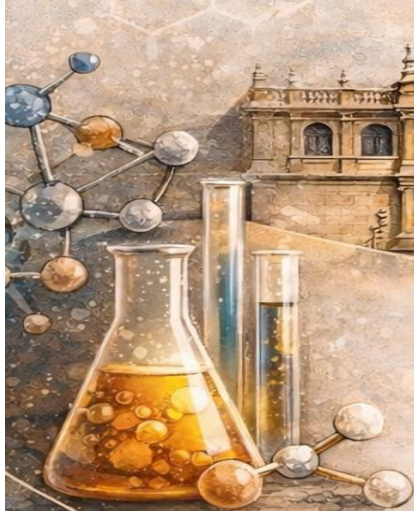
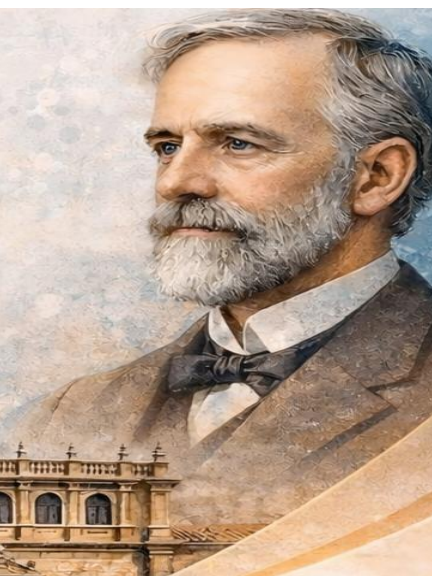


# EXAMEN DE LA OLIMPIADA DE QUÍMICA DE MADRID

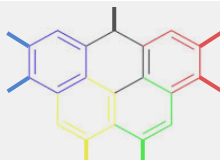
## 7 de marzo de 2026



**Instrucciones:** Contesta en la Hoja de Respuestas. Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión. Cada respuesta correcta se valorará con 1 punto y las incorrectas descontarán 0,33 puntos cada una. No se permite el uso de calculadoras programables.

1																	18			
1																	2			
H 1.01																	He 4.00			
3	2														5	6	7	8	9	10
Li 6.94	Be 9.01														B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18
11	12											13	14	15	16	17	18			
Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95			
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.87	V 50.94	Cr 51.99	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.38	Ga 69.72	Ge 72.63	As 74.92	Se 78.97	Br 79.90	Kr 83.80			
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.95	Tc 98.91	Ru 101.07	Rh 102.91	Pd 106.42	Ag 107.87	Cd 112.41	In 114.82	Sn 118.71	Sb 121.76	Te 127.6	I 126.90	Xe 131.29			
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86			
Cs 132.91	Ba 137.33		Hf 178.49	Ta 180.95	W 183.84	Re 186.21	Os 190.23	Ir 192.22	Pt 195.09	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.2	Bi 208.98	Po [208.98]	At 209.99	Rn 222.02			
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118			
Fr 223.02	Ra 226.03		Rf [261]	Db [262]	Sg [266]	Bh [264]	Hs [269]	Mt [278]	Ds [281]	Rg [280]	Cn [285]	Nh [286]	Fl [289]	Mc [289]	Lv [293]	Ts [294]	Og [294]			
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71						
La 138.91	Ce 140.12	Pr 140.91	Nd 144.24	Pm 144.91	Sm 150.36	Eu 151.96	Gd 157.25	Tb 158.93	Dy 162.50	Ho 164.93	Er 167.26	Tm 168.93	Yb 173.06	Lu 174.97						
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103						
Ac 227.03	Th 232.04	Pa 231.04	U 238.03	Np 237.05	Pu 244.06	Am 243.06	Cm 247.07	Bk 247.07	Cf 251.08	Es [254]	Fm 257.10	Md 258.1	No 259.10	Lr [262]						

**Nota:** En todas las cuestiones en las que se mezclen disoluciones, considera que los volúmenes son aditivos. Todas las **constantes y fórmulas** que necesitas, las puedes encontrar en la trasera de esta hoja que te hemos entregado.



## CONSTANTES Y FÓRMULAS

Constante de Avogadro,  $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; Constante de Boltzmann,  $K_s = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

Constante universal de los gases,  $R = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,08205 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Velocidad de la luz (en el vacío),  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; Constante de Planck,  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Constante de Faraday,  $F = 9,64853399 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; Presión estándar,  $p^\ominus = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Masa del electrón,  $m_e = 9,10938215 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; carga del electrón,  $e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Presión atmosférica normal,  $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$        $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$        $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$  (caloría termoquímica)

Unidad de masa atómica (u o uma),  $1 \text{ u} = 1,66053904 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Ecuación de los gases ideales:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Entalpía:  $H = U + PV$       Energía de Gibbs:  $G = H - TS$

Energía de Gibbs en un proceso químico y constante de equilibrio:

$$\Delta G = \Delta G^0 + R \cdot T \cdot \ln Q \quad \Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\text{Ecuación de Nernst: } E = E^0 - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln Q$$

Variación de la entropía de un sistema:

$$\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T} \quad (q_{\text{rev}} \text{ es el calor intercambiado a la temperatura } T \text{ en un proceso reversible})$$

$$\Delta S = n \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (\text{expansión isoterma de un gas ideal})$$

$$\text{Energía de un fotón: } E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \text{Ley de Lambert-Beer: } A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot b \cdot C$$

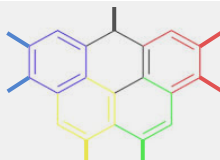
$$\text{Energía de un electrón en una órbita de Bohr: } E = -13,6/n^2 \text{ (en eV)}$$

Ecuaciones cinéticas (o leyes de la velocidad de reacción) integradas:

Orden cero	$[A] = [A]_0 - K \cdot t$
Primer orden	$\ln[A] = \ln[A]_0 - K \cdot t$
Segundo orden	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + K \cdot t$

$$\text{Ecuación de Arrhenius: } k = A \cdot e^{-E_a/R \cdot T}$$

$$\text{Ley de van't Hoff: } \ln \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{\Delta H^0}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad \text{Ley de Graham: } \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$



1. En el año 2026 se conmemora el centenario de la publicación de la ecuación de Schrödinger, uno de los hitos fundamentales en el desarrollo de la mecánica cuántica. Esta formulación permitió sustituir el modelo de Bohr (basado en órbitas circulares fijas) por una descripción ondulatoria del electrón, introduciendo el concepto moderno de “orbital atómico”. Los orbitales surgen como soluciones matemáticas de la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno y constituyen la base del modelo cuántico actual de la estructura electrónica. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones define mejor qué es un orbital atómico desde el punto de vista fisicoquímico?
- a) Trayectoria circular o elíptica que describe un electrón alrededor del núcleo, determinada por su energía y su momento angular.
  - b) Región del espacio donde la probabilidad de encontrar un electrón es máxima.
  - c) Nivel energético fijo en el que pueden situarse hasta dos electrones con el mismo espín, siempre que tengan la misma energía.
  - d) Región del átomo en la que se localiza exactamente un electrón, cuya posición puede determinarse simultáneamente con su momento lineal.

### SOLUCIÓN:

*Razonamos cada opción:*

*(a) Falso. Esta descripción pertenece al modelo atómico de Bohr.*

*(b) Verdadero. Un orbital atómico es una función de onda cuya interpretación física está ligada a la probabilidad de encontrar un electrón en el espacio.*

*(c) Falso. Confunde orbital con nivel energético, y además viola el principio de exclusión de Pauli.*

*(d) Falso. Un orbital no garantiza la presencia de un electrón, solo la probabilidad de encontrarlo. Además, viola el principio de incertidumbre de Heisenberg.*

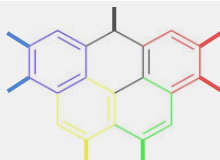
*Por lo tanto, la respuesta correcta es la b). Región del espacio donde la probabilidad de encontrar un electrón es máxima.*

2. Dada la reacción  $A + B \rightarrow C$ , se observa que al duplicar la concentración de  $A$ , la velocidad se cuadruplica, mientras que si se duplica la concentración de  $B$ , la velocidad no cambia. ¿Cuáles son las unidades de la constante de velocidad?
- a)  $M^{-4} \cdot s^{-1}$
  - b)  $M \cdot s^{-1}$
  - c)  $M^{-1} \cdot s^{-1}$
  - d)  $s^{-1}$

### SOLUCIÓN:

*Con las pistas del enunciado, sabemos que el orden de reacción de A es 2, y el de B es 0. La ecuación de velocidad es  $v = k[A]^2$ , por lo que si  $v$  tiene unidades de  $M \cdot s^{-1}$ , entonces  $k$  tiene unidades de  $M^{-1} \cdot s^{-1}$ .*

*Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).*



3. ¿Por qué el uso de sal o azúcar en conservas reduce la presencia de microorganismos?

- a) Se oxidan los componentes de las membranas de los microorganismos.
- b) Precipitan las proteínas por formación de sales insolubles.
- c) Elevan la concentración salina y el microorganismo elimina agua por ósmosis.
- d) Disminuye el pH degradando los componentes de las membranas.

SOLUCIÓN:

Al existir una diferencia de concentraciones a ambos lados de la membrana del microorganismo, se produce un paso de agua por ósmosis del interior de la célula al exterior, provocando la pérdida de agua del microorganismo.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).

4. ¿Se puede guardar una disolución de nitrato de cobre(II) dentro de un recipiente de aluminio? ¿Y en un recipiente de plata?

Datos:  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,67 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$

- a) En aluminio sí y en plata no.
- b) En aluminio sí y en plata sí.
- c) En aluminio no y en plata no.
- d) En aluminio no y en plata sí.

SOLUCIÓN:

La sal nitrato de cobre(II) se disocia completamente en agua en sus iones componentes:



Para resolverlo, debemos determinar si se produce una reacción química espontánea entre el recipiente (metal sólido) y la disolución (iones metálicos). En este caso, de los dos iones formados, solo el ión metálico se podría reducir.

Un recipiente **no es apto** para guardar una disolución si el metal del recipiente puede oxidarse espontáneamente al entrar en contacto con los iones de la disolución.

La condición de espontaneidad es que el Potencial Estándar de la Célula sea positivo:

$$E^0\{\text{celda}\} = E^0\{\text{cátodo}\} - E^0\{\text{ánodo}\} > 0$$

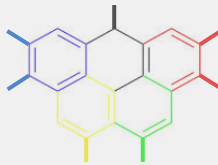
Caso 1: Recipiente de Aluminio (Al)

Aquí los iones  $\text{Cu}^{2+}$  de la disolución podrían actuar como cátodo (reducción) y el aluminio del recipiente como ánodo (oxidación).

- Reducción (Cátodo):  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$  ( $E^0 = +0,34 \text{ V}$ )
- Oxidación (Ánodo):  $\text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$  ( $E^0 = -1,67 \text{ V}$ )

Calculamos el potencial de la reacción global:

$$E^0\{\text{celda}\} = E^0\{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}\} - E^0\{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\} = 0,34 \text{ V} - (-1,67 \text{ V}) = +2,01 \text{ V}$$



**Conclusión:** Como  $E^0\{\text{celda}\} > 0$ , la reacción es espontánea. El aluminio se disolvería y el recipiente se perforaría. **No se puede guardar.**

### Caso 2: Recipiente de Plata (Ag)

Analizamos si la plata puede reducir a los iones cobre.

- Reducción (Cátodo):  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$  ( $E^0 = +0,34 \text{ V}$ )
- Oxidación (Ánodo):  $\text{Ag} \longrightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$  ( $E^0 = +0,80 \text{ V}$ )

Calculamos el potencial:

$$E^0\{\text{celda}\} = E^0\{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}\} - E^0\{\text{Ag}^+/\text{Ag}\} = 0,34 \text{ V} - (0,80\text{V}) = -0,46 \text{ V}$$

$$E^0\{\text{celda}\} = 0,34 \text{ V} - 0,80 \text{ V} = -0,46 \text{ V}$$

**Conclusión:** Como  $E^0\{\text{celda}\} < 0$ , la reacción **no es espontánea**. La plata es un metal más noble que el cobre y no reaccionará con los iones  $\text{Cu}^{2+}$ . **Sí se puede guardar.**

Por lo tanto, la respuesta correcta es la d).

5. ¿Cuál de las siguientes opciones sería la más adecuada para recoger una muestra de sulfato de bario producido por la reacción de disoluciones acuosas de hidróxido de bario y ácido sulfúrico?
- Un barómetro.
  - Un embudo Büchner.
  - Un vaso de precipitados.
  - Una bureta.

**SOLUCIÓN:**

Un barómetro es un instrumento que permite determinar la presión atmosférica.

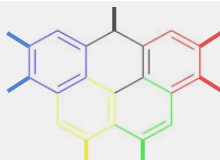
Un embudo Büchner es un instrumento de laboratorio utilizado para realizar filtraciones a presión reducida, diseñado para separar sólidos de líquidos de manera más eficiente que los embudos convencionales.

Un vaso de precipitados es un recipiente diseñado para contener líquidos, mezclarlos, calentarlos o realizar reacciones químicas.

Una bureta es un recipiente de forma tubular y alargada, graduada y de diámetro interno uniforme, provista de una llave de paso que permite el vertido del líquido contenido en su interior de forma controlada y una escala graduada que facilita la medición precisa del volumen dispensado.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la b). **Un embudo Büchner.**

6. Se sabe que cierto medicamento no tiene acción terapéutica después de haberse descompuesto un 40 %. La concentración inicial de una muestra era de 7 mg/mL, y al cabo de 10 meses es de 6,5 mg/mL. ¿Cuál será el periodo de validez que debe figurar en la etiqueta?
- 4 años y 3 meses.
  - 6 años y 2 meses.
  - 5 años y 9 meses.
  - 7 años y 6 meses.



### SOLUCIÓN:

En una reacción de primer orden, la ecuación integrada de velocidad es

$$\ln[A] = \ln[A_0] - kt$$

[A], concentración del medicamento

K, constante de velocidad

t, tiempo

Necesitamos conocer la constante de velocidad, k. Para ello utilizamos el dato de la concentración inicial del medicamento y la concentración al cabo de 10 meses.

$$\ln(6,5 \text{ mg/ml}) = \ln(7 \text{ mg/ml}) - k \cdot 10 \text{ meses}$$

Despejando  $k = 7,4 \times 10^{-3} \text{ mg/ml} \cdot \text{meses}^{-1}$

Para conocer el periodo de validez utilizamos de nuevo la ecuación integral. En este caso, la concentración del medicamento, después de que se haya descompuesto un 40% (quedará un 60% de principio activo inicial) es:  $[A] = 7 \text{ mg/ml} \cdot 0,6 = 4,2 \text{ mg/ml}$

Sustituyendo en la ecuación y despejando el tiempo,

$$\ln(4,2 \text{ mg/ml}) = \ln(7 \text{ mg/ml}) - 7,4 \times 10^{-3} \text{ mg/ml} \cdot \text{meses}^{-1} \cdot t$$

$$t = 69 \text{ meses} = 5 \text{ años y } 9 \text{ meses}$$

La respuesta correcta es c).

7. Un sólido cristalino blanco funde a 450 °C y se disuelve en agua dando una disolución capaz de conducir la electricidad. ¿A qué sólido nos referimos?

- a) LiOH
- b)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
- c)  $\text{SiO}_2$
- d) Cu

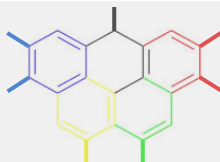
### SOLUCIÓN:

Un sólido cristalino que reúna las características descritas: soluble en agua, cuya disolución sea conductora y presente un elevado punto de fusión; casi solo puede ser iónico. Esto reduce las opciones al LiOH. El resto de las opciones son compuestos covalentes o metales.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la a). LiOH.

8. Una reacción catalizada tiene  $\Delta G^\circ = -18,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . A 298 K, ¿cuál es el orden de magnitud de la constante de equilibrio?

- a)  $K \approx 10^2$
- b)  $K \approx 10^3$
- c)  $K \approx 10^4$
- d)  $K \approx 10^6$



### SOLUCIÓN:

La ecuación que relaciona el cambio de energía libre estándar ( $\Delta G^\circ$ ) con la constante de equilibrio ( $K$ ) es  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ , donde  $R$  es la constante de los gases ideales,  $T$  es la temperatura en Kelvin y  $\ln(K)$  es el logaritmo natural de  $K$ .

Según esto:

$$-\ln(k) = -18000 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} / (8,314 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298)$$

$$\ln K \approx 7,3 \rightarrow K \approx e^{7,3} \approx 1,5 \times 10^4$$

La respuesta correcta es c)

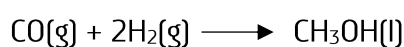
9. En una valoración ácido-base en el laboratorio, ¿cuál es el procedimiento correcto para enrasar y utilizar la bureta adecuadamente?
- a) Enrasar la bureta siempre por encima del nivel de los ojos para asegurar que la gravedad facilite la caída del líquido durante la valoración.
  - b) Lavar la bureta con agua destilada y llenarla directamente con la disolución, dejando una burbuja de aire en la punta para compensar la presión.
  - c) Utilizar una pipeta graduada para llenar la bureta hasta la marca de 50 mL y luego succionar el exceso con una pera de succión.
  - d) Lavar la bureta con la disolución que va a contener, llenarla por encima del cero y abrir la llave para llenar la punta y ajustar el menisco a la altura de los ojos.

### SOLUCIÓN:

- a) Incorrecta. El error de paralaje ocurre si la lectura no se realiza con el menisco a la altura de los ojos, afectando la precisión.
- b) Incorrecta. No debe quedar ninguna burbuja de aire en el interior de la bureta ya que falsea el volumen usado.
- c) Incorrecta. No debemos usar la pera de succión ya que puede contaminar la disolución. Además, no es el aparato adecuado.
- d) Correcta. Este procedimiento asegura que la concentración no se altere por restos de agua y que todo el volumen medido sea realmente vertido.

La respuesta correcta es d).

10. El metanol es un combustible clave en la transición energética. Su síntesis industrial se basa en la hidrogenación del monóxido de carbono según la siguiente reacción:

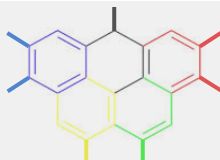


Datos a 25°C:

Sustancia	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol)	$S^0$ (J/mol·K)
CO (g)	-110,5	197,6
H <sub>2</sub> (g)	0	130,7
CH <sub>3</sub> OH (l)	-239,1	126,8

Determine el rango de temperaturas en el cual la síntesis del metanol es un proceso espontáneo en condiciones estándar:

- a)  $t < 387,12^\circ\text{C}$



b)  $t > 113,97\text{ }^{\circ}\text{C}$

c)  $t < 113,97\text{ }^{\circ}\text{C}$

d)  $t < -272,76\text{ }^{\circ}\text{C}$

SOLUCIÓN:

Para determinar el rango de espontaneidad, debemos analizar la ecuación de Gibbs:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S.$$

### 1. Cálculo de la Entalpía de Reacción:

Aplicamos la Ley de Hess:

$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 (\text{CH}_3\text{OH}) - [\Delta H_f^0 (\text{CO}) + 2 \cdot \Delta H_f^0 (\text{H}_2)] = -239,1 - [-110,5 + 2 \cdot 0] = -128,6 \text{ kJ/mol}$$

Interpretación: La reacción es exotérmica (desprende calor).

### 2. Cálculo de la Entropía de Reacción:

$$\Delta S_r^0 = S_f^0 (\text{CH}_3\text{OH}) - [S_f^0 (\text{CO}) + 2 \cdot S_f^0 (\text{H}_2)] = 126,8 - [197,6 + 2 \cdot 130,7] = -332,2 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

Interpretación: La entropía disminuye, lo cual es lógico ya que pasamos de 3 moles de gas a 1 mol de líquido (el sistema se ordena).

### 3. Determinación de la Temperatura de Equilibrio

La reacción deja de ser espontánea cuando  $\Delta G = 0$ . En ese punto:

$$\Delta H = T \Delta S \quad T = \Delta H / \Delta S$$

¡Atención a las unidades! Pasamos  $\Delta H = -128,6 \text{ kJ} = -128600 \text{ J}$ .

$$T = -128600 \text{ J/mol} / -332,2 \text{ J/mol}\cdot\text{K} = 387,12 \text{ K} = 113,97\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Análisis del signo:

- Como  $\Delta H$  es negativo (ayuda a la espontaneidad) y  $\Delta S$  es negativo (perjudica la espontaneidad), la reacción solo es espontánea a temperaturas bajas, donde el término de la entalpía predomina sobre el de la entropía.
  - Rango de espontaneidad:  $t < 113,97\text{ }^{\circ}\text{C}$

La respuesta correcta es la c).

11. El color de las flores de la hortensia (*hydrangea*) depende, entre otros factores, del pH del suelo en el que se encuentran, de forma que para valores de pH entre 4 y 7 las flores son azules o rosas, mientras que a pH superior a 8, las flores son blancas. ¿Cuál de estas disoluciones añadiría al suelo si quisiera obtener hortensias de color blanco?

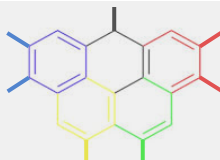
Datos:  $K_a (\text{HClO}) = 3,1 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_a (\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

a) Hipoclorito de sodio.

b) Nitrato de calcio.

c) Sulfato de amonio.

d) Ácido etanoico.



### SOLUCIÓN:

El nitrato y el sulfato son dos iones que proceden de dos ácidos fuertes. El ácido acético es un ácido débil y daría lugar a una disolución tampón con un pKa ácido que provocaría la aparición de flores azules o rosas. La única disolución que daría un pH básico sería el hipoclorito sódico, con un pKa de 7,5.

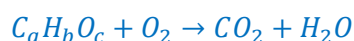
La respuesta es a).

12. Si tenemos 10,00 g de una muestra que solamente contiene carbono, hidrógeno y oxígeno, y tras someterla a un proceso de combustión se forman 23,98 g de CO<sub>2</sub> y 4,91 g de H<sub>2</sub>O, ¿cuál es la fórmula empírica del compuesto?

- a) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O
- b) C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>
- c) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O
- d) C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>O

### SOLUCIÓN:

La reacción sin ajustar de este proceso de combustión sería:



Por la ley de conservación de la masa, podemos encontrar la masa de O<sub>2</sub>:

$$10,00 + m(O_2) = 23,98 + 4,91 \rightarrow m(O_2) = 18,89 \text{ g}$$

Ahora hallamos los moles de todas las especies conocidas:

$$n(CO_2) = \frac{23,98 \text{ g}}{44,01 \text{ g mol}^{-1}} = 0,5449 \text{ mol}$$

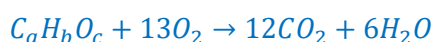
$$n(O_2) = \frac{4,91 \text{ g}}{18,01 \text{ g mol}^{-1}} = 0,273 \text{ mol}$$

$$n(H_2O) = \frac{18,89 \text{ g}}{32,00 \text{ g mol}^{-1}} = 0,5903 \text{ mol}$$

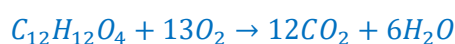
Ahora podemos hallar la relación molar entre todos ellos, normalizando sobre el valor más bajo:

$$CO_2 : H_2O : O_2 = 0,545 : 0,273 : 0,590 = 2 : 1 : 2,16 \approx 12 : 6 : 13$$

Con lo que así planteamos la reacción ajustada sobre la unidad de compuesto orgánico:

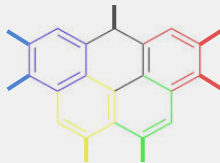


De donde inferimos que hay 12-C, 12-H y 30-O en el lado de los productos. Comparando con el lado de los reactivos, donde sabemos que hay 26-O, debemos añadir 12-C, 12-H y 4-O:



Simplificando la fórmula planteada para el compuesto orgánico: C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>O.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la d). C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>O.



13. La catálisis asimétrica recibió en 2001 el Premio Nobel de Química. Este tipo de catálisis es esencial en la industria farmacológica porque:

- a) Evita cualquier impureza inorgánica.
- b) Impide que ocurran reacciones endotérmicas.
- c) Permite obtener preferentemente un enantiómero de la molécula, reduciendo el isómero inactivo o dañino.
- d) Convierte reacciones lentas en instantáneas sin catalizador.

**SOLUCIÓN:**

La catálisis asimétrica es una técnica química que usa catalizadores quirales para dirigir reacciones hacia la formación preferente de un enantiómero (una "mano" molecular) sobre su imagen especular, permitiendo producir compuestos estereoisoméricamente puros, crucial para fármacos y agroquímicos. Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).

14. En un proceso de solubilización-precipitación, la solubilidad molar,  $s$ , de un compuesto iónico en agua pura y su constante de equilibrio,  $K_{ps}$ , están relacionadas por una sencilla fórmula. ¿Cuál de las siguientes relaciones **NO** esperaríamos para un compuesto iónico?

- a)  $K_{ps} = 4s^3$
- b)  $K_{ps} = 16s^4$
- c)  $K_{ps} = 27s^4$
- d)  $K_{ps} = 81s^5$

**SOLUCIÓN:**

Para un compuesto  $A_pB_q$  que se disuelve con solubilidad molar  $s$ , las concentraciones en el equilibrio son:

$$[A^{q+}] = ps ; [B^{p+}] = qs$$

Y el producto de solubilidad queda:

$$K_{ps} = (ps)^q \cdot (qs)^p = p^p \cdot q^q \cdot s^{p+q}$$

Por tanto, el exponente de  $s$  debe ser siempre la suma de los iones formados, es decir, un entero positivo que coincide con  $p+q$ .

De ahí podemos señalar que:

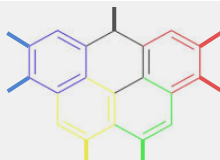
$4s^3$  corresponde a una sal del tipo  $AB_2$

$16s^4$  corresponde a una sal del tipo  $A_2B_2$

$27s^3$  corresponde a una sal del tipo  $AB_3$

$81s^5$  no corresponde con ningún equilibrio de solubilidad posible. La expresión correcta para " $p+q = 5$ " sería  $108s^5$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la d).  $K_{ps} = 81s^5$



15. En el cuarto periodo, al pasar del Calcio ( $Z=20$ ) al Escandio ( $Z=21$ ), empezamos a llenar el subnivel 3d. ¿Cómo afecta esto a la carga nuclear efectiva ( $Z_{ef}$ ) experimentada por los electrones externos 4s?

- a) El apantallamiento de los electrones 3d es menor que el de los electrones 2p.
- b) La  $Z_{ef}$  aumenta drásticamente porque los electrones 3d no apantallan en absoluto a los 4s.
- c) La  $Z_{ef}$  sobre los electrones 4s aumenta muy poco, porque los electrones 3d que se añaden apantallan de forma muy eficaz al núcleo.
- d) La  $Z_{ef}$  disminuye porque el Escandio tiene un radio atómico mucho mayor que el Calcio.

**SOLUCIÓN:**

- a) *Respuesta incorrecta. El apantallamiento depende de la proximidad al núcleo; los electrones 2p están mucho más cerca y apantallan con más fuerza que los 3d.*
- b) *Respuesta incorrecta. Si esto fuera cierto, la energía de ionización subiría de forma vertical al entrar en los metales de transición. Los electrones d son internos y tienen una forma difusa que permite un apantallamiento considerable, suavizando la subida de la energía de ionización.*
- c) *Respuesta correcta. Los electrones de los orbitales d internos proporcionan un efecto pantalla notable, lo que hace que la energía de ionización en la serie de transición aumente de forma mucho más lenta que en los grupos principales.*
- d) *Respuesta incorrecta. El radio y la  $Z_{ef}$  están inversamente relacionados. Si la carga nuclear efectiva aumenta (aunque sea poco), el radio se contrae. El Escandio es más pequeño que el Calcio, no más grande.*

Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).

16. Un electrón en un átomo de hidrógeno tiene una energía de -1,51 eV. Si el orbital presenta un único nodo radial, ¿cuál es el conjunto de números cuánticos ( $n$ ,  $l$ ) que lo describe? Pista: La relación de nodos radiales sigue la fórmula  $N_r = n - l - 1$ .

- a)  $n = 4, l = 2$
- b)  $n = 3, l = 0$
- c)  $n = 3, l = 1$
- d)  $n = 2, l = 0$

**SOLUCIÓN:**

*El ejercicio nos da dos pistas clave: la energía del electrón y el número de nodos radiales de su orbital.*

### 1. Cálculo del número cuántico principal ( $n$ )

*La energía de los niveles en el átomo de hidrógeno está cuantizada según la expresión:*

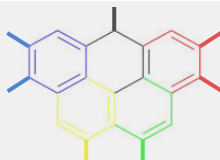
$$E = -13,6/n^2 \text{ eV}$$

*Sustituimos el valor de energía dado en el enunciado ( $E = -1,51 \text{ eV}$ ):*

$$-1,51 = -13,6/n^2$$

$$n^2 = -13,6/-1,51 = 9,006$$

$$n = 3$$



El electrón se encuentra en la capa M (nivel 3).

## 2. Cálculo del número cuántico secundario (l)

En el modelo de Schrödinger, un **nodo radial** es una superficie esférica donde la probabilidad de encontrar al electrón es cero. La relación entre el número de nodos radiales, el nivel (n) y el tipo de orbital (l) es:

$$\text{Nodos radiales} = n - l - 1$$

Sabemos por el enunciado que hay **1 nodo radial** y ya hemos calculado que  $n = 3$ . Sustituimos:

$$1 = 3 - l - 1$$

$$1 = 2 - l$$

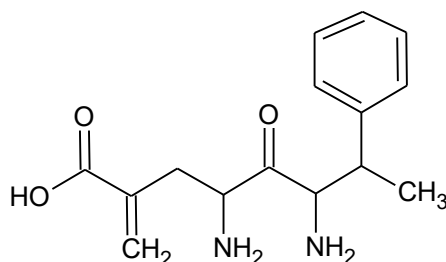
$$l = 2 - 1 = 1$$

Como  $l=1$ , se trata de un orbital de tipo p. El electrón está en un orbital 3p.

**Respuesta final:** (3, 1)

La respuesta correcta es la c).

17. ¿Cuál es el nombre del siguiente compuesto?

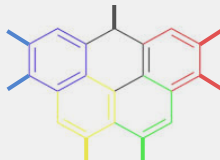


- a) **Ácido 4,6-diamino-7-fenil-2-metiliden-5-oxooctanoico.**
- b) Ácido 2-(2,4-diamino-3-oxo-5-fenilhexenil)butenoico.
- c) Ácido 2-bencil-3,5-diamino-4-oxo-7-meteniloctanoico.
- d) Ácido 2-metenil-5,7-diamino-8-fenil-6-oxooctanoico.

**SOLUCION:**

De entro los grupos, el más prioritario es el ácido, que está en el primer carbono. Por lo demás, solo el carbono unido por doble enlace en posición 2 puede dar algún problema ya que, desde la última revisión de la normativa de formulación, no es prioritario que esté en la cadena principal y se nombra, como radical, metilen o metiliden (esta última es la recomendada por la IUPAC). En las posiciones 5 y 7 hay grupos amino, en la posición 8 tenemos un radical fenilo y en la posición 6 tenemos una cetona. Por supuesto que, los diferentes nombres de los grupos funcionales deben estar ordenados alfabéticamente.

La respuesta correcta es la a).



18. En un almacén químico, se detecta un cilindro de gas cuya etiqueta es ilegible. Por protocolos de seguridad, un técnico de control de calidad debe identificar su contenido, para ello extrae una muestra de 2,24 L, en condiciones normales, (25 °C y 1 atm) y determina que su masa es de 3,2 g. ¿Cuál es la identidad más probable del gas?

- a) N<sub>2</sub>
- b) O<sub>2</sub>
- c) CO
- d) CH<sub>4</sub>

SOLUCIÓN:

- *Cálculo de la masa molecular:*
  1. *En condiciones normales (1 atm, 298 K), 1 mol de gas perfecto ocupa 22,4 L.*
  2. *Si 2,24 L pesan 3,2 g, entonces 22,4 L pesan 32 g.*
  3. *Por tanto, M = 32 g/mol*
- *Fórmula molecular: Si la masa de la fórmula empírica coincide con 32 g/mol, la fórmula molecular, en este caso, corresponderá al O<sub>2</sub>*

*La respuesta correcta es la b).*

19. ¿Cuál de los siguientes es un grupo de especies isoelectrónicas?

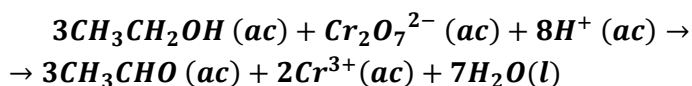
- a) H<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>.
- b) Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>.
- c) Ne, Ar, Kr.
- d) H<sup>-</sup>, Li<sup>+</sup>, He.

SOLUCIÓN:

*H<sup>-</sup>, Li<sup>+</sup>, He*, ya que cada una de estas especies contiene 2 electrones.

*La respuesta correcta es la d).*

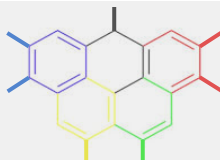
20. El etanol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) se oxida a etanal (CH<sub>3</sub>CHO) por iones dicromato en medio ácido de acuerdo con la siguiente reacción:



Si la concentración de Cr<sup>3+</sup> [ac] aumenta a una velocidad de 0,18 M s<sup>-1</sup>, ¿a qué velocidad está cambiando la concentración de CH<sub>3</sub>CHO [ac]?

- a) Aumenta con una velocidad de 0,12 M s<sup>-1</sup>.
- b) Aumenta con una velocidad de 0,27 M s<sup>-1</sup>.
- c) Disminuye con una velocidad de 0,12 M s<sup>-1</sup>.
- d) Disminuye con una velocidad de 0,27 M s<sup>-1</sup>.

SOLUCIÓN:



La velocidad de reacción a partir de los coeficientes estequiométricos puede escribirse de la siguiente manera:

$$v = -\frac{1}{3} \frac{d[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}{dt} = -\frac{1}{1} \frac{d[\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}]}{dt} = -\frac{1}{8} \frac{d[\text{H}^+]}{dt} = \frac{1}{3} \frac{d[\text{CH}_3\text{CHO}]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt} = \frac{1}{7} \frac{d[\text{H}_2\text{O}]}{dt}$$

Donde nos interesa la relación entre el acetaldehído/etanal y el catión  $\text{Cr}^{3+}$ ; igualando sus expresiones:

$$\frac{1}{3} \frac{d[\text{CH}_3\text{CHO}]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt} = +0,18 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$$

Entonces

$$\frac{d[\text{CH}_3\text{CHO}]}{dt} = \frac{3}{2} \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt} = 0,27 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la b). Aumenta con una velocidad de  $0,27 \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$

21. En los últimos años ha aumentado la preocupación ambiental por los PFAS (sustancias perfluoroalquiladas) y por el PTFE (comúnmente conocido como teflón), materiales utilizados en recubrimientos antiadherentes, retardantes de llama y tejidos impermeables. Estas sustancias se caracterizan por su extraordinaria estabilidad química, lo que dificulta su degradación en el medio ambiente y les ha valido el nombre de "contaminantes eternos". ¿Cuál sería la característica química fundamental que explica esta notable resistencia a la degradación?

- a) Gran fortaleza y alta energía de disociación del enlace carbono-flúor (C-F).
- b) El flúor actúa como un catalizador que impide la oxidación de la cadena de carbono.
- c) Formación de enlaces de hidrógeno muy intensos entre las moléculas del polímero.
- d) Presencia de dobles enlaces conjugados que estabilizan la molécula por resonancia.

SOLUCIÓN:

Razonamos cada opción:

(a) El enlace C-F es uno de los más fuertes en química orgánica.

(b) El F es un átomo muy electronegativo y no dona electrones, más bien los atrae; no hay una capacidad real de catálisis.

(c) El F es capaz de formar enlaces de hidrógeno (H-F), pero no en un enlace C-F.

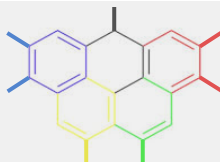
(d) El teflón no tiene dobles enlaces, no es una molécula con saturaciones.

22. Se hace pasar una corriente de 0,15 A a través de una disolución acuosa de  $\text{K}_2\text{PtCl}_4$ . ¿Cuánto tiempo necesitamos para depositar 1,00 g de Pt (s)?

- a) 1650 s.
- b) 3300 s.
- c) 6600 s.
- d) 13200 s.

SOLUCIÓN:

Determinamos el estado de oxidación del platino: 2+. Lo que implica la siguiente semirreacción de reducción en este proceso de electrólisis:



A través de las leyes de Faraday podemos hacer las siguientes relaciones:

$$1,00 \text{ g Pt} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{195,1 \text{ g}} \cdot \frac{2 e^{-}}{1 \text{ mol Pt}} \cdot \frac{96485 \text{ C}}{1 \text{ mol } e^{-}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{0,15 \text{ C}} = 6600 \text{ s}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la c). 6600 s.

23. Considere las siguientes disoluciones:

A: 500 mL de disolución de ácido acético 0,2 M ( $K_a=1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

B: 500 mL de disolución de ácido clorhídrico 0,2 M.

C: 500 mL de disolución de hidróxido de potasio 0,2 M.

Indique la opción correcta en relación a las siguientes afirmaciones:

1. El pH de la disolución A es mayor que el de la disolución B.
2. Si se mezclan las disoluciones A y B, el pH resultante es similar al de la disolución B, dado que el ácido débil se disocia menos en presencia del ácido fuerte.
3. La mezcla de A con C da como resultado un pH básico.

- a) Solamente son correctas las afirmaciones 1 y 2.
- b) Solamente son correctas las afirmaciones 2 y 3.
- c) Solamente son correctas las afirmaciones 1 y 3.
- d) Todas son correctas.

SOLUCIÓN:

1. El pH de la disolución A es mayor que el de la disolución B. Se compara el pH de dos ácidos a la misma concentración: uno débil y otro fuerte. El enunciado es cierto, pues la disolución del ácido débil tiene un pH mayor que la del ácido fuerte.
2. Si se mezclan las disoluciones A y B el pH resultante es similar al de la disolución B, dado que el ácido débil se disocia menos en presencia del ácido fuerte. No es cierto puesto que como resultado del aumento de volumen al mezclar las dos disoluciones hay dilución de los ácidos y el pH del ácido fuerte aumenta.
3. La mezcla de A con C da como resultado un pH básico. El enunciado es cierto, en la neutralización se obtiene una disolución 0,1M de acetato de potasio que tiene pH básico.

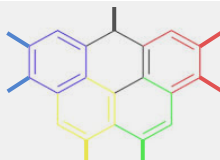
Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).

24. El cloruro de cesio (CsCl) cristaliza en una celda cúbica primitiva, en la que cada ion cesio está rodeado por ocho iones cloruro dispuestos en los vértices de un cubo, con el Cs en el centro de este. Si la densidad del CsCl es de  $3,988 \text{ g cm}^{-3}$ , ¿cuál es la distancia Cs-Cl en este compuesto?

- a) 356,8 pm.
- b) 206,2 pm.
- c) 291,6 pm.
- d) 412,4 pm.

SOLUCIÓN:

Planteamos el problema en los siguientes pasos: densidad - tamaño celda unidad - geometría.



Una celda primitiva contiene  $1/8$  de iones cloruro, y un ion de Cs, lo que lleva a tener 1 CsCl por celda unidad ( $Z = 1$ ).

Conociendo la masa molar, la densidad y el número de Avogadro, y sabiendo que hay una fórmula unidad por celda, podemos hallar la masa de la celda, y posteriormente su volumen:

$$m_{\text{celda}} = \frac{MM}{N_A} = \frac{168,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 2,80 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

$$V_{\text{celda}} = \frac{m_{\text{celda}}}{\rho} = \frac{2,80 \cdot 10^{-22} \text{ g}}{3,988 \text{ g cm}^{-3}} = 7,0 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Ahora, con relaciones geométricas sencillas, hallamos el parámetro  $a$  de la celda/el cubo:

$$V_{\text{celda}} = a^3 \rightarrow a = V_{\text{celda}}^{1/3}$$

$$a = (7,0 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3)^{1/3} = 4,12 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 4,12 \text{ \AA}$$

Ahora, como sabemos que el Cs está en el centro del cubo, y el Cl en un vértice, podemos inferir que la  $d(\text{Cs-Cl})$  será la mitad de la diagonal del cubo.

Si la diagonal de un cubo es  $a\sqrt{3}$ , entonces la distancia Cs-Cl será:

$$d_{\text{Cs-cl}} = \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{4,12 \cdot \sqrt{3}}{2} = 3,568 \text{ \AA} = 356,8 \text{ pm}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la a). 356,8 pm.

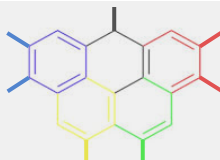
25. Si un átomo emite un fotón de luz roja y otro de luz azul, ¿cuál de las dos emisiones corresponde a un salto energético mayor?

- a) Fotón de luz roja, porque tiene mayor longitud de onda.
- b) El fotón de luz azul, porque tiene mayor frecuencia y menor longitud de onda.
- c) Depende de la intensidad de la luz y no del color.
- d) Ambos corresponden al mismo salto energético, solo cambia el color percibido.

SOLUCIÓN:

- a) Respuesta incorrecta. Mayor longitud de onda supone menor energía.
- b) Respuesta correcta. Según la ecuación  $E=h \cdot f$ , a mayor frecuencia corresponde una mayor energía del fotón emitido. El color rojo se encuentra en una longitud de onda de unos 620-750 nm (menor frecuencia) y el color azul se encuentra en una longitud de onda de 380-500 nm (mayor frecuencia).
- c) Respuesta incorrecta. Depende de ese color como se ve en la explicación anterior.
- d) Respuesta incorrecta. Cada color del espectro visible tiene una energía cuantizada específica y distinta.

La respuesta correcta es b). Dispersión de la luz



26. En un circuito de refrigeración hay 2,50 kg de agua. Se añaden 620 g de etilenglicol ( $M = 62,0$  g/mol). Estima el punto de congelación usando  $K_f(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$  °C·kg·mol<sup>-1</sup> ( $i = 1$ ).

- a) -1,86 °C.
- b) -7,44 °C.
- c) -14,9 °C.
- d) -0,744 °C.

SOLUCIÓN:

El punto de congelación de una disolución es una propiedad coligativa, de tal forma que la presencia de un soluto disminuye este punto de congelación. La variación dependerá de las moléculas de soluto en la disolución, expresándose mediante la ecuación:

$$\Delta T_f = i \cdot m \cdot K_f$$

Para el etilenglicol:

$i = 1$  (no electrolito)

$$m = \frac{620 \text{ g}}{62,0 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{2,5 \text{ kg}} = 4 \text{ m}$$

$$\Delta T_f = 1 \cdot 4 \cdot 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 7,44 \text{ °C}$$

$$\Delta T_f = 0 \text{ °C} - P_f = 7,44 \text{ °C}$$

$$\Delta P_f \text{ (con etilenglicol)} = -7,44 \text{ °C}$$

La respuesta correcta es b).

27. ¿Cuál de las siguientes opciones describe correctamente la hibridación del átomo de carbono en el eteno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )?

- a) sp
- b) sp<sup>3</sup>
- c) sp<sup>3</sup>d
- d) sp<sup>2</sup>

SOLUCIÓN:

El eteno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) tiene un doble enlace entre los dos carbonos.

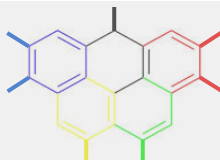
Cada carbono está unido a:

- 2 átomos de hidrógeno mediante enlaces simples ( $\sigma$ ).
- 1 carbono mediante un enlace doble (un enlace  $\sigma$  y un enlace  $\pi$ ).

Para formar 3 enlaces  $\sigma$  (2 con H y 1 con C), el carbono necesita 3 orbitales híbridos  $\rightarrow$  hibridación sp<sup>2</sup>.

El orbital p no hibridado se usa para el enlace  $\pi$  del doble enlace.

La solución correcta es la d).



28. El efecto magnetocalórico (MCE, del inglés *magnetocaloric effect*) se basa en la interacción entre un campo magnético externo y los momentos magnéticos de los átomos o iones presentes en un material. Para que este efecto sea apreciable, es fundamental que dichos átomos posean electrones desapareados, ya que son los responsables del comportamiento paramagnético o ferromagnético del material. En química, el número de electrones desapareados puede deducirse de la configuración electrónica fundamental de cada especie. Considerando los siguientes iones, ¿cuál sería, en teoría, el mejor candidato para contribuir a un efecto magnetocalórico intenso por poseer el mayor número de electrones desapareados?

- a) El catión hierro (III),  $\text{Fe}^{3+}$ .
- b) El catión zinc,  $\text{Zn}^{2+}$ .
- c) El catión titanio (IV),  $\text{Ti}^{4+}$ .
- d) El catión cobre (I),  $\text{Cu}^+$ .

**SOLUCIÓN:**

*Como se indica en el enunciado, la clave de la cuestión está en los electrones desapareados, que se obtienen de la configuración electrónica de cada especie:*

*[a]  $\text{Zn}^{2+}$  ( $Z = 30$ ):  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$*

*Al perder 2  $e^-$ :  $[\text{Ar}]3d^{10}$ . Por lo que no presenta electrones desapareados, es diamagnético.*

*[b]  $\text{Fe}^{3+}$  ( $Z = 26$ ):  $[\text{Ar}]3d^64s^2$*

*Al perder 3  $e^-$ :  $[\text{Ar}]3d^5$ . Por la regla de Hund (máxima multiplicidad (desapareamiento)), los 5  $e^-$  están desapareados, es ferromagnético.*

*[c]  $\text{Ti}^{4+}$  ( $Z = 22$ ):  $[\text{Ar}]3d^24s^2$*

*Al perder los 4  $e^-$  adopta una conf. electrónica de gas noble:  $[\text{Ar}]$ , por lo que carece de electrones desapareados, es diamagnético.*

*[d]  $\text{Cu}^+$  ( $Z = 29$ ):  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$*

*Al perder 1  $e^-$ :  $[\text{Ar}]3d^{10}$ , sin electrones desapareados, es diamagnético.*

*Así, el que más electrones desapareados presenta es el mejor candidato para generar un MCE apreciable.*

*Por lo tanto, la respuesta correcta es la a). El catión hierro (III),  $\text{Fe}^{3+}$ .*

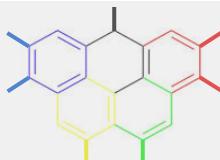
29. Si tenemos una disolución de concentración 1 M de cada uno de los siguientes compuestos, ¿cuál presentará un pH más bajo?

- a)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$
- b)  $\text{CH}_3\text{-CHO}$
- c)  $\text{CH}_3\text{-COOH}$
- d)  $\text{Cl}_3\text{C-CHO}$

**SOLUCIÓN:**

*El compuesto B, el ácido acético/etanoico, es un ácido carboxílico, con grupo  $-\text{COOH}$ . Los demás son A(etanol), C(acetaldehído/etanal) y D(tricloroetanal), que no presentan una acidez comparable a la del grupo carboxilo.*

*Por lo tanto, la respuesta correcta es la c).  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ .*

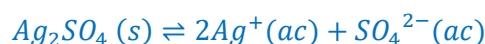


30. Si el sulfato de plata,  $Ag_2SO_4$ , tiene una  $K_{ps} = 6,0 \cdot 10^{-5}$ . ¿Cuál es la masa de  $Ag_2SO_4$  que puedo disolver en un litro de agua?

- a) 0,019 g.
- b) 2,6 g.
- c) 3,9 g.
- d) 7,8 g.

SOLUCIÓN:

Para la reacción



Podemos plantear la expresión para la constante del producto de solubilidad como

$$K_{ps}(Ag_2SO_4) = [Ag^+]^2 \cdot [SO_4^{2-}] = (2s)^2 \cdot s = 4s^3$$

Despejando para s:

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,0 \cdot 10^{-5}}{4}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Transformamos ese resultado a masa con la masa molar y lo tenemos:

$$m(Ag_2SO_4) = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l} \cdot 311,8 \text{ g/mol} = 7,8 \text{ g/l}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la d). 7,8 g.

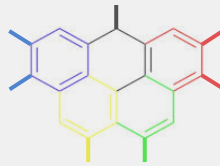
31. La eutrofización es la contaminación de ecosistemas acuáticos por un exceso de nutrientes que proceden de actividades humanas, que causa un crecimiento descontrolado de algas y plantas bloqueando la luz, agotando el oxígeno al descomponerse y matando peces y otras formas de vida, creando zonas muertas y afectando la calidad del agua. Este proceso se asocia a un exceso de:

- a) NaCl.
- b) Argón.
- c) Sulfatos.
- d) Nitratos y fosfatos.

SOLUCIÓN:

El uso excesivo de fertilizantes, los vertidos urbanos sin tratar adecuadamente, los vertidos de industrias, refinerías y cementeras o la deposición de contaminantes atmosféricos provoca un aumento de concentración de los nitratos y fosfatos de las aguas de los ecosistemas acuáticos.

La solución correcta es la d).



32. Se desea preparar 2,00 L de NaClO 0,120 M para dosificación en una piscina. Se dispone de lejía 5,0% m/m de NaClO (densidad 1,08 g/mL;  $M(\text{NaClO})=74,44 \text{ g/mol}$ ). ¿Qué volumen de lejía se necesita?

- a) 331 mL.
- b) 33,1 mL.
- c) 3,31 L.
- d) 110 mL.

**SOLUCIÓN:**

El nº de moles de NaClO que necesitamos se calculan mediante la ecuación de la concentración molar:  $C = n^\circ \text{ moles} / V$

$$N^\circ \text{ moles NaClO} = 0,12 \text{ M} \times 2 \text{ L} = 0,24 \text{ moles}$$

Los gramos necesarios de NaClO que necesitamos son:

$$g \text{ NaClO} = 0,24 \text{ moles} \times 74,44 \text{ g/mol} = 17,87 \text{ g}$$

Se dispone de lejía 5,0% m/m de NaClO, luego para coger 17,87 g de NaClO, necesitamos coger 357,4 g de disolución.

La densidad de la disolución es de 1,08 g/ml, de donde podemos calcular el volumen de lejía que hemos de utilizar:

$$\rho = m / V; V = 357,4 \text{ g} / 1,08 \text{ g/ml}$$

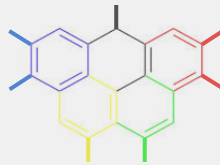
$$V = 331 \text{ ml}$$

La respuesta es a).

33. Los ácidos desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN) son dos sustancias químicas fundamentales para la vida. Entre otras funciones, el ADN y el ARN son importantes en la transmisión de la información genética de padres a hijos. Estructuralmente, el ADN y el ARN son polímeros formados por unidades de nucleótidos. Un nucleótido, a su vez, está formado por un fragmento de ribosa, un heterociclo y un grupo fosfato. Una diferencia significativa es que el ADN suele organizarse en una hélice de doble hebra (la icónica doble hélice del ADN, ver imagen). El ARN frecuentemente no presenta la estructura de doble hélice. Otras importantes diferencias estructurales son la naturaleza del carbohidrato (ribosa en el ARN y 2-desoxirribosa en el ADN) y en el heterociclo (timina en el ADN y uracilo en el ARN). Se sabe que, químicamente, el ARN es más inestable que el ADN.

Indica cual es la razón de este fenómeno:

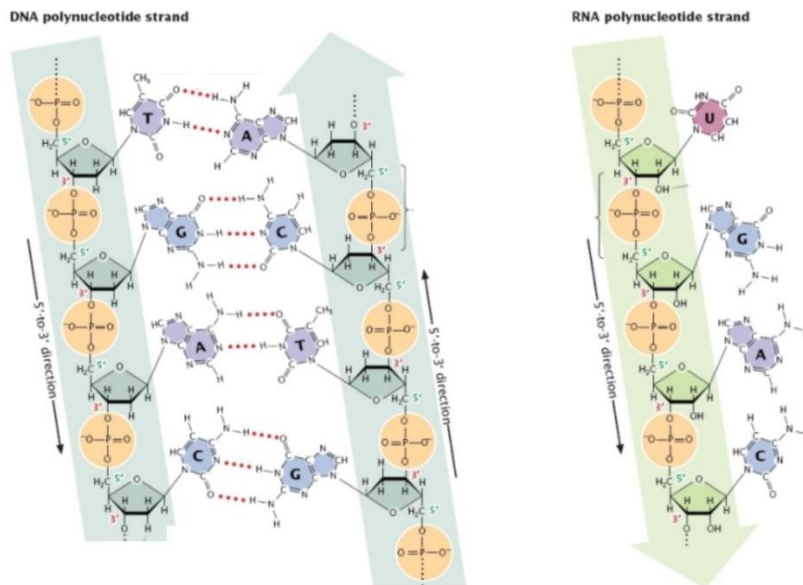
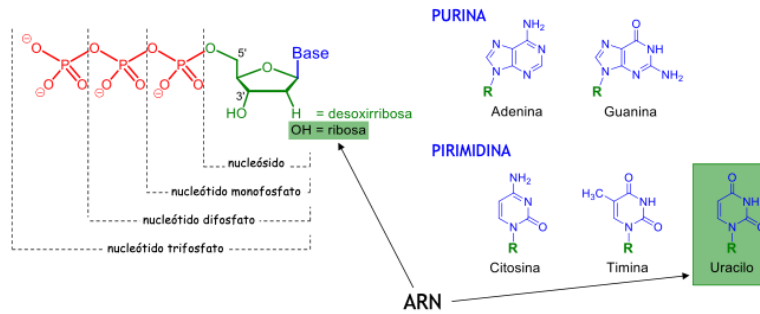
- a) Los polímeros con uracilo son más inestables, pues el doble enlace del sistema heterocíclico les hace susceptible a reacciones indeseables.
- b) El ARN tiene un grupo OH en la posición 2- de la pentosa que la hace más inestable, porque puede participar en reacciones de hidrólisis (autólisis) del ARN.
- c) El grupo OH en la posición 2- de la pentosa se oxida fácilmente, generando moléculas inestables.
- d) Ninguna de las tres opciones, pues el ARN es más estable que el ADN



## Ácidos nucleicos

- La molécula de ADN es un “polinucleótido” = polímero de nucleótidos
- ¿Qué es un nucleótido?

NUCLEÓTIDO = **Pentosa** + **Base nitrogenada** + **Grupos fosfato**  
 (Azúcar de 5 át. de C) (de uno a tres)



**SOLUCIÓN:**

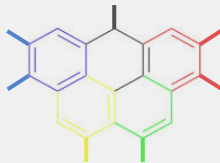
La estabilidad de la molécula de ADN se debe, entre otras razones, a la inexistencia del grupo -OH en el C2' de la ribosa (pentosa). Este grupo alcohol en esa posición hace que la molécula de ARN sea más atacable por las nucleasas.

La solución correcta es b).

34. ¿A partir de que pH de una disolución 1 M de ión nitrato, esta deja de ser oxidante?

Dato:  $E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}) = 0,96 \text{ V}$ , considerar condiciones normales.

- a) 12,16
- b) 7,03
- c) 3,37
- d) 9,85



### SOLUCIÓN:

La disolución es oxidante porque el ión nitrato tiene tendencia a reducirse al tener un potencial mayor que cero, por lo que  $\Delta G = -nFE$  es negativa y el proceso es espontáneo.

Para que no sea oxidante,  $\Delta G$  debe ser mayor que cero por lo que  $E < 0$ , de modo que buscamos en qué momento el potencial es 0 usando la ecuación de Nernst.

La reacción de reducción en medio ácido:  $\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \left( \frac{P_{\text{NO}}}{[\text{NO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]^4} \right)$$

Asumimos que la presión del NO es 1 atm ya que no nos indican que no se encuentre en condiciones normales la disolución.

$$E = 0.96 - \frac{8,31 \cdot 298}{3 \cdot 96485} \ln \left( \frac{1}{1 \cdot [\text{H}^+]^4} \right)$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt[4]{1/10^{48,65}} = 6,88 \cdot 10^{-13}$$

$$\text{pH} = -\log 6,88 \cdot 10^{-13} = 12,16$$

La solución correcta es la a).

35. El Nobel de Química del año 2025 premió la creación de los MOFs (del inglés, *Metal-Organics Frameworks*). Estas estructuras se basan en 'nodos' metálicos unidos por 'conectores' orgánicos. ¿Qué tipo de interacción química es la responsable de mantener unidos los iones metálicos con los ligandos orgánicos en estas redes cristalinas porosas?

- a) Fuerzas de Van der Waals, ya que son interacciones débiles que permiten que la estructura sea flexible y porosa.
- b) Enlace de coordinación (o covalente dativo), donde los ligandos orgánicos actúan como bases de Lewis frente a los cationes metálicos.
- c) Enlaces de hidrógeno, que se forman entre las cadenas de carbono y el agua atrapada en los poros del material.
- d) Enlace metálico, debido a la formación de una nube de electrones deslocalizados entre los centros de metal.

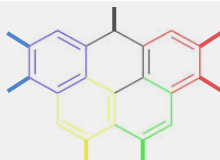
### SOLUCIÓN:

Los ligandos orgánicos (como los carboxilatos) ceden pares de electrones a los orbitales vacíos de los metales de transición, formando enlaces de coordinación y creando una red estable y altamente porosa.

#### 1. ¿Por qué no es Enlace Metálico?

El enlace metálico consiste en una red de cationes sumergidos en un "mar de electrones" deslocalizados. Para que exista, los átomos de metal deben estar en contacto directo entre sí (como en una barra de hierro o cobre).

- En los MOFs: Los átomos de metal están separados por moléculas orgánicas. No hay una nube electrónica global que recorra toda la estructura; el metal no está en estado elemental, sino que



suele estar en forma de catión (por ejemplo,  $\text{Zn}^{2+}$  o  $\text{Cu}^{2+}$ ) unido a puntos específicos de la molécula orgánica.

## 2. ¿Por qué no son Fuerzas de Van der Waals?

Las **fuerzas de Van der Waals** (dipolo-dipolo, fuerzas de London) son interacciones intermoleculares débiles.

- En los **MOFs**: Si la estructura se mantuviera unida solo por estas fuerzas, se desmoronaría fácilmente al calentarla o al intentar succionar los gases de su interior (proceso de activación). Los MOFs son famosos por ser **estructuras cristalinas robustas**. Lo que mantiene el "andamio" en pie es un enlace químico primario (fuerte), no una atracción física débil.
- Nota: Las fuerzas de Van der Waals sí actúan **dentro** de los poros para atraer a las moléculas de gas que queremos capturar, pero no son las que "construyen" el material.

## 3. ¿Por qué no son Enlaces de Hidrógeno?

Los **enlaces de hidrógeno** son un tipo de interacción dipolo-dipolo especialmente fuerte que ocurre cuando el hidrógeno está unido a átomos muy electronegativos (F, O, N).

- En los **MOFs**: Aunque una molécula orgánica podría tener grupos capaces de formar puentes de hidrógeno, estos no son lo suficientemente fuertes ni direccionales para crear una red tridimensional estable con la porosidad que caracteriza a estos materiales. Además, los MOFs se definen precisamente por la unión **Metal-Orgánico**, y el hidrógeno no es un metal.

La solución correcta es la b).

36. En el átomo de hidrógeno, ¿cuál de estas transiciones requiere un mayor aporte de energía?

- a)  $n = 7 \rightarrow n = 3$ .
- b)  $n = 3 \rightarrow n = 7$ .
- c)  $n = 2 \rightarrow n = 1$ .
- d)  $n = 1 \rightarrow n = 2$ .

SOLUCIÓN:

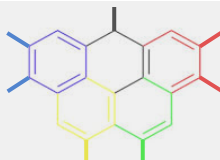
La energía necesaria para excitar un electrón de un nivel  $n_1$  a un nivel  $n_2$  ( $n_1 < n_2$ ) en el átomo de hidrógeno viene dada por la ecuación de Rydberg:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda de la radiación implicada en la transición, cuya recíproca es directamente proporcional a la energía (ecuación de Planck), y  $R_H$  es la constante de Rydberg.

Nos están hablando de un "aporte de energía", por lo que las transiciones  $n_1 \rightarrow n_2$  con  $n_1 > n_2$  podemos descartarlas. Después, debemos fijarnos en el término de la ecuación que implica sendos valores  $n_1$  y  $n_2$ , buscando la combinación que lo maximice.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la d).  $n = 1 \rightarrow n = 2$ .



37. Si preparamos una disolución disolviendo 10,0 g de una sal en 90,0 g de agua, ¿qué información adicional necesitamos para poder calcular la molaridad de esta disolución?

- I. La masa molar de la sal
  - II. La densidad de la disolución
- a) Conocer I sería suficiente para calcular la molaridad.
  - b) Conocer II sería suficiente para calcular la molaridad.
  - c) Conocer I y II permitiría calcular la molaridad.
  - d) La molaridad no podría calcularse incluso conociendo I y II.

**SOLUCIÓN:**

La molaridad,  $M$ , se define como

$$M = \frac{n(\text{solute})}{V(\text{disolución})}$$

Para obtener la molaridad necesitamos: los moles de soluto y, por tanto, la masa molar de la sal; y el volumen de la disolución, como solo conocemos las masas, necesitamos la densidad para convertir masa en volumen.

Es decir, si solo tenemos la masa molar de la sal (I) podemos convertir la masa de sal en moles, pero no nos permite hallar el volumen de la disolución. Por tanto, no es suficiente para obtener la molaridad.

Por otro lado, si solo tenemos la densidad de la disolución (II), podemos convertir la masa total de la disolución (10 g + 90 g = 100 g) en volumen, pero sin la masa molar no podemos determinar los moles. Por tanto, tampoco es suficiente por sí sola.

Por lo tanto, la respuesta correcta es la c). Conocer I y II permitiría calcular la molaridad.

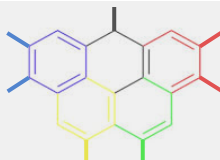
38. ¿Cuál de las siguientes moléculas tiene su punto de ebullición más cercano al punto de ebullición de argón, Ar?

- a)  $F_2$
- b)  $H_2$
- c)  $N_2$
- d)  $Cl_2$

**SOLUCIÓN:**

El punto de ebullición viene determinado por las interacciones intermoleculares. Debido a que el Ar, así como las opciones propuestas, son monoatómicas (solo presentan un tipo de átomo), no contemplamos más interacciones intermoleculares que las de dispersión (o de London). Estas interacciones dependen del número de electrones. Podemos ver que el  $Z(\text{Ar}) = 18$ , así que buscamos cuál de las opciones se acerca más. Fácilmente vemos que el número de electrones en la molécula de  $F_2$  también es 18, por lo tanto, esta será la molécula cuyo punto de ebullición esté más cerca al del argón.

La solución correcta es la a).



39. Las pilas de combustible de hidrógeno son dispositivos electroquímicos diseñados para generar energía eléctrica limpia, emitiendo únicamente calor y agua como subproductos. Debido a su alta eficiencia y nula emisión de gases contaminantes, son piezas clave en la propulsión de vehículos espaciales y el transporte sostenible.

Durante un cierto intervalo de funcionamiento de la pila se recogen 5,4 g de agua líquida. Se sabe que el rendimiento global de la pila es del 75 %, es decir, solo las 3/4 partes del oxígeno consumido participa efectivamente en la reacción electroquímica.

Suponiendo condiciones normales de presión y temperatura, ¿qué volumen total de oxígeno gaseoso se ha consumido?

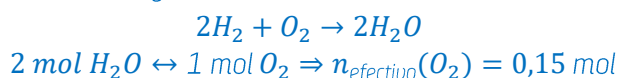
- a) 2,24 L.
- b) 2,99 L.
- c) 3,36 L.
- d) 4,48 L.

**SOLUCIÓN:**

1. Moles de agua formados:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,4\text{g}}{18,0 \text{ g/mol}} = 0,3 \text{ mol de H}_2\text{O}$$

2. Estequiometría de la reacción global:



3. Corrección por rendimiento del 75 %:

$$n_{\text{real}}(\text{O}_2) = \frac{0,15}{0,75} \approx 0,20 \text{ mol de O}_2$$

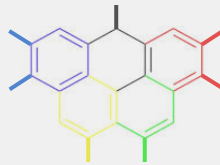
4. Volumen en CN:

$$V = 0,20 \times 22,4 \approx 4,48 \text{ L}$$

La solución correcta es la d).

40. En 1876, la termodinámica dio un salto crucial con la publicación de «Sobre el equilibrio de sustancias heterogéneas» por J.W. Gibbs, quien introdujo el concepto de energía de Gibbs (antiguamente llamada energía libre de Gibbs) y de potencial químico. Este trabajo unificó la física y química, permitiendo predecir la espontaneidad de reacciones y definiendo el equilibrio de sistemas complejos. Un ejemplo de sistema termodinámico es la turbina de vapor, ya que transforma la energía térmica de un flujo de vapor en energía mecánica por medio de un intercambio de cantidad de movimiento (momento lineal). ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es más correcta para describir la eficiencia de este proceso?

- a) La eficiencia es del 100% porque la energía se conserva.
- b) La eficiencia es inferior al 100% porque el vapor se enfría en el proceso.
- c) Superior al 100% porque la turbina aumenta su energía cinética.
- d) Puede ser superior, igual, o inferior al 100% dependiendo del diseño de la turbina.



### SOLUCIÓN:

Aunque la energía total se conserva, siguiendo el primer principio de la termodinámica, no toda la energía térmica puede transformarse en trabajo útil debido a pérdidas a causa de otros procesos. Por otro lado, el segundo principio de la termodinámica impone que el rendimiento de cualquier máquina térmica es siempre inferior al 100%.

Por tanto,

(a) Incorrecta: la conservación de la energía no implica que toda la energía térmica pueda transformarse en trabajo útil

(b) Correcta: una turbina funciona como una máquina térmica en la que el vapor se enfría al expandirse y solo una parte de ese calor se convierte en trabajo útil

(c) Incorrecta: una eficiencia  $>100\%$  viola el primer principio de la termodinámica

(d) Incorrecta: no existe ningún diseño capaz de superar el límite impuesto por el segundo (y primer) principio de la termodinámica

Por lo tanto, la respuesta correcta es la b). La eficiencia es inferior al 100% porque el vapor se enfría en el proceso.