

XXX Olimpiada Vasca de Química - 2017

Examen de Cuestiones

INSTRUCCIONES (Se recomienda leer con atención):

- Señale con una circunferencia la respuesta que considere correcta.
- Responda a tantas preguntas como le sea posible en el tiempo máximo establecido de 100 minutos.
- Cada respuesta correcta se valorará con 1 punto, y las incorrectas restarán 0,25.
- El examen de problemas contabilizará el doble que el de cuestiones.

Nombre: _____
Centro: _____

- Una de las hipótesis más aceptadas que explican la gran extinción del cretácico afirma que un asteroide de 10 km de diámetro impactó en la península del Yucatán (México) eyectando una gran cantidad de masa en forma de gas a la atmósfera. ¿Qué consecuencia debida a la nueva materia incorporada pudo experimentar aquella atmósfera prehistórica?
A. Una disminución de la presión atmosférica.
B. Si la temperatura permaneció constante, una disminución del volumen de la atmósfera.
C. Si la temperatura aumentó bruscamente, una disminución del volumen de la atmósfera.
D. Si el volumen permaneció constante, un aumento de la densidad atmosférica.
E. Si la densidad de la atmósfera aumentó, un aumento de la temperatura.
- Una mezcla de gases a 2 atm de presión contiene 30,0 g de H₂ y 20,0 g de N₂. Si se introducen 1,14 moles de CO₂ manteniendo constante el volumen y la presión del recipiente. Marque la respuesta **NO** correcta.
A. La fracción molar de H₂ será de 0,889.
B. La fracción molar de N₂ será de $4,29 \cdot 10^{-2}$.
C. El número de moles totales de la mezcla será de 16,65.
D. La presión parcial de H₂ será de 1351,28 torr.
E. La presión parcial de CO₂ será de $6,85 \cdot 10^{-2}$ atm.
- Si una docena de huevos pesa 120 g, ¿cuánto pesaría un mol de huevos?
A. $6,02 \cdot 10^{23}$ kg.
B. $6,02 \cdot 10^{21}$ kg.
C. $6,02 \cdot 10^{24}$ kg.
D. $6,02 \cdot 10^{22}$ kg.
E. No se puede determinar.
- ¿Qué gas es más denso, entre los siguientes, bajo las mismas condiciones?
A. Aire (79% N₂ y 21% O₂).
B. NH₃.
C. CO₂.
D. N₂.
E. He.

5. 10 cm^3 de fluoruro de hidrógeno reaccionan con 5 cm^3 de difluoruro de dinitrógeno, ambos en estado gaseoso, para dar 10 cm^3 de un solo gas medidos a P y T constantes. Señale la letra que representa la reacción:
 - A. $\text{HF} + \text{N}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{HF}_3$.
 - B. $2 \text{HF} + \text{N}_2\text{F}_2 \rightarrow 2 \text{NHF}_2$.
 - C. $2 \text{HF} + \text{N}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{H}_2\text{F}_4$.
 - D. $\text{HF} + 2 \text{N}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{N}_4\text{HF}_5$.
 - E. $2 \text{HF} + 2 \text{N}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{N}_4\text{H}_2\text{F}_6$.
6. Si la configuración electrónica de un átomo es $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 5s^1$, indique la afirmación correcta:
 - A. Pertenece al grupo de los alcalinos.
 - B. Al pasar a la configuración $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6$ se forma un anión.
 - C. Su configuración es la más estable.
 - D. Su número atómico es 38.
 - E. Pertenece al grupo de los alcalinotérreos.
7. El número atómico del Fe es 26. Si el Ru está exactamente debajo del Fe en la tabla periódica, el ión Ru(III) tiene una configuración:
 - A. d^8 .
 - B. d^7 .
 - C. d^6 .
 - D. d^5 .
 - E. d^4 .
8. El principio que establece que dos electrones en un átomo no pueden tener los cuatro números cuánticos iguales se conoce como:
 - A. Principio de aufbau.
 - B. Principio de ocupación.
 - C. Regla de Hund.
 - D. Principio de exclusión de Pauli.
 - E. Principio de Heisenberg.
9. Una de las siguientes frases referidas al silicio es **FALSA**.
 - A. Es un sólido.
 - B. Es un metaloide.
 - C. Se comporta como un semiconductor cuando es puro.
 - D. Es muy raro en la corteza terrestre.
 - E. Tiene un radio atómico menor que el del aluminio.
10. ¿Qué elemento, entre los siguientes, es líquido a la temperatura del cuerpo humano?
 - A. As.
 - B. Ca.
 - C. Ga.
 - D. Ge.
 - E. Zn.

11. ¿Qué enlaces puede formar un átomo de carbono cuando presenta una hibridación sp^2 ?

- A. Cuatro enlaces σ .
- B. Tres enlaces σ y un enlace π .
- C. Dos enlaces σ y dos enlaces π .
- D. Un enlace σ y tres enlaces π .
- E. Cuatro enlaces π .

12. Señale, entre las siguientes, la proposición correcta:

- A. El número de electrones de los iones Na^+ es igual al de los átomos neutros del gas noble Ne.
- B. El número atómico de los iones Na^+ es igual al del gas noble Ne.
- C. Los iones Na^+ y los átomos del gas noble Ne son isótopos.
- D. El número de protones de los iones $^{23}Na^+$ es igual al de los átomos de ^{22}Ne .
- E. La masa atómica de los iones $^{23}Na^+$ es igual a la de los átomos de ^{22}Ne .

13. Dadas las siguientes parejas de átomos, ¿cuáles pueden formar enlaces covalentes polares entre sí?

- A. N y N.
- B. F y C.
- C. Cl y Cl.
- D. Na y I.
- E. Fe y Ni.

14. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- A. El tetracloruro de carbono es polar.
- B. El dietil éter es polar.
- C. El eteno es polar.
- D. El hexafluorobenceno es polar.
- E. Los enlaces C-F en el hexafluorobenceno son apolares.

15. Uno de los gases más habituales en las erupciones volcánicas que puede alcanzar la estratosfera es el óxido de azufre(IV). Éste, en presencia de oxígeno y agua, se oxida inicialmente a óxido de azufre(VI) y posteriormente forma aerosoles (gotas microscópicas de ácido sulfúrico) afectando al clima terrestre. Según la “teoría de repulsión de pares de electrones de valencia”:

- A. La geometría del SO_2 es lineal.
- B. La geometría del SO_3 es de pirámide trigonal.
- C. La geometría del anión sulfato, SO_4^{2-} , es plana cuadrada.
- D. La geometría de todos los anteriores derivados es tetraédrica.
- E. Ninguna de las anteriores es correcta.

16. Considerando las siguientes moléculas: NaF, CH_3OH y CH_4 , ¿cuál de las siguientes afirmaciones **NO** es correcta?

- A. El fluoruro de sodio y el metanol son solubles en agua.
- B. El punto de ebullición del metanol es el mayor de todos debido a los enlaces de hidrógeno intermoleculares que se originan.
- C. El metanol posee una distribución asimétrica de los electrones.
- D. Estas moléculas poseen diferentes tipos de enlace químico.
- E. Ninguna de las anteriores es incorrecta.

17. La especie molecular XeF_4 adopta una geometría:

- A. Octaédrica.
- B. Plano cuadrada.
- C. Tetraédrica.
- D. Bipirámide trigonal.
- E. Piramidal.

18. Cuando una sustancia pura en fase líquida congela espontáneamente, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- A. ΔG , ΔH y ΔS son todos positivos.
- B. ΔG , ΔH y ΔS son todos negativos.
- C. ΔG y ΔH son negativos, pero ΔS es positivo.
- D. ΔG y ΔS son negativos, pero ΔH es positivo.
- E. ΔH y ΔS son negativos, pero ΔG es positivo.

19. Considérese la reacción: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{HI}(\text{g})$, donde en equilibrio las concentraciones son: $[\text{H}_2] = 0,001141 \text{ mol/L}$, $[\text{I}_2] = 0,001141 \text{ mol/L}$, y $[\text{HI}] = 0,008410 \text{ mol/L}$. La constante de equilibrio será igual a:

- A. $-0,006128$.
- B. $0,006128$.
- C. $6459,9$.
- D. $54,3$.
- E. Ninguna de las anteriores, dado que el cálculo requiere conocer los pesos moleculares.

20. El amoniaco se forma mediante la siguiente reacción exotérmica: $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$. Una vez la reacción ha alcanzado el equilibrio, para desplazar el equilibrio hacia el producto:

- A. Aumentaremos la temperatura y la presión.
- B. Disminuiremos la temperatura y la presión.
- C. Aumentaremos la temperatura y disminuirémos la presión.
- D. Disminuiremos la temperatura y aumentaremos la presión.
- E. Aumentaremos la temperatura.

21. Considere uno de los pistones del motor de un coche de gasolina. El pistón se mueve alternativamente hacia arriba y hacia abajo, comprimiendo y expandiendo la mezcla vaporizada de gasolina con aire. Este movimiento es el responsable de la tracción (movimiento) del coche. En la primera etapa del proceso, el pistón está totalmente cerrado y comprime la mezcla hasta que se produce su ignición. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es **FALSA**, en esa primera etapa?

- A. Disminuye el volumen de la mezcla.
- B. Aumenta la temperatura de la mezcla.
- C. El número de moles de la mezcla permanece constante.
- D. Disminuye la densidad de la mezcla.
- E. Disminuye la entropía de la mezcla.

22. Para preparar 500 mL de una disolución acuosa de $\text{pH} = 13$ es necesario disolver:

- A. 2,8 g de KOH.
- B. 1,8 g de HCl.
- C. 3,9 g de NaCl.
- D. 2,8 g de NaOH.
- E. 0,9 g de LiOH.

23. Se han preparado en el laboratorio las siguientes disoluciones en concentración 0,01 M: NaBO_3 ($pK_{a1} = 9,14$), Na_2CO_3 ($pK_{a1} = 6,35$; $pK_{a2} = 10,33$), Na_2SO_4 ($pK_{a2} = 1,99$); Na_3PO_4 ($pK_{a1} = 2,15$; $pK_{a2} = 7,21$; $pK_{a3} = 12,34$), $\text{CH}_3\text{-COONa}$ ($pK_{a1} = 4,75$). ¿Cuál de todas ellas muestra el mayor valor de pH?
- La de NaBO_3 .
 - La de Na_2CO_3 .
 - La de Na_2SO_4 .
 - La de Na_3PO_4 .
 - La de $\text{CH}_3\text{-COONa}$.
24. Un buen reductor se caracteriza por presentar un valor de E° :
- Positivo y elevado.
 - Negativo y elevado en términos absolutos.
 - Nulo.
 - Elevado, sin importar el signo (negativo o positivo).
 - Bajo, sin importar el signo (negativo o positivo).
25. Cuando se introduce una placa de cobre metálico en una disolución de ion Hg(I) la placa metálica se ennegrece. Si se tienen en cuenta los datos siguientes: $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$, $E^\circ_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}} = +0,80 \text{ V}$, $E^\circ_{\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}} = +0,91 \text{ V}$, $E^\circ_{\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} = -0,83 \text{ V}$ y $E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = +1,23 \text{ V}$; el fenómeno se debe a que:
- el cobre reduce al ion Hg(I) a su forma elemental, y ésta se deposita sobre la placa.
 - el agua oxida al cobre y forma óxido de cobre(II) sobre la placa.
 - el agua oxida al ion Hg(I) y éste impregna la superficie de la placa.
 - el agua reduce al ion Hg(I) sobre la placa, pero el cobre metálico permanece inalterado.
 - el agua reduce al ion Hg(I) y oxida al cobre de la placa.
26. En la semirreacción de reducción de triyoduro (I_3^-) a yoduro:
- Se libera un electrón por cada molécula de triyoduro.
 - Se liberan dos electrones por cada molécula de triyoduro.
 - Se liberan tres electrones por cada molécula de triyoduro.
 - Se ganan dos electrones por cada molécula de triyoduro.
 - Se ganan tres electrones por cada molécula de triyoduro.
27. Dada la reacción (sin ajustar): $\text{MnO}_4^- + \text{HCl} \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- El HCl es el reductor.
 - El MnO_4^- se oxida.
 - El Cl^- se reduce.
 - El MnO_4^- es el reductor.
 - No es una reacción redox.
28. A partir de los siguientes productos de solubilidad: $pK_{so}(\text{PbCl}_2) = 4,70$, $pK_{so}(\text{PbI}_2) = 8,0$, $pK_{so}(\text{PbCrO}_4) = 12,5$, $pK_{so}(\text{PbIO}_3) = 12,43$ y $pK_{so}(\text{PbSO}_4) = 7,59$, la mayor y menor solubilidad de plomo, respectivamente, la muestran las disoluciones de:
- PbCl_2 y PbSO_4 .
 - PbI_2 y PbIO_3 .
 - PbCrO_4 y PbIO_3 .
 - PbI_2 y PbCrO_4 .
 - PbCl_2 y PbCrO_4 .

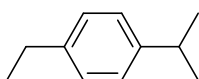
29. ¿Cuál es la solubilidad del hierro en una disolución saturada de $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ a $\text{pH} = 4,5$? *Datos:* $\text{p}K_{\text{so}}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 38,55$.

- A. $8,8 \cdot 10^{-9} \text{ M}$.
- B. $8,8 \cdot 10^{-10} \text{ M}$.
- C. $8,8 \cdot 10^{-11} \text{ M}$.
- D. $3,3 \cdot 10^{-11} \text{ M}$.
- E. $3,3 \cdot 10^{-12} \text{ M}$.

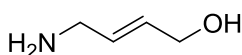
30. ¿Cuál de las siguientes es una especie iónica?

- A. Fosfonio.
- B. Ozono.
- C. Arsina.
- D. Metano.
- E. Borano.

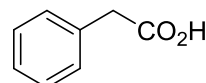
31. Indique el nombre IUPAC correcto para las siguientes moléculas, en el orden en que aparecen:



A



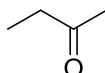
B



C

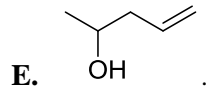
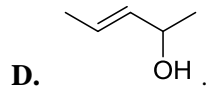
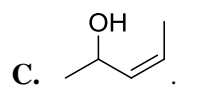
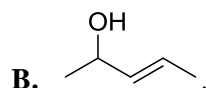
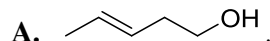
- A. 4-etil-1-isopropilbenceno, (*E*)-4-hidroxibut-2-en-1-amina y ácido 2-fenilacético.
- B. 4-etil-1-isopropilbenceno, (*E*)-4-hidroxibut-2-en-1-amina y ácido benzoico.
- C. 1-etil-4-isopropilbenceno, (*E*)-4-hidroxibut-2-en-1-amina y ácido 2-fenilacético.
- D. 1-etil-4-isopropilbenceno, (*E*)-4-aminobut-2-en-1-ol y ácido 2-fenilacético.
- E. 1-etil-4-isopropilbenceno, (*E*)-4-aminobut-2-en-1-ol y ácido benzoico.

32. Indique el nombre IUPAC correcto para la siguiente molécula:



- A. 3-butanona.
- B. 2-butanona.
- C. 2-butanal.
- D. 3-butanal.
- E. 3-butanoato.

33. ¿Cuál de las siguientes estructuras hace referencia al compuesto de nombre pent-4-en-2-ol?



Preguntas de Reserva (sólo se tendrán en consideración si se tuviese que anular, por cualquier error, alguna de las anteriores, en el orden que se proponen).

R1. Para emerger algunos barcos hundidos se introduce aire en el casco, desplazando el agua del interior de la nave hasta que, según el principio de Arquímedes, el empuje iguale al peso y comienza la ascensión desde el fondo marino. Marque la respuesta **NO** correcta, comparando el aire introducido antes y después de la flotación.

- A. El volumen de aire aumenta.
- B. La temperatura del aire disminuye.
- C. El número de moles de aire permanece constante.
- D. La densidad del aire aumenta.
- E. La entropía aumenta.

R2. Tras diluir 25 mL de una disolución de NH_4Cl 1,0 M en 100 mL de agua, el pH resultante es:

- A. 5,25.
- B. 3,80.
- C. 4,92.
- D. 7,25.
- E. 1,73.

R3. Sabiendo que $E^\circ_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,76 \text{ V}$ y $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$, el potencial de la reacción: $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$, será:

- A. +1,10 V.
- B. +0,42 V.
- C. -1,10 V.
- D. -0,42 V.
- E. +0,26 V.

COMPRUEBE QUE HA RESPONDIDO A TODAS LAS CUESTIONES DE ESTA PARTE DEL EXAMEN.

Hoja de Datos

| TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 1A | 2 2A | | | | | | | | | | | 13 3A | 14 4A | 15 5A | 16 6A | 17 7A | 18 8A |
| 1 H 1,008 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He 4,003 |
| 3 Li 6,941 | 4 Be 9,012 | | | | | | | | | | | 5 B 10,81 | 6 C 12,01 | 7 N 14,01 | 8 O 16,00 | 9 F 19,00 | 10 Ne 20,18 |
| 11 Na 22,99 | 12 Mg 24,31 | 3 B 10,81 | 4 C 12,01 | 5 N 14,01 | 6 O 16,00 | 7 F 19,00 | 8 Ne 20,18 | 9 Na 22,99 | 10 Mg 24,31 | 11 Al 26,98 | 12 Si 28,09 | 13 P 30,97 | 14 S 32,07 | 15 Cl 35,45 | 16 Ar 39,95 | | |
| 19 K 39,10 | 20 Ca 40,08 | 21 Sc 44,96 | 22 Ti 47,88 | 23 V 50,94 | 24 Cr 52,00 | 25 Mn 54,94 | 26 Fe 55,85 | 27 Co 58,93 | 28 Ni 58,69 | 29 Cu 63,55 | 30 Zn 65,39 | 31 Ga 69,72 | 32 Ge 72,61 | 33 As 74,92 | 34 Se 78,96 | 35 Br 79,90 | 36 Kr 83,80 |
| 37 Rb 85,47 | 38 Sr 87,62 | 39 Y 88,91 | 40 Zr 91,92 | 41 Nb 92,91 | 42 Mo 95,94 | 43 Tc (98) | 44 Ru 101,1 | 45 Rh 102,9 | 46 Pd 106,4 | 47 Ag 107,9 | 48 Cd 112,4 | 49 In 114,8 | 50 Sn 118,7 | 51 Sb 121,8 | 52 Te 127,6 | 53 I 126,9 | 54 Xe 131,3 |
| 55 Cs 132,9 | 56 Ba 137,3 | 57 La 138,9 | 72 Hf 178,5 | 73 Ta 180,9 | 74 W 183,8 | 75 Re 186,2 | 76 Os 190,2 | 77 Ir 192,2 | 78 Pt 195,1 | 79 Au 197,0 | 80 Hg 200,6 | 81 Tl 204,4 | 82 Pb 207,2 | 83 Bi 209,0 | 84 Po (209) | 85 At (210) | 86 Rn (222) |
| 87 Fr (223) | 88 Ra (226) | 89 Ac (227) | 104 Rf (261) | 105 Db (262) | 106 Sg (263) | 107 Bh (262) | 108 Hs (265) | 109 Mt (266) | 110 Ds (281) | 111 Rg (272) | 112 Cn (285) | 113 Nh (284) | 114 Fl (289) | 115 Mc (288) | 116 Lv (293) | 117 Ts (294) | 118 Og (294) |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 58 Ce 140,1 | 59 Pr 140,9 | 60 Nd 144,2 | 61 Pm (145) | 62 Sm 150,4 | 63 Eu 152,0 | 64 Gd 157,3 | 65 Tb 158,9 | 66 Dy 162,5 | 67 Ho 164,9 | 68 Er 167,3 | 69 Tm 168,9 | 70 Yb 173,0 | 71 Lu 175,0 |
| 90 Th 232,0 | 91 Pa 231,0 | 92 U 238,0 | 93 Np (237) | 94 Pu (244) | 95 Am (243) | 96 Cm (247) | 97 Bk (247) | 98 Cf (251) | 99 Es (252) | 100 Fm (257) | 101 Md (258) | 102 No (259) | 103 Lr (262) |

| Abreviaturas y Símbolos | | | |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|
| Cantidad de sustancia | n | Constante de Faraday | F |
| Amperio | A | Energía libre | G |
| Atmósfera | atm | Frecuencia | ν |
| Unidad de masa atómica | u | Constante de los gases | R |
| Constante de Avogadro | N_A | Gramo | g |
| Celsius | °C | Hora | h |
| Centi | c | Julio | J |
| Culombio | C | Kelvin | K |
| Densidad | ρ | Kilo | k |
| Fuerza electromotriz | E | Litro | L |
| Energía de activación | E_a | Unidad de presión | torr |
| Entalpía | H | Mili | m |
| Entropía | S | Molal | m |
| Constante de equilibrio | K | Molar | M |

| Constantes |
|--|
| $R = 8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ |
| $R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L/(mol} \cdot \text{K)}$ |
| $F = 96.500 \text{ C/mol}$ |
| $F = 96.500 \text{ J/(V} \cdot \text{mol)}$ |
| $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ |
| $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ |
| $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$ |
| $0^\circ \text{C} = 273,15 \text{ K}$ |
| $1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$ |

| Ecuaciones | | |
|---------------------------------|--|---|
| $E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$ | $\ln K = \left(\frac{-\Delta H}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) + \text{constante}$ | $\ln \left(\frac{k_2}{k_1} \right) = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$ |

Tabla de Potenciales Normales de Reducción

| Semirreacción | E^0 (V) | Semirreacción | E^0 (V) |
|--|-----------|---|-----------|
| $\text{Li}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Li}$ | -3,05 | $\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$ | +0,59 |
| $\text{Rb}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Rb}$ | -2,98 | $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{S} + 3 \text{H}_2\text{O}$ | +0,60 |
| $\text{K}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{K}$ | -2,93 | $\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ | +0,70 |
| $\text{Cs}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cs}$ | -2,92 | $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$ | +0,77 |
| $\text{Ba}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ba}$ | -2,91 | $\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Hg}$ | +0,80 |
| $\text{Sr}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Sr}$ | -2,89 | $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}$ | +0,80 |
| $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ca}$ | -2,76 | $\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | +0,80 |
| $\text{Na}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Na}$ | -2,71 | $\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}$ | +0,85 |
| $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mg}$ | -2,38 | $\text{MnO}_4^- + \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{HMnO}_4^-$ | +0,90 |
| $\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{H}^-$ | -2,25 | $2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+}$ | +0,91 |
| $\text{Be}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Be}$ | -1,85 | $\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +0,95 |
| $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Al}$ | -1,68 | $\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +0,95 |
| $\text{Ti}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ti}$ | -1,63 | $\text{Br}_2 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Br}^-$ | +1,09 |
| $\text{Ti}^{3+} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ti}$ | -1,21 | $\text{Ag}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$ | +1,17 |
| $\text{Mn}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}$ | -1,18 | $\text{ClO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | +1,18 |
| $\text{V}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{V}$ | -1,13 | $\text{ClO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{HClO}_2$ | +1,19 |
| $\text{SiO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Si} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | -0,91 | $\text{ClO}_4^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ | +1,20 |
| $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ | -0,83 | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,23 |
| $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn}$ | -0,76 | $\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,23 |
| $\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}$ | -0,74 | $\text{CrO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ | +1,30 |
| $\text{S} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{S}^{2-}$ | -0,51 | $\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Cl}^-$ | +1,36 |
| $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}$ | -0,44 | $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$ | +1,36 |
| $2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{HOOC-COOH}$ | -0,43 | $\text{CoO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,42 |
| $\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}^{2+}$ | -0,42 | $2 \text{HIO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,44 |
| $\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cd}$ | -0,40 | $\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,44 |
| $\text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ | -0,36 | $\text{BrO}_3^- + 5 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{HBrO} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,45 |
| $\text{Co}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}$ | -0,28 | $2 \text{BrO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Br}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ | +1,48 |
| $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | -0,28 | $2 \text{ClO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ | +1,49 |
| $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}$ | -0,25 | $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ | +1,51 |
| $\text{MoO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Mo} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | -0,15 | $\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Au}$ | +1,52 |
| $\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}$ | -0,13 | $\text{NiO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,59 |
| $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}$ | -0,13 | $2 \text{HClO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,63 |
| $\text{WO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{W} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | -0,12 | $\text{Ag}_2\text{O}_3 + 6 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow 3 \text{H}_2\text{O}$ | +1,67 |
| $\text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{HCOOH}$ | -0,11 | $\text{HClO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$ | +1,67 |
| $\text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ | -0,11 | $\text{Pb}^{4+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}^{2+}$ | +1,69 |
| $2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | 0,00 | $\text{MnO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,70 |
| $\text{C} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{CH}_4$ | +0,13 | $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1,76 |
| $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}^{2+}$ | +0,15 | $\text{AgO} + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O}$ | +1,77 |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}^+$ | +0,16 | $\text{Au}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Au}$ | +1,83 |
| $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +0,17 | $\text{BrO}_4^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ | +1,85 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$ | +0,34 | $\text{O}_3 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | +1,90 |
| $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \leftrightarrow 4 \text{OH}^-$ | +0,40 | $\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}^{2+}$ | +1,92 |
| $\text{CH}_3\text{OH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ | +0,50 | $\text{Ag}^{2+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}^+$ | +1,98 |
| $\text{SO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \leftrightarrow \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +0,50 | $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{SO}_4^{2-}$ | +2,07 |
| $\text{Cu}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$ | +0,52 | $\text{HMnO}_4^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ | +2,09 |
| $\text{CO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$ | +0,52 | $\text{F}_2 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{F}^-$ | +2,87 |
| $\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{I}^-$ | +0,54 | $\text{F}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{HF}$ | +3,05 |

XXX Olimpiada Vasca de Química - 2017

Examen de Problemas

INSTRUCCIONES (Se recomienda leer con atención):

- Cada problema se calificará sobre 10 puntos.
- El tiempo máximo disponible es de una hora y cincuenta minutos.
- Al finalizar la primera hora se recogerá uno de los problemas.

| |
|----------------------|
| Nombre: _____ |
| Centro: _____ |

PROBLEMA 1.

El carbonato de sodio es un compuesto imprescindible como materia prima en la fabricación de numerosos productos, entre los que destacan, por ejemplo, los detergentes. A escala industrial, se obtiene a través del clásico proceso Solvay, desarrollado por el industrial belga Ernest Solvay hacia 1863, que desplazó a los procesos utilizados previamente por las importantes ventajas que presentaba: menor consumo energético, menor requisito de mano de obra y menos emisiones.

Las materias primas en el método Solvay son sal de roca (cloruro de sodio) y piedra caliza (carbonato de calcio). Sin embargo, la síntesis no se produce por reacción directa entre ambas materias primas, sino que se produce en varias etapas. La primera etapa se lleva a cabo en un horno, a unos 1000°C de temperatura, y consiste en la descomposición térmica del carbonato de calcio, produciendo dióxido de carbono.

En la segunda etapa, se hace pasar dióxido de carbono a través de una disolución de amoníaco en agua, y se forma un hidrogenocarbonato. Éste se hace reaccionar en la tercera etapa con una disolución saturada de cloruro de sodio (salmuera), para formar hidrogenocarbonato de sodio.

La cuarta etapa consiste en la descomposición térmica del hidrogenocarbonato de sodio, que da lugar al producto deseado y un gas que se emplea en una de las etapas anteriores del proceso. La quinta etapa consiste en hacer reaccionar entre sí todos los productos secundarios obtenidos en las diferentes etapas, para producir cloruro de calcio sólido como único producto residual, y reactivos empleados en las etapas anteriores.

Si se desean obtener 4,5 t al día de carbonato de sodio mediante el método Solvay:

- a) Escriba y ajuste las reacciones involucradas en las distintas etapas del proceso (2,5 puntos).
- b) Determine las toneladas diarias de piedra caliza y de sal de roca que se necesitan, si la piedra caliza contiene un 85% de carbonato de calcio y la sal de roca un 95% de cloruro de sodio (2,5 puntos).
- c) Determine el volumen de dióxido de carbono, medido en condiciones normales, que se genera en la primera etapa (2,5 puntos).
- d) Si la solubilidad del cloruro de sodio en agua a 100°C es de 39,12 g por cada 100 mL de agua, determine la cantidad de agua diaria a esa temperatura que se requiere para preparar la salmuera (2,5 puntos).

PROBLEMA 2.

Los microorganismos emplean reacciones redox para obtener energía y para poder crecer. Para crecer, los microorganismos generan ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, carbohidratos y grasas, y con ellos nuevas células, por lo que el propio crecimiento del organismo ha de considerarse como parte de la reacción química.

Para generar energía y todos los compuestos relacionados con el crecimiento, los microorganismos necesitan nutrientes (materias primas), lo que incluye ciertos minerales (fosfatos, nitratos, etc.). Los microorganismos son relativamente específicos al tipo de nutrientes disponible, y muchas veces actúan en simbiosis con otras cepas.

Ciertos microorganismos, tales como la bacteria anaeróbica *Syntrophus aciditrophicus* son capaces de alimentarse de benzoatos (materia orgánica), que transforman en nuevos componentes celulares (crecimiento celular) a través de la reducción de sales inorgánicas (nitratos, por ejemplo) según la siguiente reacción ajustada:



donde $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ representa la fórmula empírica de una célula que muestra, por ejemplo, que su contenido de nitrógeno representa alrededor de un 12% de su peso total.

Se quiere utilizar una colonia de *Syntrophus aciditrophicus* para estudios de biorremediación de suelos en un sistema aislado con un volumen de 5 L, a 30°C. Para ello, se prepara un suelo ácido artificial que contiene un 2% en peso de benzoato de sodio, un 5% en peso de nitrato de sodio y un 5% en peso de nitrato de potasio, observándose la desaparición total del benzoato en el medio tras un periodo de incubación de una semana.

- Indique el peso del suelo artificial que se ha preparado al observarse un aumento de la presión del sistema de 0,1 atm (considere que los gases se comportan idealmente) (3 puntos).
- Describa el aumento de población observado en dicha colonia, si se ha estimado que el peso de una célula es de aproximadamente 27 pg ($27 \cdot 10^{-12}$ g) (3 puntos).
- Indique la cantidad de agua necesaria para disolver el benzoato de sodio inicial si la concentración de una disolución saturada de benzoato de sodio es de 0,5 g/mL. ¿Cuál será la molalidad de dicha disolución? (La densidad de una disolución saturada de benzoato de sodio es de 1,17 g/mL) (3 puntos).
- Justifique las aproximaciones realizadas para la resolución del problema (1 punto).