0^{\circ}\text{C}$ y $39,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Además, el punto de ebullición normal de cada uno de ellos es superior a 300°C . Teniendo en cuenta únicamente estos datos, indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

- (i) A 50°C una de las sustancias es sólida.
(ii) A -50°C ambas sustancias son sólidas.
(iii) A 273 K el mercurio es líquido y el rubidio es sólido.
(iv) A 350°C ambas sustancias podrían ser gaseosas.

F
V
V
V

Ejercicio 7 (*Puntaje sugerido: 6 Puntos. 1,5 Puntos por cada respuesta correcta.*)

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

- (i) Los isótopos son átomos que tienen igual número de masa.
(ii) Un par de isótopos tienen igual número atómico pero distinto número de masa.
(iii) Los átomos ^{17}O y ^{16}O son isótopos.
(iv) Los átomos ^{14}C y ^{12}C son isótopos, pero no son isoelectrónicos.

F
V
V
F



Ejercicio 8 (*Puntaje sugerido: 7 Puntos. 1 Punto por cada casillero completado correctamente respuesta correcta.*)

Completa la siguiente tabla.

Elemento	Número de protones	Número de neutrones	Número de electrones
${}^{48}_{22}\text{Ti}$	22	26	22
${}^{128}_{52}\text{Te}$	52	76	52
${}^{23}_{11}\text{Na}$	11	12	11

Ejercicio 9 (*Puntaje total sugerido: 7 puntos. 1 Punto por cada respuesta correcta. Aclaración: se sugiere se den por válidas las respuestas si se usan las nomenclaturas IUPAC, numerales de Stock o tradicional).*)

Completa la siguiente tabla (si existe más de una forma de nombrar al compuesto, simplemente elige una de ellas).

Compuesto	Nomenclatura
Cl_2O_3	Trióxido de dicloro
$\text{Sn}(\text{SO}_3)_2$	Bis[trioxosulfato (IV)] de estaño
HIO_3	Ácido yódico
CuS	Sulfuro cúprico
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Hidróxido de aluminio
H_2Se	Selenuro de hidrógeno
$\text{Sn}(\text{SO}_3)_2$	Sulfito estánnico

Ejercicio 10 (*Puntaje total sugerido: 8 Puntos.*)

El rubidio presenta únicamente los isótopos ${}^{85}\text{Ru}$ y ${}^{87}\text{Ru}$, cuyas abundancias son 72,15% y 27,85 %, respectivamente. Sabiendo que la masa isotópica del ${}^{85}\text{Ru}$ es 84,9118 uma y la del ${}^{87}\text{Ru}$ vale 86,9092 uma, calcula la masa atómica del rubidio.



Si un elemento E presenta dos isótopos A y B, de abundancias relativas X_A y X_B , y masas isotópicas m_A y m_B , se tiene que la masa atómica de E es:

$$m_E = m_A \times X_A + m_B \times X_B$$

Luego:

$$m_{Ru} = 84,9118 \text{ uma} \times 0,7215 + 86,9093 \text{ uma} \times 0,2785$$

$$m_{Ru} = 84,468 \text{ uma}$$

Ejercicio 11 (Puntaje total sugerido: 2 Puntos. 0,5 Puntos por cada respuesta correcta.)

Indica si las siguientes oraciones describen propiedades intensivas (I) o extensivas (E).

(i) La temperatura de ebullición normal del etanol es de 78,37 °C.

I

(ii) Una solución acuosa de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ es de color turquesa.

I

(iii) Un cable de cobre tiene una longitud de 10 cm.

E

(iv) El acetaldehído tiene un olor frutal.

I

Ejercicio 12 (Puntaje total sugerido: 5 Puntos. 1 Punto por cada respuesta correcta.)

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

(i) Dependiendo de sus componentes, una mezcla que es heterogénea puede volverse homogénea al aumentar la temperatura.

V

(ii) Una mezcla de agua líquida y hielo es homogénea, pues posee un solo componente.

F

(iii) Una mezcla heterogénea posee zonas con distintas propiedades intensivas.

V

(iv) La temperatura de ebullición es una constante que depende únicamente de la identidad de la sustancia, y no de factores externos como la presión.

F

(iv) Teóricamente, es posible obtener agua pura a partir de agua de mar mediante destilación.

V



Ejercicio 13 (Puntaje total sugerido: 2 Puntos. 0,5 Puntos por cada respuesta correcta.)

Indica si las siguientes oraciones describen transformaciones químicas (Q) o físicas (F).

- (i) Una hoja de papel se quema en una fogata.
- (ii) La nieve se derrite luego de un cierto tiempo bajo el sol.
- (iii) Una cucharada de azúcar se disuelve en té de manzanilla.
- (iv) Una chapa que fue expuesta a la lluvia se oxida.

Q
F
F
Q

Ejercicio 14 (Puntaje total sugerido: 4 Puntos. 1 Punto por cada ecuación correctamente balanceada.)

Balancea las siguientes ecuaciones químicas:

- (i) $\underline{1} \text{N}_2\text{O}_3 + \underline{1} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \underline{2} \text{HNO}_2$
- (ii) $\underline{1} \text{P}_2\text{O}_3 + \underline{3} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \underline{2} \text{H}_3\text{PO}_3$
- (iii) $\underline{1} \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \underline{2} \text{KCl} \rightarrow \underline{1} \text{CaCl}_2 + \underline{2} \text{KNO}_3$
- (iv) $\underline{1} \text{Ba}(\text{OH})_2 + \underline{1} \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \underline{1} \text{BaSO}_4 + \underline{2} \text{H}_2\text{O}$

Ejercicio 15 (Puntaje total sugerido: 4 Puntos. 2 Puntos por cada ecuación correctamente escrita y balanceada. 0 Puntos si la ecuación no está correctamente balanceada).

Escribe y balancea las ecuaciones químicas de la reacción de los siguientes óxidos con agua:

- (i) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3$
- (ii) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

Ejercicio 16 (Puntaje total sugerido: 4 Puntos. 2 Puntos por cada ecuación correctamente escrita y balanceada. 0 Puntos si la ecuación no está correctamente balanceada).

Escribe las ecuaciones balanceadas correspondientes a la reacción de neutralización de los siguientes hidróxidos con H_2SO_4 .

- (i) $2 \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- (ii) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$



Ejercicio 17 (Puntaje total sugerido: 8 Puntos.)

¿Cuál es el porcentaje en peso (%) de hidrógeno en la siguiente sal pentahidratada ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)?

Comenzaremos por determinar la masa de 1 mol del compuesto (es decir, su masa molar, M_r):

$$M_r = A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{S}) + 10 \times A_r(\text{H}) + 9 \times A_r(\text{O})$$

$$M_r = 63,546 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,065 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 10 \times 1,00795 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 9 \times 15,9994 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_r = 63,546 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,065 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 10,0795 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 143,9946 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_r = 249,6851 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Sabemos que en la masa de un mol de compuesto, 249,6851 g, hay presentes 10,0795 g de H, por lo tanto:

$$\% \text{ en peso de H} = \frac{10,0795}{249,6851} \times 100$$

$$\% \text{ en peso de H} = 4,04$$

Ejercicio 18 (Puntaje total sugerido: 6 Puntos.)

Calcula los moles de HNO_3 que contienen la mitad de átomos de oxígeno que $1,2 \times 10^{-2}$ g de perbromato de sodio.

El perbromato de sodio tiene fórmula NaBrO_4 , y por lo tanto su masa molar es de 166,8914 g/mol. Los moles de HNO_3 que contienen la mitad de átomos de oxígeno que una dada masa de NaBrO_4 son los mismos que contienen la mitad de moles de oxígeno que dicha masa.

Teniendo en cuenta que cada mol de HNO_3 contiene 3 moles de O y cada mol de NaBrO_4 contiene 4 moles de O:

$$3 \times n(\text{HNO}_3) = \frac{4 \times n(\text{NaBrO}_4)}{2} = 2 \frac{m(\text{NaBrO}_4)}{Mr(\text{NaBrO}_4)}$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{2}{3} \frac{m(\text{NaBrO}_4)}{Mr(\text{NaBrO}_4)} = \frac{2}{3} \frac{1,2 \times 10^{-2} \text{g}}{166,8914 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 4,79 \times 10^{-5} \text{mol}$$



Ejercicio 19 (Puntaje total sugerido: 6 Puntos.)

Una muestra dada de un compuesto contiene 0,300 moles de átomos de cromo, 23,459 g de potasio y $7,23 \times 10^{23}$ átomos de oxígeno. ¿Cuál es la fórmula mínima (o empírica) del compuesto?

Determinamos primero los moles de cada elemento:

$$n(\text{Cr}) = 0,300 \text{ mol}$$

$$n(\text{K}) = \frac{2,3459 \text{ g}}{\text{Ar}(\text{K})} = 0,600 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{7,23 \times 10^{23} \text{ átomos}}{6,02 \times 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}}} = 1,201 \text{ mol}$$

Y ahora calculamos las relaciones a, por ejemplo, los moles de Cr:

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{Cr})} = \frac{1,201}{0,300} = 4$$

$$\frac{n(\text{K})}{n(\text{Cr})} = \frac{0,600}{0,300} = 2$$

Esto quiere decir que por cada átomo de Cr, hay 4 átomos de O y 2 de K.

La fórmula empírica del compuesto es entonces:



Ejercicio 20 (Puntaje total sugerido: 4 Puntos.)

Se determinó que la masa molar de un compuesto se encuentra entre 70 y 120 g/mol, y que su fórmula mínima es CH_2 . De acuerdo con estos datos, ¿cuál es su fórmula molecular?

- (a) C_6H_{14} ☐ (b) C_9H_{18} ☐ (c) C_3H_6 ☐ (d) C_6H_{12} ☒ (e) CH_2 ☐

Ejercicio 21 (Puntaje total sugerido: 7 Puntos.)

A una temperatura de 29°C y una presión de $1,98 \times 10^4 \text{ Pa}$, 79,8 g de un cierto gas X ocupan el mismo volumen que $1,2 \times 10^{24}$ moléculas de CO_2 en las mismas condiciones. Determine la masa molar del gas X en unidades de g/mol.



Como las condiciones son las mismas para ambos gases, y ambos cumplen la ecuación de gases ideales:

$$PV = n(\text{CO}_2) RT$$

$$PV = n(X) RT$$

En otras palabras:

$$n(X) = n(\text{CO}_2)$$

$$n(X) = \frac{1,2 \times 10^{24} \text{ moléculas}}{6,02 \times 10^{23} \frac{\text{moléculas}}{\text{mol}}} = 2 \text{ mol}$$

Luego:

$$Mr(X) = \frac{m(X)}{n(X)} = \frac{79,8 \text{ g}}{2 \text{ mol}}$$

$$Mr(X) = 39,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$



32ª OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
17 DE AGOSTO DE 2022
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVEL 1
EXAMEN

Utilizá la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. Podés suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.

$R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. $0^\circ\text{C} \equiv 273,15 \text{ K}$.

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**.

Notas de corrección:

Los puntos de los cálculos se asignan a cada cálculo individual. Si el/la estudiante realiza un cálculo correcto con un número incorrecto obtenido de un paso anterior, el cálculo se considera correcto. De lo contrario se estaría penalizando dos veces por el mismo error.

En ningún caso el puntaje asignado a un ítem podrá ser inferior a 0 puntos.

Ejercicio 1 (30 Puntos)

a) La composición porcentual del aire expresada en volumen es: 78,08 % N_2 ; 20,95 % O_2 ; 0,93 % Ar; 0,036 % CO_2 . Calcular las presiones parciales de los cuatro gases cuando la presión barométrica es 1 atm.

$$p(\text{N}_2) = 0,7808 \times 1 \text{ atm} = 0,7808 \text{ atm } \underline{2 \text{ puntos}}$$

$$p(\text{O}_2) = 0,2095 \times 1 \text{ atm} = 0,2095 \text{ atm } \underline{2 \text{ puntos}}$$

$$p(\text{Ar}) = 0,0093 \times 1 \text{ atm} = 0,0093 \text{ atm } \underline{2 \text{ puntos}}$$

$$p(\text{CO}_2) = 0,00036 \times 1 \text{ atm} = 0,00036 \text{ atm } \underline{2 \text{ puntos}}$$

8 puntos totales

b) La composición porcentual del aire exhalado es distinta de la del aire ordinario. Un análisis típico de aire exhalado llevado a cabo a 37°C y 1 atm arrojó una composición en volumen de: 74,2 % N_2 ; 15,2 % O_2 ; 5,9 % H_2O ; 3,8 % CO_2 ; 0,9 % Ar.

i – ¿Cuánto exceso de CO_2 hay en el aire exhalado respecto del aire ordinario? En otras palabras, ¿cuál es el cociente entre la presión parcial de CO_2 en el aire exhalado respecto de la



del aire ordinario? Nota: si no pudiste resolver el ítem (a), considerá que la presión de CO_2 en el aire ordinario es 3×10^{-4} atm.

$$p(\text{CO}_2) = 0,038 \times 1 \text{ atm} = 0,038 \text{ atm} \text{ 2 puntos}$$

$$\text{Cociente: } 0,038 \text{ atm} / 0,00036 \text{ atm} = 105,56 \text{ 4 puntos}$$

6 puntos totales

ii – Calcular la densidad del aire exhalado en g L^{-1} .

Porcentaje en volumen y porcentaje en moles son lo mismo pues $V = nRT / p$

Hay varias maneras de abordar este cálculo. Una posibilidad es la siguiente:

$$0,742 \text{ mol N}_2 \equiv 20,776 \text{ g (28 g mol}^{-1}\text{)}$$

$$0,152 \text{ mol O}_2 \equiv 4,864 \text{ g (32 g mol}^{-1}\text{)}$$

$$0,059 \text{ mol H}_2\text{O} \equiv 1,063 \text{ g (18,02 g mol}^{-1}\text{)}$$

$$0,038 \text{ mol CO}_2 \equiv 1,672 \text{ g (44 g mol}^{-1}\text{)}$$

$$0,009 \text{ mol Ar} \equiv 0,360 \text{ g (39,95 g mol}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Total} = 28,735 \text{ g}$$

$$\text{Total} = 1 \text{ mol; } V = nRT / p = 1 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm K mol}^{-1} \times 310,15 \text{ K} / 1 \text{ atm} = 25,43 \text{ L}$$

$$\text{Densidad} = m / V = 28,735 \text{ g} / 25,43 \text{ L} = 1,130 \text{ g L}^{-1}$$

10 puntos totales

iii – Marcar con una X las afirmaciones que consideres correctas. **6 puntos totales**

La densidad del aire exhalado debería ser mucho mayor a la del aire ordinario pues la primera contiene mayor porcentaje de argón, que es un gas más pesado.	
La densidad del aire exhalado debería ser mucho menor a la del aire ordinario pues la primera contiene una importante cantidad de agua gaseosa, que es muy liviana.	
No pueden compararse las densidades sin efectuar cálculos ya que el aire exhalado contiene mayor porcentaje de algunos gases que son más pesados pero también mayor porcentaje de otros que son más livianos.	X



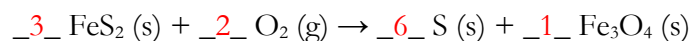
Ninguna de las opciones anteriores es correcta.

Ejercicio 2 (40 Puntos)

(Adaptado de la 54ta Olimpiada Internacional de Química, Tianjin, China, 2022)

El azufre se utiliza en síntesis química y en la industria farmacéutica como materia prima de bajo costo. Una de las principales fuentes utilizadas para la obtención industrial de azufre es el mineral pirita (FeS_2).

a) Por calentamiento de pirita en presencia de oxígeno se obtienen azufre elemental y un óxido de hierro (Fe_3O_4). Completar el balanceo correspondiente a la ecuación para esta reacción.



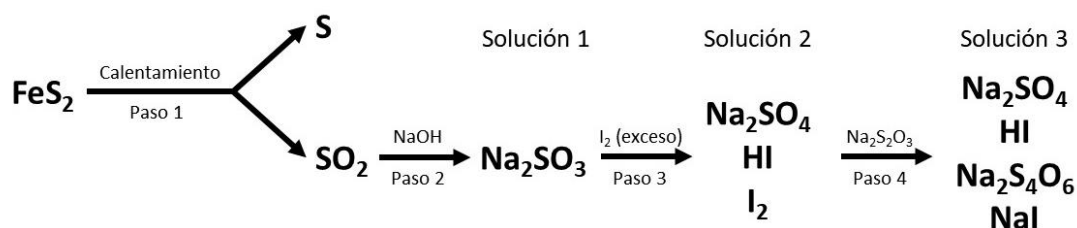
5 puntos totales

No se asignan puntos parciales por índices correctos (la reacción está balanceada o no).

Restar 2 puntos si ioniza las especies.

Se asigna el total del puntaje a cualquier otro balanceo correcto.

Además del azufre, en este proceso se genera una pequeña cantidad de dióxido de azufre como producto no deseado. Para determinar el rendimiento de producción de azufre se lleva a cabo el procedimiento esquematizado en la siguiente figura:



El polvo de FeS_2 se calienta en un horno, generándose principalmente S y una pequeña cantidad de SO_2 (Paso 1). El SO_2 (que es un óxido ácido) se burbujea en una solución acuosa de NaOH, donde es capturado formando una sal, el sulfito de sodio (Paso 2).

b) Escribir la ecuación balanceada para la reacción que describe el Paso 2.





7 puntos totales

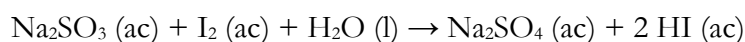
No se asignan puntos parciales por índices correctos (la reacción está balanceada o no).

No se restan puntos si ioniza las especies.

Restar máximo 2 puntos si equivoca u omite estados de agregación.

Se asigna el total del puntaje a cualquier otro balanceo correcto.

Al completarse la reacción, se toma esta solución, que contiene todo el SO_2 generado (en forma de Na_2SO_3) (**solución 1**), y se añaden **50,00 mL** de una solución de I_2 **0,05122 M**, teniendo lugar la siguiente reacción (Paso 3):

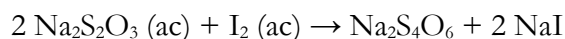


c) Calcular la cantidad de moles de I_2 añadidos.

$$n = 0,05122 \text{ mol L}^{-1} \times 50 \text{ mL} / 1000 \text{ mL L}^{-1} = 2,561 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4 puntos totales

En esta reacción el reactivo limitante es el Na_2SO_3 , por lo que una cierta cantidad de I_2 permanece sin reaccionar. La solución resultante (**solución 2**) se *titula* con una solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ para determinar la cantidad de I_2 presente. Este procedimiento consiste en agregar un compuesto que reacciona específicamente con el I_2 hasta que se observa un cambio de color que indica que la reacción se ha completado, es decir, que el I_2 se ha consumido por completo (Paso 4):



De esta manera, se determina la cantidad de I_2 en exceso durante el Paso 3, es decir, aquella que **no ha reaccionado** con Na_2SO_3 .

d) Sabiendo que en esta última reacción (Paso 4) se consumieron **18,47 mL** de una solución **0,1012 mol L⁻¹** de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, calcular:

i – La cantidad de moles de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ añadidos.

$$n = 0,1012 \text{ mol L}^{-1} \times 18,47 \text{ mL} / 1000 \text{ mL L}^{-1} = 1,869 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



4 puntos totales

ii – La cantidad de moles de I_2 que reaccionaron en el Paso 4.

$$n = 1,869 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 9,345 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

4 puntos totales

iii – La cantidad de moles de I_2 que reaccionaron con Na_2SO_3 en el Paso 3.

$$n = 2,561 \times 10^{-3} \text{ mol} - 9,345 \times 10^{-4} \text{ mol} = 1,627 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4 puntos totales

e) Sabiendo que a partir de la muestra de FeS_2 se obtuvieron 17,6 g de azufre elemental en el Paso 1, calcular qué porcentaje del azufre en la piritita se perdió como SO_2 .

$$\text{moles de } SO_2 = \text{moles de } SO_3^{2-}$$

$$\text{moles de } SO_3^{2-} = \text{moles de } I_2 \text{ que reaccionaron en el Paso 3} = 1,627 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{moles de S que se pierden como } SO_2 = 1,627 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{masa de S que se pierde como } SO_2 = 1,627 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 32,07 \text{ g mol}^{-1} = 0,052 \text{ g}$$

$$\% \text{ de azufre perdido como } SO_2 = 0,052 \text{ g} / (0,052 \text{ g} + 17,6 \text{ g}) \times 100 = 0,29 \%$$

12 puntos totales

Ejercicio 3 (30 Puntos)

a) Representá las estructuras de Lewis del I_2 y del CO_2 .



6 puntos cada estructura

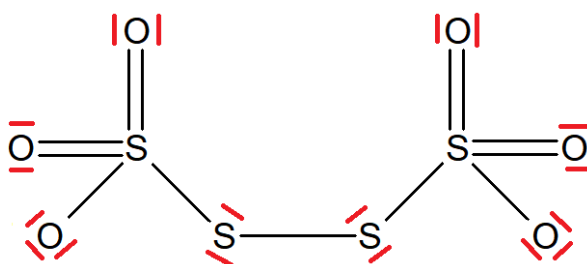
No se asignan puntos parciales por estructuras parcialmente correctas (la estructura está bien o mal).



Los electrones son indistinguibles y por lo tanto se considera incorrecto utilizar distintos símbolos para representarlos. Se restan 2 puntos en total si utiliza símbolos distintos para los electrones, y 2 puntos en total si representa alguna unión “dativa”.

12 puntos totales

b) El azufre, al igual que otros elementos del tercer período en adelante, puede adoptar en sus compuestos más de 8 electrones de valencia. En la siguiente figura se representa una estructura de Lewis para el anión *tetrationato*, $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ en la que sólo faltan los pares de electrones libres sobre los distintos átomos:



ii – Completar la estructura con los pares de electrones libres faltantes sobre cada átomo. Podés representar cada par con una línea (–). **6 puntos totales**

iii – Indicar con una X la cantidad de estructuras de resonancia **totales** equivalentes que se requieren para describir adecuadamente esta especie: **4 puntos totales**

1	
2	
3	
6	
9	X

c) Marcar con una X las afirmaciones que consideres correctas respecto de los radios atómicos de los siguientes elementos: C, N, O, Ar.

$r(\text{C}) < r(\text{N}) < r(\text{O})$	
$r(\text{C}) > r(\text{N}) > r(\text{O})$	X



El radio del Argón es mayor al de todos los otros elementos.	
El radio del Argón es menor al de todos los otros elementos.	
No puede establecerse con facilidad el orden de los cuatro radios atómicos ya que las tendencias al moverse en el grupo y en el período son opuestas.	X

4 puntos por cada respuesta correcta. Cada respuesta incorrecta resta 3 puntos. El puntaje no podrá ser inferior a 0 puntos. **8 puntos totales**



32^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
17 DE AGOSTO DE 2022
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVELES 2 y 2-BIS
RESPUESTAS

Utiliza la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios. A menos que se indique lo contrario, puedes suponer que las sustancias en estado gaseoso se comportan idealmente.

Ejercicio 1 (35 Puntos)

Decide si las siguientes afirmaciones son correctas o incorrectas, justificando brevemente tus respuestas:

- (a) Si bien entre moléculas de metanol se forman enlaces de H y entre moléculas de octano no, el punto de ebullición del octano es mayor al del metanol. DATOS: T_{eb} (octano) = 125,6 °C; T_{eb} (metanol) = 64,7 °C.

Verdadero. Eso se debe a que si bien en el metanol las contribuciones a las interacciones intermoleculares son de tipo dipolo-dipolo (inducidos y permanentes) y enlace de Hidrógeno, en el octano, que es una molécula con mucho mayor número de electrones (más polarizable) y un hidrocarburo lineal, las contribuciones por interacciones de Van der Waals producen una mayor interacción atractiva total y por lo tanto un mayor punto de ebullición. **7 puntos totales**

- (b) La primera energía de ionización del Mg es mayor que la del Ca porque en este último los electrones de valencia están menos apantallados por electrones internos y de ese modo son atraídos por una carga nuclear efectiva mayor.

Falso. Efectivamente la energía de Ionización del Mg es mayor a la del Calcio (valen 737,7 y 589,8 kJ.mol⁻¹ respectivamente), pero la argumentación es incorrecta. Es en el Ca en donde los electrones de valencia están más apantallados.

A su vez, los electrones de valencia en el Ca se encuentran en orbitales 4s, que resultan más difusos y externos que los del Mg (3s), con lo que son más sencillos de sustraer para ionizar. **7 puntos totales**

- (c) La presión osmótica de una solución acuosa 1,00 mol/L de Na₂S es idéntica a la de una solución acuosa 1,00 mol/L de NaF.

Falso. La presión osmótica depende de la cantidad de partículas de soluto disueltas. Al disolverse, Na₂S y NaF generan diferente concentración total de especies disueltas:





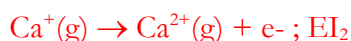
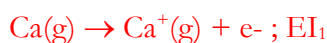
De este modo, la presión osmótica de las soluciones será distinta. **7 puntos totales**

(d) El radio del ion $\text{Cl}^-(\text{g})$ es mayor que el del átomo $\text{Cl}(\text{g})$.

Verdadero. Al agregar un electrón al átomo de Cloro, todos los electrones perciben mayores repulsiones interelectrónicas y disminuyen su carga nuclear efectiva. Esto genera que la nube electrónica se expanda, aumentando el radio. **7 puntos totales**

(e) La segunda energía de ionización del Ca es mayor a la primera.

Verdadero. Los procesos para analizar son:



Mirando las ecuaciones, la pregunta se reduce a analizar si es más sencillo sustraer un electrón de la especie Ca o de la especie Ca^+ . La respuesta es que es más difícil quitar un electrón del Ca^+ ya que en el mismo los electrones a sustraer perciben una mayor carga nuclear efectiva y menores repulsiones interelectrónicas.

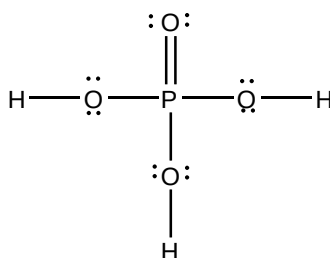
Finalmente, $EI_2 > EI_1$ (de hecho, valen $1145,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ y $589,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ respectivamente)

7 puntos totales

Ejercicio 2 (40 Puntos)

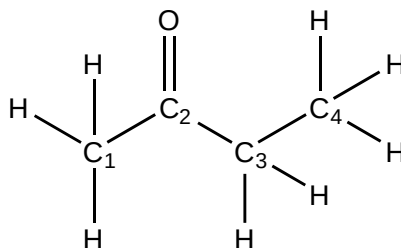
Describe la estructura electrónica de las siguientes moléculas empleando la teoría de enlace que se indica en cada caso:

(a) H_3PO_4 empleando estructuras de Lewis.



5 puntos totales

(b) Butanona empleando Teoría de Enlace de Valencia.



(Describir bien la estructura de la butanona: 2 puntos parciales)

En esta estructura, sólo los carbonos hibridizan y lo hacen según: C₁, C₃ y C₄ son sp³ y C₂ es sp²

(describir bien la hibridización de los carbonos: 3 puntos parciales)

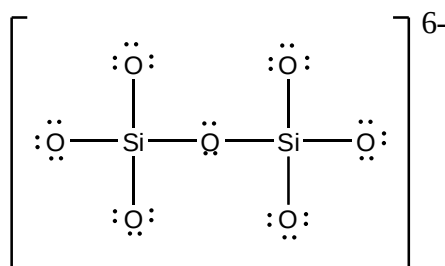
Los enlaces se entienden del siguiente modo:

- Los enlaces C-H son del tipo $\sigma(\text{sp}^3\text{-s})$ en todos los casos. Hay 8 enlaces en total de este tipo.
- Los enlaces C₁-C₂ y C₂-C₃ son del tipo $\sigma(\text{sp}^3\text{-sp}^2)$. Hay dos enlaces en total de este tipo.
- Los enlaces C₃-C₄ es del tipo $\sigma(\text{sp}^3\text{-sp}^3)$. Hay sólo un enlace de este tipo
- En enlace C₂=O es doble y tiene dos componentes: $\sigma(\text{sp}^2\text{-p})$ y $\pi(\text{p-p})$. Hay sólo un enlace de este tipo.

(describir bien los enlaces: 3 puntos parciales)

8 puntos totales

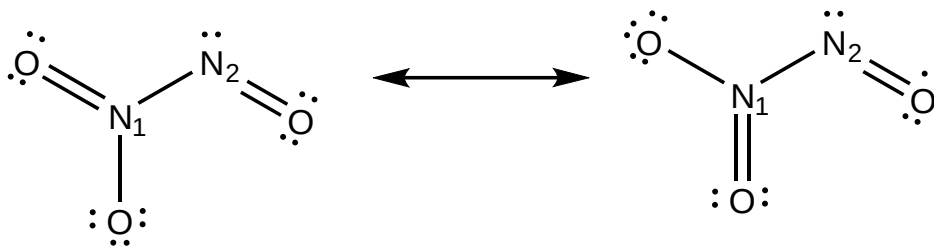
(c) [Si₂O₇]⁶⁻ empleando estructuras de Lewis.



6 puntos totales.

En caso de que el estudiante llegue a otra estructura que sea consistente (se cumplan octetos y la cantidad de electrones totales sea la correcta), darle todo el puntaje.

(d) N₂O₃ empleando estructuras de Lewis y Teoría de Enlace de Valencia.



(5 puntos parciales por las estructuras de Lewis. Si no dibuja las dos resonantes, restar 3 puntos)

Por el lado de la Teoría de enlace de valencia, primero necesito predecir la geometría local en torno a los nitrógenos:

- Geometría electrónica en torno a N_1 predicha por TREPEV = triangular. Esto genera que N_1 hibridice sp^2 .
- Geometría electrónica en torno a N_2 predicha por TREPEV = triangular. Esto genera que N_2 hibridice sp^2 .

(2 puntos parciales por predecir geometrías y consecuentemente hibridizaciones correctas para los Nitrógenos)

Teniendo en cuenta que no se necesita plantear un modelo de hibridización para los átomos terminales, se describen los enlaces de la siguiente manera:

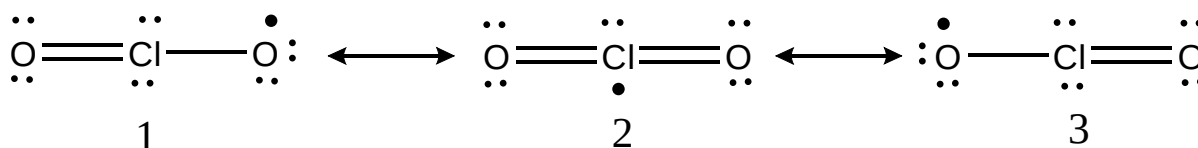
- Los enlaces simples N_1-O son $\sigma(sp^2-p)$
- Los enlaces dobles $N_1=O$ tienen dos componentes: $\sigma(sp^2-p)$ y $\pi(p-p)$
- En enlaces N_1-N_2 es del tipo $\sigma(sp^2-sp^2)$
- El enlace $N_2=O$ tiene dos componentes: $\sigma(sp^2-p)$ y $\pi(p-p)$

(3 puntos parciales por describir correctamente los enlaces químicos)

10 puntos totales.

(e) ClO_2 empleando estructuras de Lewis y Teoría de Enlace de Valencia.

Para empezar, describamos el ClO_2 empleando estructuras de Lewis:





Nota: Es esperable que los estudiantes planteen sólo la estructura “2”, ya que es a la que se arriba siguiendo la metodología clásica para obtener estructuras de Lewis. Las estructuras “1” y “3” se agregan en esta resolución sólo porque en la práctica tienen peso real y no deben ser penalizados los estudiantes que las dibujen. De cualquier modo, si sólo se presenta la estructura “2” dar todo el puntaje.

(4 puntos parciales por hacer las Lewis correctamente)

Como se puede ver, en todas las estructuras resonantes, el Cl central tiene 4 grupos de densidad electrónica unidos por lo que su hibridación será sp^3 (empleando TREPEV, la geometría electrónica del sistema se predice tetraédrica y la geometría molecular angular).

(3 puntos parciales por predecir correctamente la geometría según TREPEV)

(2 puntos parciales por describir como sp^3 la hibridación del Cl)

En las tres estructuras resonantes, el Cloro expande el octeto a través de la formación de los enlaces múltiples que se describen, lo cual implica que los mismos son del tipo $\pi(p-d)$. La descripción por TEV será entonces:

- Los dos enlaces Cl-O tienen una componente $\sigma(sp^3-p)$ y una componente $\pi(p-d)$

(2 puntos parciales por describir correctamente los enlaces)

11 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 (25 Puntos)

Las soluciones de fenol (C_6H_5OH) en bromoformo ($CHBr_3$) presentan la interesante característica de que el 70% de las moléculas de fenol se encuentran en forma de dímeros a temperatura ambiente.

- (a) Determine el punto de fusión de una solución generada a partir de la disolución de 25 g de fenol en 100 g de bromoformo.

Los pesos moleculares del Fenol y el Bromoformo son $94,11 \text{ g.mol}^{-1}$ y $257,73 \text{ g.mol}^{-1}$ respectivamente. Con esto en mente, la concentración molar del fenol en la solución es $2,66 \text{ m}$.

(3 puntos parciales por calcular la concentración molar inicial)



El enunciado dice que, en solución, el 70% de las moléculas de fenol están agrupadas como dímeros, por lo que, a los fines del análisis de propiedades coligativas, dichos dímeros deben considerarse como una única especie disuelta. La concentración efectiva de especies se calcula según:

$$C_{ef} = 0,5 \times (2.66m \times 0,7) + (2.66m \times 0,3) = 1,76m$$

(6 puntos parciales por calcular la concentración efectiva de partículas en solución)

Con la concentración efectiva calculada, podemos calcular el punto de fusión de la solución:

$$T_f^* - T_f = K_f \times C_{ef}$$

$$8^\circ\text{C} - T_f = (1,413^\circ\text{C.kg.mol}^{-1}) \times (1,76 \text{ mol.kg}^{-1})$$

$$T_f = 5,56^\circ\text{C}$$

(3 puntos por calcular el descenso crioscópico correctamente)

12 puntos totales

- (b) Indica las interacciones intermoleculares de tipo fenol-fenol y fenol-bromoformo que esperarías estén presentes en la solución. ¿Qué tipo de interacciones intermoleculares dan origen a las formas diméricas del fenol en estos sistemas?

Interacciones Fenol-Fenol: Dispersivas (VdW), Dipolo-Dipolo, Puentes de Hidrógeno

Interacciones Fenol-Bromoformo: Dispersivas (VdW), Dipolo-Dipolo

(6 puntos totales)

- (c) ¿En cuál de los solventes que se presentan a continuación crees que el fenol podría disolverse de tal modo que en la solución el mismo se presente fundamentalmente como monómero? Metanol, Tetracloruro de Carbono, o Hexano.

La fuerza impulsora para que el fenol se agrupe en forma de dímeros es la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas de fenol. De ese modo, para generar que el fenol se disuelva sin agruparse, debo emplear un solvente que pueda competir con dichas interacciones.

En la lista presentada, el MeOH es el candidato natural para conseguir esto, ya que dicha molécula presenta un grupo -OH el cual puede interactuar por puente de hidrógeno con las moléculas de fenol, generando interacciones soluto-solvente muy fuertes que competirán con las interacciones soluto-soluto que promueven la formación del dímero. **7 puntos totales**

Datos: $K_f(\text{CHBr}_3) = 1,413^\circ\text{C kg mol}^{-1}$; $T_f^*(\text{CHBr}_3) = 8,0^\circ\text{C}$; $\Delta T = K_f \times C$



32^a OLIMPIADA ARGENTINA DE QUÍMICA
17 DE AGOSTO DE 2022
CERTAMEN INTERCOLEGIAL – NIVEL 3
RESPUESTAS

Utiliza la información de tu tabla periódica para obtener los datos atómicos que consideres necesarios.

EJERCICIO 1. (40 puntos)

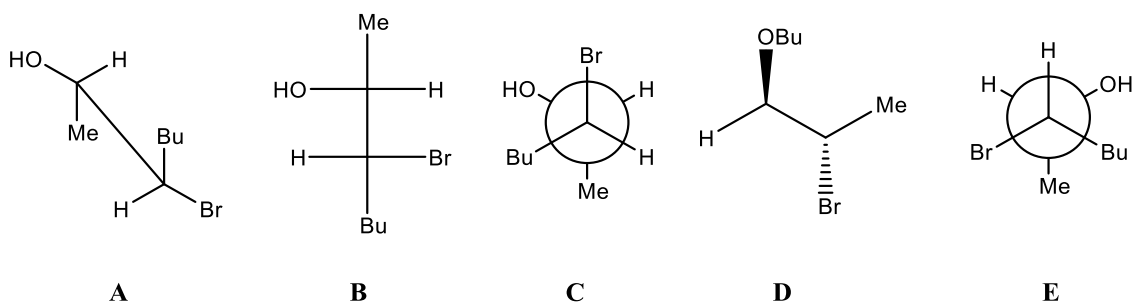
- (a) Indica qué relación de estereoisomería existe entre el compuesto **A** y los compuestos **B**, **C**, **D** y **E**: **(Puntaje parcial: 10 puntos). Asignar 2,5 puntos por cada relación correcta.**

A y B son diastereómeros.

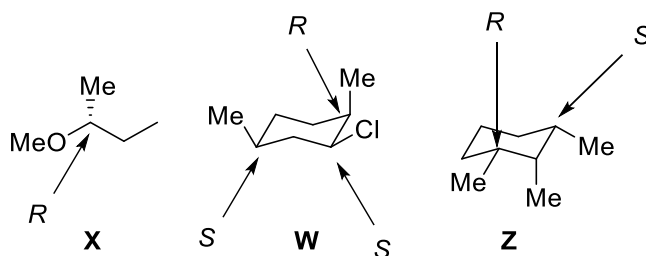
A y C son el mismo compuesto.

A y D no son isómeros.

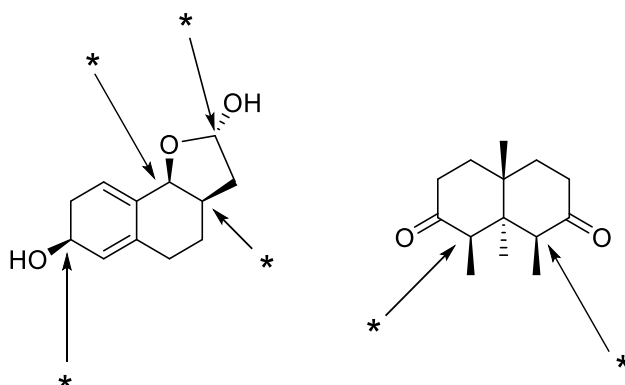
A y E son diastereómeros.



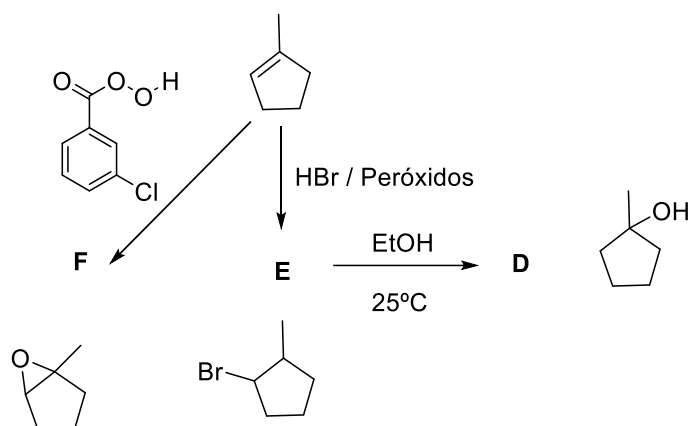
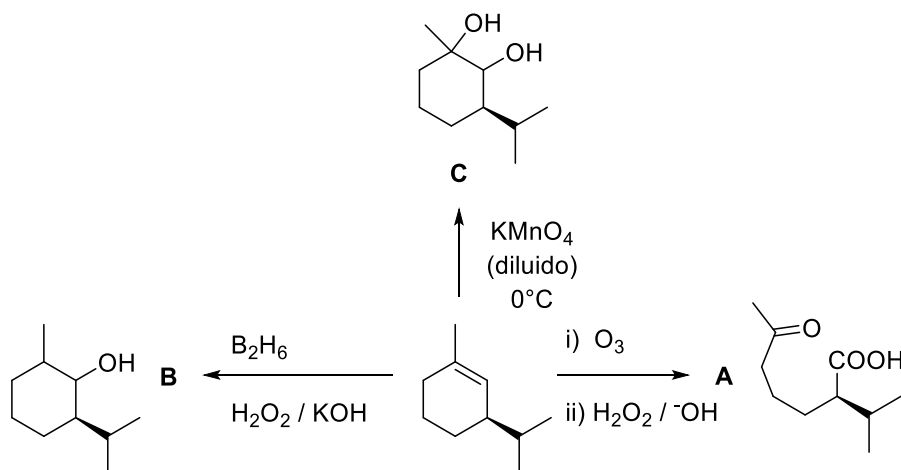
- (b) Transcribe las estructuras de los siguientes compuestos y determina la configuración absoluta de cada carbono asimétrico. **(Puntaje parcial: 6 puntos). Asignar 1 punto por configuración bien determinada.**



- (c) Transcribe las estructuras de los siguientes compuestos e indica con un asterisco (*) todos los centros estereogénicos presentes en cada molécula. **(Puntaje parcial: 6 puntos). Asignar 1 punto por cada estereocentro bien señalado.**



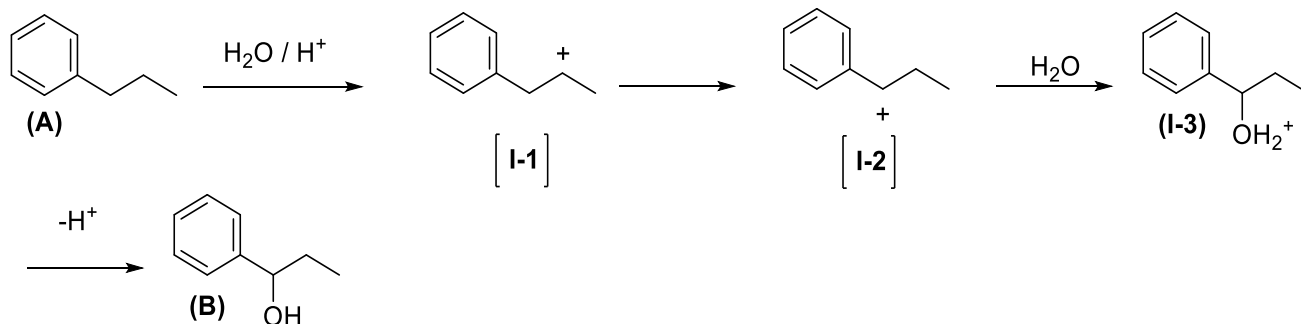
(d) Dibuja las estructuras de los productos que se obtienen en cada una de las reacciones mostradas. **(Puntaje parcial: 18 puntos) Asignar 3 puntos por cada estructura (A, B, C, D, E, F) bien dibujada. No se descontarán puntos por estereoquímica ya que no se pide en el problema.**





EJERCICIO 2. (26 puntos)

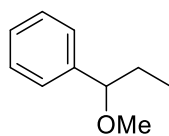
(a) El 1,4-dimetilciclohexeno (A) reacciona con agua acidulada para dar el compuesto B. (16 puntos totales para el ítem (a))



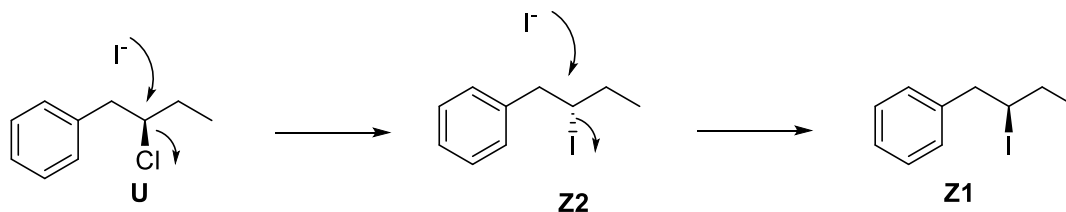
i) Indica de qué tipo de reacción se trata. Rta: **Hidratación de alquenos.** (Puntaje parcial: 2 puntos)

ii) Dibuja los intermediarios de reacción I-1 e I-2. (Puntaje parcial: 10 puntos) *Asignar 5 puntos por cada intermediario.*

iii) Indica el producto que se obtendría si en lugar de utilizar agua se utilizase MeOH. (Puntaje parcial: 4 puntos). Rta:



(b) Se cuenta con el siguiente resultado experimental, (Puntaje parcial: 10 puntos). *Asignar 10 puntos si se plantean ambos pasos elementales con movimiento de electrones; 7 puntos si se plantean ambos pasos pero sin las flechas de movimiento de electrones; 2 puntos si plantean un mecanismo S_N1.*



Escribe detalladamente el mecanismo de la reacción incluyendo el movimiento electrónico en cada paso elemental.

EJERCICIO 3. (34 Puntos)

El **ácido benzoico** (fórmula molecular C₇H₆O) es un compuesto químico, perteneciente a los ácidos carboxílicos aromáticos. Normalmente se presenta como un sólido en forma de polvo o cristales incoloros a ligeramente blancos, con un olor característico. Es poco soluble en agua fría, pero tiene buena solubilidad en agua caliente o en solventes orgánicos. En solución acuosa se



comporta como un ácido monoprótico, con una pK_a de 4,20 a 25°C. Para resolver este ejercicio puedes escribir al ácido benzoico como “HBz”. Y, recuerda, que la K_w vale 1×10^{-14} a 25°C.

(a) Marca con una “X” la/s opción/es que consideres correcta/s, en los recuadros correspondientes: **Puntaje parcial: 6 puntos (2 puntos por cada respuesta correcta)**

i- Una solución de HBz de concentración 0,02 M tendrá un pH mayor que el de una solución de HCl de idéntica concentración.

X

ii- El grado de disociación de una solución de HBz de concentración 0,02 M será mayor que el observado en una solución de HCN (pK_a HCN = 9,24) de idéntica concentración.

X

iii- Si a una solución de HBz 0,02 M se le agregan unas gotas de HCl concentrado la concentración de Bz^- en el equilibrio será despreciable frente a la de HBz.

X

iv- Si se diluye lo suficiente una solución de HBz de concentración 0,02 M, la concentración de HBz en el equilibrio será igual a cero.

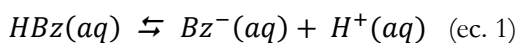
(b) Determina la concentración molar de H^+ , OH^- , HBz y Bz^- en una solución que contiene 0,15 g de HBz total en 100 mL de solución. **Puntaje parcial del ítem: 8 puntos (1 punto por cálculo de la concentración molar de HBz total, 3 puntos por planteo y resolución de la cuadrática, y 1 punto por cada concentración molar calculada correctamente)**

En primer lugar, hay que determinar la concentración molar de HBz total en la solución:

$$[HBz]_{total} = [HBz] + [Bz^-] = \frac{0,15 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1}{M_{r \text{ HBz}}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{L}$$

$$[HBz]_{total} = [HBz] + [Bz^-] = \frac{0,15 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{\text{mol}}{122,12 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{L} = 1,23 \times 10^{-2} M \quad (1 \text{ punto})$$

La reacción ácido-base que tiene lugar es la siguiente:



Luego, se plantean los balances de masa (BM) y de carga (BQ) de la solución:

BM:

$$[HBz]_{total} = [HBz] + [Bz^-] = 1,23 \times 10^{-2} M$$

BQ:

$$[H^+] = [Bz^-] + [OH^-]$$

Luego, $[OH^-]$ es despreciable frente a $[Bz^-]$ ya que se espera pH ácido, dada la presencia de HBz que es un ácido con una $pK_a = 4,20$ y se encuentra lo suficientemente concentrado. Entonces, el BQ se simplifica a: $[H^+] = [Bz^-]$.

Entonces, reemplazando esto último en BM se obtiene que $[HBz] = 1,23 \times 10^{-2} M - [H^+]$.

(cabe mencionar que se llega a las mismas expresiones mirando la ec. 1)



Planteamos ahora la expresión de la K_a del HBz:

$$K_{a\text{HBz}} = \frac{[H^+][Bz^-]}{[HBz]} = 6,31 \times 10^{-5} = \frac{[H^+]^2}{1,23 \times 10^{-2} - [H^+]}$$

(la expresión anterior es una cuadrática en $[H^+]$ y también se podría haber planteado en función de $[Bz^-]$).

(si llegaron hasta acá correctamente, se sugiere asignar 3 puntos)

Al resolver la cuadrática, se obtiene que $[H^+] = 8,50 \times 10^{-4} \text{ M}$ *(1 punto)*

Luego, como $[H^+] = [Bz^-]$, entonces $[Bz^-] = 8,50 \times 10^{-4} \text{ M}$ *(1 punto)*

Siguiendo, como $[HBz] = 1,23 \times 10^{-2} \text{ M} - [H^+] = 1,23 \times 10^{-2} \text{ M} - 8,50 \times 10^{-4} \text{ M} \Rightarrow [HBz] = 1,15 \times 10^{-2} \text{ M}$ *(1 punto)*

Finalmente, para conocer $[OH^-]$ es necesario recurrir a la expresión de K_w :

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{8,50 \times 10^{-4}}$$

Por lo tanto, $[OH^-] = 1,18 \times 10^{-11} \text{ M}$ *(1 punto)*

- (c) Si una solución de HBz presenta un grado de disociación del 12 %, ¿cuál es la concentración molar analítica del ácido (o $[HBz]_{\text{total}}$) en dicha solución?

Puntaje parcial del ítem: 4 puntos

Que el grado de disociación del HBz sea del 12% significa que:

$$0,12 = \frac{[Bz^-]}{[HBz]_{\text{total}}} = \frac{[H^+]}{[HBz]_{\text{total}}}$$

A partir de la cual se deduce que $[H^+] = [Bz^-] = 0,12 [HBz]_{\text{total}}$.

Luego:

$$K_{a\text{HBz}} = \frac{[H^+][Bz^-]}{[HBz]} = 6,31 \times 10^{-5} = \frac{[H^+]^2}{[HBz]_{\text{total}} - [H^+]}$$

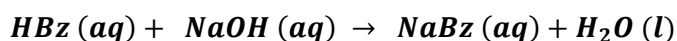
$$6,31 \times 10^{-5} = \frac{(0,12 [HBz]_{\text{total}})^2}{0,88 [HBz]_{\text{total}}} = \frac{0,0144 [HBz]_{\text{total}}}{0,88}$$

Despejando, se obtiene que: $[HBz]_{\text{total}} = 3,86 \times 10^{-3} \text{ M}$.

- (d) **Puntaje del ítem: 6 puntos**

- i) Escribe la reacción que tiene lugar cuando a una solución de HBz se le agrega otra solución de NaOH. *(Asignar 1 punto por la reacción química correcta)*

Se trata de una reacción de neutralización:





ii) Si a 50,0 mL de una solución de HBz 0,02 M se le agregan 20,0 mL de una solución de NaOH 0,05 M, ¿cuál es el pH de la solución resultante? Puedes suponer que los volúmenes son aditivos. *(Asignar 5 puntos a este sub-ítem)*

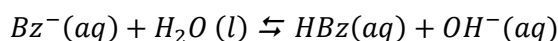
Primero conviene calcular las concentraciones de HBz total y de NaOH total por efecto de la dilución:

$$[HBz]_{total} = \frac{[HBz]_{inicial} \times V_{HBz}}{V_{HBz} + V_{NaOH}} = \frac{0,02 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{70 \text{ mL}} = 1,43 \times 10^{-2} \text{ M} = [HBz] + [Bz^{-}]$$

$$[NaOH]_{total} = \frac{[NaOH]_{inicial} \times V_{NaOH}}{V_{HBz} + V_{NaOH}} = \frac{0,05 \text{ M} \times 20 \text{ mL}}{70 \text{ mL}} = 1,43 \times 10^{-2} \text{ M} = [Na^{+}]$$

Como $[HBz]_{total} = [NaOH]_{total}$, entonces la reacción de neutralización fue completa y no queda HBz ni NaOH sin reaccionar. De esta manera, al mezclar ambas soluciones, se obtiene una solución de NaBz de concentración $1,43 \times 10^{-2} \text{ M}$.

El NaBz es una sal, por lo que estará completamente disociado en agua. Luego, el pH de la solución resultante va a estar dado por la siguiente reacción de hidrólisis:



Es decir, como el Bz^{-} es una base, se espera que el pH de la solución sea mayor que 7. Al igual que en el ítem (b) se pueden plantear los BM y BQ de esta solución o, también, mirar la reacción de hidrólisis del Bz^{-} , obteniéndose que: $[HBz] = [OH^{-}]$ y que $[Bz^{-}] = 1,43 \times 10^{-2} \text{ M} - [HBz] = 1,43 \times 10^{-2} \text{ M} - [OH^{-}]$.

Reemplazando en la expresión de la Kb del Bz^{-} :

$$K_{b \text{ Bz}^{-}} = \frac{K_w}{K_{a \text{ HBz}}} = \frac{[OH^{-}][HBz]}{[Bz^{-}]} = 1,58 \times 10^{-10} = \frac{[OH^{-}]^2}{[HBz]_{total} - [OH^{-}]} = \frac{[OH^{-}]^2}{1,43 \times 10^{-2} - [OH^{-}]}$$

(se sugiere asignar, hasta acá resuelto correctamente, 3 puntos)

Se trata de una cuadrática en $[OH^{-}]$. Al resolverla, se obtiene que $[OH^{-}] = 1,51 \times 10^{-6} \text{ M}$.

Por lo tanto, **pH = 5,82**. *(2 puntos adicionales por el pH correcto)*

(e) Indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F) en los recuadros correspondientes: **Puntaje parcial: 4 puntos (1 punto por cada respuesta correcta)**

i- Una solución de NaBz de concentración 0,02 M tendrá una mayor concentración de protones en comparación a la de una solución de NaCN ($pK_a \text{ HCN} = 9,24$) 0,02 M.

V

ii- El pH de una solución donde se cumple que $[NaOH]_{total} = [NaBz]_{total} = 0,05 \text{ M}$ será prácticamente 12,70.

V

iii- Si una solución de HBz 0,02 M se lleva a pH = 10 mediante el agregado de solución de NaOH, las concentraciones de HBz y de Bz^{-} en el equilibrio serán similares.

F



iv- Si se agrega suficiente agua destilada a una solución de NaBz de concentración 0,02 M es posible llegar a un punto donde el pH de la solución diluida resultante sea menor que 7.

F

- (f) Finalmente, se tiene una solución de HCl de $\text{pH} = 1,50$ a la cual se le agrega HBz hasta que la concentración analítica de dicho ácido en la solución resultante es 0,02 M. Puedes suponer que no varía el volumen de la solución por el agregado de HBz.

Puntaje del ítem: 6 puntos

- i) ¿Cuál es el pH de la solución resultante? *(asignar 2 puntos a este sub-ítem)*

Si inicialmente se tiene una solución de HCl de $\text{pH} = 1,50$, al agregar HBz (que es otro ácido) pueden ocurrir 2 cosas: 1- que el pH disminuya, por disociación parcial del HBz (que se sumaría a la disociación completa del HCl); 2- que el pH no cambie, debido a que la presencia de HCl en una alta concentración podría inhibir la disociación del HBz.

En este caso estamos en la situación 2-, dado que el pH dado por el HCl es 1,50. A este pH $[\text{Bz}^-]$ es despreciable (al menos 100 veces menor) que $[\text{HBz}]$. Esto se puede ver comparando el pH con pK_a del HBz: $\text{pH} < \text{pK}_a - 2$. Que $[\text{Bz}^-]$ sea despreciable frente a $[\text{HBz}]$ significa que la disociación del HBz, en este caso, ocurre en menos del 1%. Entonces, la disociación del HBz en la solución mezcla no contribuye apreciablemente aportando protones. Es decir, el pH se mantendrá invariable frente al agregado de HBz sin cambio de volumen.

Por lo tanto, **pH = 1,50**.

- ii) Determina la concentración molar de Bz^- en el equilibrio en la solución resultante *(asignar 4 puntos a este sub-ítem)*

Si está fijo el $\text{pH} = 1,50$, por lo tanto se sabe que $[\text{H}^+] = 3,16 \times 10^{-2} \text{ M}$.

Luego, $[\text{HBz}]_{\text{total}} = 0,02 \text{ M} = [\text{HBz}] + [\text{Bz}^-] = [\text{HBz}]$ (por lo que se comentó más arriba).

Entonces, reemplazando en la expresión de la K_a del HBz es posible obtener $[\text{Bz}^-]$:

$$K_{a \text{ HBz}} = \frac{[\text{H}^+][\text{Bz}^-]}{[\text{HBz}]} = 6,31 \times 10^{-5} = \frac{3,16 \times 10^{-2} [\text{Bz}^-]}{0,02}$$

Y, despejando, se obtiene que: **$[\text{Bz}^-] = 4,00 \times 10^{-5} \text{ M}$** (que es efectivamente despreciable frente a $[\text{HBz}]$)