

XXV Comunidad de Madrid
27 al 29 de abril 2012

OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA



EXAMEN DE CUESTIONES

CÓDIGO DEL ALUMNO:

Identificación del Alumno:

Apellidos: _____

Nombre: _____

NIF: _____

Nombre del Centro Educativo: _____

Localidad: _____

Distrito Universitario: _____

Comunidad Autónoma: _____

Nota: No olvide transcribir el código de alumno a las hojas del examen.

Examen de Cuestiones

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Sólo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

Cada respuesta correcta se valorará con 1 punto y las incorrectas restarán 0,20.

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

1 1A 1 H 1.008	2 2A 3 Li 6.941	4 4A 4 Be 9.012											13 3A 5 B 10.81	14 4A 6 C 12.01	15 5A 7 N 14.01	16 6A 8 O 16.00	17 7A 9 F 19.00	18 8A 10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B	10 8B	11 1B	12 2B	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 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 91.22	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 (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Uub (277)	113 (Uut)	114 (Uuq)	115 (Uup)	116 (Uuh)	117 (Uus)	118 (Uuo)	

Datos: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $R = 0,0821 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$;
 $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$

1. Se mezclan 10,0 mL de una disolución de NaNO_3 0,50 M con 15,0 mL de otra disolución de NaCl 0,10 M y se diluye hasta 50,0 mL. La concentración molar de iones Na^+ es

- 0,30 M
- $0,13 \times 10^{-3}$
- 6,5 M
- $6,5 \times 10^{-3}$ M
- 0,13 M

2. En la etiqueta de una botella de laboratorio figuran los siguientes datos: ácido clorhídrico ($36,5 \text{ g mol}^{-1}$), densidad $1,19 \text{ g/cm}^3$ y 38% (p/p) de riqueza. La concentración molar de la disolución de la botella será:

- $8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $16 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

3. El porcentaje en masa de oxígeno en $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, es:

- 9,60
- 28,8
- 43,2
- 72,0
- 144

4. La combustión completa de isooctano se produce según la siguiente reacción (sin ajustar): $C_8H_{18} + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2$
¿Qué volumen de CO_2 medido a $60\text{ }^\circ\text{C}$ y 750 mm Hg se produce por la combustión de 100 g de este hidrocarburo?

- A. 0,256 L
- B. 194 L
- C. 35,0 L
- D. 39,9 L
- E. 219 L

5. ¿Cuál es la configuración electrónica del estado fundamental del Cu?

- A. $[Ar]3d^84s^1$
- B. $[Ar]3d^94s^2$
- C. $[Ar]3d^{10}4s^1$
- D. $[Kr]3d^94s^2$
- E. $[Ne]3d^94s^2$

6. De los siguientes cationes, el que presenta mayor valor de su momento magnético (paramagnetismo) es:

- A. Ca^{2+}
- B. Sc^{3+}
- C. Mn^{3+}
- D. Fe^{3+}
- E. Cu^{2+}

7.Cuál de las siguientes parejas de átomos tiene el mismo número de neutrones en los dos núcleos:

- A. ^{56}Co y ^{58}Co
- B. ^{57}Mn y ^{57}Fe
- C. ^{57}Fe y ^{58}Ni
- D. ^{57}Co y ^{58}Ni
- E. ^{57}Mn y ^{58}Ni

8. ¿Cuál o cuáles de los siguientes elementos son líquidos a $25\text{ }^\circ\text{C}$ y 1 atm ?

- A. Flúor y bromo
- B. Cloro
- C. Bromo
- D. Yodo
- E. Bromo y Yodo.

9. La densidad relativa de un óxido de nitrógeno respecto al oxígeno es 1,375. Este gas es

- A. N_2O_5
- B. NO
- C. N_2O
- D. N_2O_4
- E. NO_2

10. Cuando se irradia dioxígeno con luz ultravioleta, se convierte parcialmente en ozono: $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$

Una contenedor con dioxígeno a $20\text{ }^\circ\text{C}$ y 800 mm Hg de presión, se irradia durante un cierto tiempo y la presión desciende a 700 mm Hg , medida a la misma temperatura. El porcentaje de dioxígeno que se convierte en ozono es

- A. 66,6 %
- B. 33,4 %
- C. 62,5 %
- D. 2,14 %
- E. 37,5 %

11. El orden de polaridad creciente de los siguientes enlaces Cl–H, S–H, P–H, Si–H es:

- A. Cl–H < S–H < P–H < Si–H
- B. Si–H < Cl–H < S–H < P–H
- C. Cl–H < P–H < S–H < Si–H
- D. S–H < Si–H < Cl–H, < P–H
- E. Si–H < P–H < S–H < Cl–H

12. La molécula de amoníaco puede formar un enlace covalente coordinado con la siguiente especie química:

- A. K^+
- B. F^-
- C. BF_3
- D. H_2O
- E. Cl^-

13. De los siguientes grupos de moléculas, indique en cuál de ellos, todas sus moléculas tienen un doble enlace:

- A. H_2O_2 ; C_2H_2
- B. P_2 ; SCl_2 ; S_2Cl_2
- C. H_2CO ; CH_3OH ; HCOOH
- D. HCHO ; HCOOH
- E. SCl_2 ; S_2Cl_2

14. Una de las siguientes especies no es isoelectrónica con el anión nitrato (trioxidonitrato(1-)):

- A. CO_3^{2-}
- B. HCO_3^-
- C. NF_3
- D. SO_2
- E. BO_3^{3-}

15. La geometría molecular del ion PCl_4^+ es:

- A. cúbica
- B. octaédrica
- C. cuadrada
- D. bipiramidaltrigonal
- E. tetraédrica

16. La especie con mayor orden de enlace entre el átomo central y el oxígeno es:

- A. NO_3^-
- B. CO
- C. SO_3^{2-}
- D. PO_4^{3-}
- E. NO

17. Los hidruros iónicos reaccionan con agua y los productos son:

- A. disolución ácida y dihidrógeno gas.
- B. disolución ácida y dióxígeno gas.
- C. disolución básica y dihidrógeno gas.
- D. disolución neutra y dióxígeno gas.
- E. dióxígeno y dihidrógeno.

18. La velocidad molecular media de dos gases, O_2 y CH_4 , a 25°C y 800 mm Hg de presión, están relacionadas de acuerdo con

- A. $v(\text{O}_2) = v(\text{CH}_4)$
- B. $v(\text{O}_2) = 2 \times v(\text{CH}_4)$
- C. $v(\text{O}_2) = 1/2 v(\text{CH}_4)$
- D. $v(\text{O}_2) = 4 \times v(\text{CH}_4)$
- E. $v(\text{O}_2) = 1/4 \times v(\text{CH}_4)$

19. Las velocidades de efusión de $^{235}\text{UF}_6$ y $^{238}\text{UF}_6$ se encuentran en la siguiente relación (M indica la masa molar):

- A. $M(^{235}\text{UF}_6) / M(^{238}\text{UF}_6)$
- B. $[M(^{235}\text{UF}_6) / M(^{238}\text{UF}_6)]^{1/2}$
- C. $[M(^{238}\text{UF}_6) / M(^{235}\text{UF}_6)]^{1/2}$
- D. $[M(^{235}\text{UF}_6) \times M(^{238}\text{UF}_6)]^{1/2}$
- E. 238/235

20. Comparando los siguientes sólidos: yodo, cromo, bromuro de cesio, carburo de silicio, antraceno, los que conducen la electricidad en estado sólido y en disolución acuosa, respectivamente son:

- A. bromuro de cesio y carburo de silicio
- B. cromo y yodo
- C. carburo de silicio y cromo
- D. cromo y bromuro de cesio
- E. carburo de silicio y antraceno

21. Se tienen disoluciones de igual molalidad de las siguientes sales; la disolución cuyo punto de congelación es más bajo es:

- A. NaBr
- B. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
- C. $\text{K}(\text{CH}_3\text{COO})$
- D. LiNO_3
- E. CaCl_2

22. ¿Cuáles de los siguientes productos químicos contribuyen en mayor medida a la “lluvia ácida”?

- A. Residuos de uranio radiactivos
- B. Ozono en la superficie terrestre
- C. Cloro para desinfección de aguas
- D. Fosfatos en detergentes
- E. Óxidos de nitrógeno

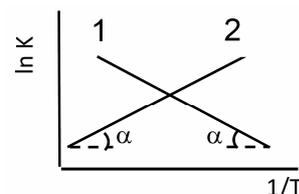
23. Para el sistema en equilibrio $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H^\circ = 178,4 \text{ kJ mol}^{-1}$

La formación de CO_2 se favorece mediante las siguientes alteraciones del equilibrio:

- A. Adición de $\text{CaCO}_3(\text{s})$ a volumen constante.
- B. Eliminación de $\text{CaO}(\text{s})$ a volumen constante
- C. Aumento de la temperatura a presión constante.
- D. Disminución de la temperatura a presión constante.
- E. Aumento de la presión a temperatura constante.

24. En el siguiente gráfico se representa el logaritmo neperiano de la constante de equilibrio de dos reacciones químicas (1 y 2) frente a $1/T$. ¿Qué se puede deducir respecto a los valores de ΔH° de las reacciones correspondientes?

- A. Esta gráfica no proporciona información sobre las entalpías de reacción.
- B. ΔH° de 1 es menor que ΔH de 2 (en valor absoluto).
- C. ΔH° de 1 es mayor que ΔH de 2 (en valor absoluto).
- D. ΔH° de 1 es positiva y ΔH de 2 negativa.
- E. ΔH° de 1 es negativa y ΔH de 2 positiva.



25. De las siguientes reacciones químicas:
- (a) $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$
 - (b) $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - (c) $\text{HCl}(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$
 - (d) $\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 3/2\text{O}_2(\text{g}) + \text{KCl}(\text{s})$

La variación de entropía es más positiva y más negativa, respectivamente para:

- A. (a) y (d)
- B. (a) y (b)
- C. (d) y (c)
- D. (b) y (d)
- E. No se puede conocer sin datos termodinámicos de las reacciones

26. Uno de los pasos en la síntesis del ácido sulfúrico es la oxidación del dióxido de azufre: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$

Si la reacción ocurre a temperatura y presión constantes:

- A. El sistema realiza un trabajo sobre el entorno.
- B. El sistema no realiza trabajo
- C. Se realiza un trabajo sobre el sistema
- D. El sistema solo realiza trabajo si absorbe calor
- E. El sistema solo realiza trabajo si la reacción es exotérmica

27. Una celda voltaica está formada por un electrodo de hidrógeno y otro de Ag en condiciones estándar. Los valores de ΔG° y de la constante de equilibrio K de la reacción redox correspondiente se caracterizan por: $[E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}]$

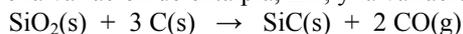
- | | ΔG° | K |
|----|------------------|-------|
| A. | < 0 | > 1 |
| B. | > 0 | > 1 |
| C. | > 0 | < 1 |
| D. | < 0 | < 1 |
| E. | $= 0$ | $= 0$ |

28. Para la reacción de descomposición del 2-propanol: $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}(\text{g}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

$K_p = 0,444$ a 452 K , ¿cuál es el valor de ΔG°

- A. 0
- B. $3,05 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$
- C. $3,05 \text{ J mol}^{-1}$
- D. $1,32 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$
- E. $1,32 \text{ J mol}^{-1}$

29. Indique cuál es la relación existente entre la variación de entalpía, ΔH , y la variación de energía interna, ΔU , de la reacción:



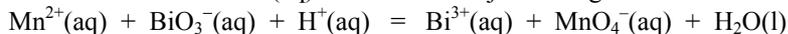
- A. Son iguales
- B. $\Delta H = \Delta U - RT$
- C. $\Delta H = \Delta U - 2RT$
- D. $\Delta H = \Delta U + RT$
- E. $\Delta H = \Delta U + 2RT$

30. Un gas se calienta a volumen constante. Señale la afirmación correcta para este proceso:
- La variación de entalpía del proceso es igual al calor absorbido por el gas
 - La variación de energía interna es igual al trabajo realizado en el proceso
 - La energía interna aumenta
 - El gas realiza un trabajo a costa del calor que absorbe
 - La temperatura del proceso permanece constante
31. ¿Cuál de las siguientes condiciones corresponde siempre a un proceso espontáneo?
- $\Delta H > 0$; $\Delta S > 0$
 - $\Delta H > 0$; $\Delta S < 0$
 - $\Delta H = 0$; $\Delta S = 0$
 - $\Delta H < 0$; $\Delta S > 0$
 - $\Delta H < 0$; $\Delta S < 0$
32. La energía interna de un sistema aumenta en 500 J cuando absorbe 700 J en forma de calor:
- El sistema no realiza trabajo
 - El sistema realiza 200 J de trabajo
 - Se realiza 200 J de trabajo sobre el sistema
 - El sistema realiza 1200 J de trabajo
 - Se realiza 1200 J de trabajo sobre el sistema
33. La expresión de la ecuación cinética para la reacción: $A + B_2 \rightarrow \text{Productos}$, viene dada por $v = k [A]^2 [B_2]$. Si durante una reacción las concentraciones de A y de B_2 disminuyen a la mitad, la velocidad de la reacción:
- Aumenta un factor de 4
 - Disminuye un factor de 4
 - Aumenta un factor de 8
 - Disminuye un factor de 8
 - Disminuye un factor de 16
- 34.- Si la constante de velocidad de una reacción se triplica cuando se aumenta la temperatura de la reacción de 25°C hasta 35°C, ¿cuál será el valor de la energía de activación para esta reacción?:
- 799 J.mol⁻¹
 - 83,8 J.mol⁻¹
 - 83,8 kJ.mol⁻¹
 - 8,35 kJ.mol⁻¹
 - 20,0 kJ.mol⁻¹
35. ¿Cuál de los siguientes sulfuros precipitados tiene mayor concentración de catión en disolución acuosa como consecuencia del equilibrio de solubilidad?
- Ag₂S(s) $K_{sp} = 8 \cdot 10^{-51}$
 - CdS(s) $K_{sp} = 1 \cdot 10^{-27}$
 - CoS(s) $K_{sp} = 3 \cdot 10^{-26}$
 - Tl₂S(s) $K_{sp} = 6 \cdot 10^{-22}$
 - HgS(s) $K_{sp} = 5 \cdot 10^{-54}$
36. El ácido más adecuado para la obtención de bromuro de hidrógeno a partir de NaBr mediante una reacción de desplazamiento ácido-base es
- H₂SO₄
 - HCl
 - HF
 - HNO₃
 - H₃PO₄
37. Indique el orden correcto de pH creciente para las disoluciones 0,1 M de los siguientes compuestos químicos:
- HCl < ZnCl₂ < KCl < KF < KOH
 - KCl < KF < ZnCl₂ < KOH < HCl
 - KF < KCl < ZnCl₂ < HCl < KOH
 - ZnCl₂ < KCl < HCl < KF < KOH
 - ZnCl₂ < KOH < HCl < KCl < KF

38. Indique cuál de los siguientes pares de compuestos es adecuado para preparar una disolución reguladora.

- A. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- B. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH}$
- C. $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$
- D. $\text{HNO}_3 + \text{NaNO}_3$
- E. $\text{NaCl} + \text{NaCOOH}$

39. El coeficiente de los iones $\text{H}^+(\text{aq})$ en la reacción ajustada siguiente es el indicado:



- A. 3
- B. 14
- C. 7
- D. 4
- E. 11

40. Calcule el potencial de la siguiente celda voltaica: $\text{Al}(\text{s})/\text{Al}^{3+}(0,18 \text{ M})/\text{Fe}^{2+}(0,85 \text{ M})/\text{Fe}(\text{s})$

$$E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,676 \text{ V}; E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,440 \text{ V}$$

- A. $-1,25 \text{ V}$
- B. $1,25 \text{ V}$
- C. $2,12 \text{ V}$
- D. $-1,24 \text{ V}$
- E. $1,24 \text{ V}$

41. Dados los siguientes potenciales de reducción estándar: $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,771 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,440 \text{ V}$

El potencial de reducción estándar para la reacción $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$ es

- A. $-0,0363 \text{ V}$
- B. $0,0363 \text{ V}$
- C. $-0,331 \text{ V}$
- D. $0,331 \text{ V}$
- E. $-0,110 \text{ V}$

42. ¿Cuál de las siguientes especies será oxidada por $\text{HCl } 1\text{M}$?

$$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,080 \text{ V}; E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,356 \text{ V}; E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,340 \text{ V}; E^\circ(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = +1,358 \text{ V}; E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,137 \text{ V}$$

- A. Ag
- B. Mg
- C. Cu
- D. Cl^-
- E. Sn^{2+}

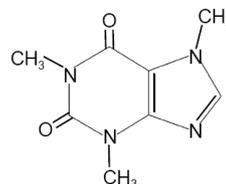
43. Una de las siguientes afirmaciones, referidas a la electrólisis del cloruro de sodio en medio acuoso, es FALSA:

- A. Se obtiene sodio metal en el cátodo.
- B. Se obtiene H_2 procedente del agua y la disolución queda alcalina.
- C. Se forma la misma cantidad (en moles) de cloro que de hidrógeno.
- D. El proceso no está favorecido termodinámicamente.
- E. El proceso consume mucha energía eléctrica.

44. La molécula de cafeína tiene la siguiente fórmula estructural:

Su fórmula empírica es

- A. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}_2$
- B. $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}_2$
- C. $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$
- D. $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{N}_4\text{O}_2$
- E. $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}_2$



45. La oxidación suave del 2-propanol, $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$, produce

- A. CH_3COCH_3
- B. $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
- C. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
- D. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
- E. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

HOJA DE RESPUESTAS

Marque con una cruz (X) la casilla correspondiente a la respuesta correcta

Nº	A	B	C	D	E
1					X
2			X		
3				X	
4		X			
5			X		
6				X	
7				X	
8			X		
9			X		
10					X
11					X
12			X		
13				X	
14			X		
15					X

Nº	A	B	C	D	E
16		X			
17			X		
18			X		
19			X		
20				X	
21		X			
22					X
23			X		
24				X	
25			X		
26			X		
27	X				
28		X			
29					X
30			X		

Nº	A	B	C	D	E
31				X	
32		X			
33				X	
34			X		
35				X	
36					X
37	X				
38			X		
39		X			
40		X			
41	X				
42		X			
43	X				
44			X		
45	X				

XXV Comunidad de Madrid
27 al 29 de abril 2012

OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA



EXAMEN DE PROBLEMAS

INSTRUCCIONES

1. Se presentan cuatro problemas para resolver en un tiempo máximo de **3 horas**.
2. Escribir el **código de alumno** en cada una de las hojas de los problemas. No deben existir ningún tipo de señal que identifique al alumno en las hojas de los problemas, con el fin de garantizar el anonimato.
3. Los apartados de los problemas deben resolverse en el espacio asignado.
4. Las soluciones deben escribirse en su recuadro correspondiente.
5. Tienen folios en blanco que pueden usarse para realizar operaciones y que **NO** deben entregarse al finalizar el examen.
6. No se permiten calculadoras programables ni Sistemas Periódicos.
7. Pueden usarse bolígrafos de tinta azul o negra.
8. **NO SE PERMITE LA ENTRADA AL EXAMEN CON TELÉFONO MÓVIL U OTRO DISPOSITIVO ELECTRÓNICO.**
9. Cada problema puntúa un máximo de diez puntos.
10. Suerte y a por los problemas.

XXV Comunidad de Madrid
27 al 29 de abril 2012

OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA



EXAMEN DE PROBLEMAS

CÓDIGO DEL ALUMNO:

Identificación del Alumno:

Apellidos: _____

Nombre: _____

NIF: _____

Nombre del Centro Educativo: _____

Localidad: _____

Distrito Universitario: _____

Comunidad Autónoma: _____

Nota: No olvide transcribir el código de alumno a las hojas del examen.

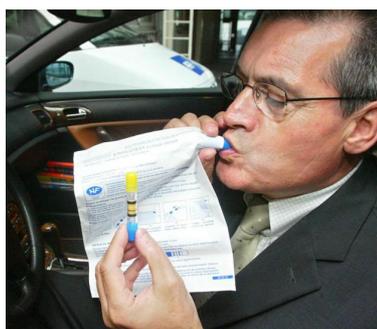
PROBLEMA n° 1: Aplicaciones del Cromo y del anión dicromato (2–).

Parte A. Control de alcoholemia (5 puntos)

El etanol ingerido con las bebidas alcohólicas pasa a la sangre desde el estómago e intestino. La sangre se oxigena en los pulmones liberando dióxido de carbono y el etanol consumido con las bebidas y que se emiten en la espiración. La concentración de etanol en la sangre es unas 2000 veces más alta que en el aire espirado.

La detección de alcohol consiste en la reacción del etanol con dicromato de potasio [heptaoxidodicromato(VI) de dipotasio] en medio ácido, formándose ácido etanoico (acético), incoloro, e iones Cr^{3+} , de color verde. El aparato medidor (alcoholímetro) del etanol espirado por una persona consta de un globo de 1 L de volumen donde se produce la reacción anterior. La medida del alcohol espirado al soplar en el globo se basa en comparar la intensidad de la coloración debida a los iones Cr^{3+} producidos en la reacción anterior frente a una disolución patrón, que se registra en un valor numérico referido a *gramos de alcohol por litro de sangre (g/L)*.

Datos de masas molares (g mol^{-1})	H = 1	C = 12	O = 16	K = 39	Cr = 60
--	-------	--------	--------	--------	---------



A.1 Escriba la reacción ajustada entre los aniones dicromato, en medio ácido, y el etanol: (1 punto):

A.2 Determine, a partir de los cambios de estados de oxidación, cuál es el agente oxidante y cuál el reductor: (1 punto)

Solución:

Agente Oxidante:

Agente Reductor:

A.3 Indique el nombre y polaridad del electrodo (ánodo o cátodo) en el que se produce la oxidación y la reducción en una celda voltaica: (1 punto)

Solución Oxidación:

Solución Reducción:

A.4 Calcule la cantidad (en mol) de etanol espirado por litro de aire cuando el alcoholímetro señale una lectura de 0,5 g/L. (1 punto)

Solución:

A.5 Calcule qué masa (en mg) de dicromato de potasio reacciona cuando la lectura del alcoholímetro es 0,5 g/L de sangre. (1 punto)

Solución:

Parte B. Cromado de metales (5 puntos)

El recubrimiento electrolítico con cromo se usa para proteger las superficies metálicas de la corrosión, mejorar su resistencia, reducir su coeficiente de rozamiento e incluso se usa con fines ornamentales. El llamado *chromo duro* es un depósito electrolítico de espesor igual o mayor de 0,1 mm. El producto de partida se obtiene disolviendo trióxido de cromo en agua, en una concentración de 300 g/L, al que se añaden unos 2 g/L de ácido sulfúrico. Deben adoptarse normas de seguridad estrictas en este proceso porque el cromo hexavalente es extremadamente tóxico.



B.1 Si se parte de un litro de la disolución anterior y admitiendo que la especie predominante es el anión dicromato [2 $\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2 \text{H}^+$], calcule la concentración (en mol L^{-1}) de la disolución de anión dicromato obtenido. (1 punto)

Solución:

B.2 Para realizar el depósito de cromo sobre una placa metálica, ésta se utiliza como uno de los electrodos y el otro electrodo es de grafito o plomo; indique el nombre de cada electrodo y su signo, y el proceso que se produce en cada uno (oxidación o reducción). (1 punto)

Solución:

Oxidación:

Reducción:

B.3 Calcule la cantidad de electricidad (en C) necesaria para depositar sobre la placa metálica 10 g de cromo metal. (1 punto)

Datos: $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$.

Solución:

B.4 Si el rendimiento (eficacia) real del proceso es del 60%, determine el tiempo necesario para depositar esos 10 g de cromo sobre la placa metálica al pasar una corriente de 50 A. (1 punto)

Solución:

B.5 Calcule el espesor (en mm) del depósito de cromo sobre las caras de una placa metálica cuadrada de 7,5 cm de lado (el espesor de la placa es despreciable); ¿se ha obtenido cromo duro? (1 punto)

Datos: densidad (Cr) = $7,2 \text{ g cm}^{-3}$.

Solución:

Solución:

PROBLEMA nº 2: Análisis del agua de un acuario.

La calidad del agua de un acuario para mantener con vida a los peces se puede observar analizando la concentración de iones cloruro. Para ello se realiza una valoración con nitrato de plata en presencia de cromato de potasio que permite detectar el punto final por medio de un cambio de color. La concentración de iones cloruro necesaria para mantener con vida los peces de un acuario es de 8 ppm (1 ppm = 1 mg L⁻¹).

Se realiza el análisis de los iones cloruro del agua de un acuario, tomando una muestra de agua de 50 mL, a la que se añaden unas gotas de disolución de cromato de potasio y se valora con nitrato de plata de concentración 1,64·10⁻³ mol·L⁻¹. Cuando se han añadido 16,16 mL de la disolución de nitrato de plata aparece un color rojo-naranja.



Datos:

Masa Molares, g mol ⁻¹	
Ácido láctico = 90	Lactato sódico = 112
Ácido acético = 60	Acetato sódico = 82
Dihidrógenofosfato sódico = 119,98	Hidrógenofosfato disódico = 141,96
Cloruro amónico = 53,5	Amoniaco = 17,03
Masa molar (Cl) = 35,5	
Productos de Solubilidad:	Cromato de plata: $K_{ps}=1,00\cdot 10^{-12}$ Cloruro de plata: $K_{ps}=1,78\cdot 10^{-10}$

2.1 Escribe las dos reacciones ajustadas de precipitación que tienen lugar al realizar el análisis de los iones cloruro, una con la especie valorante y otra con la responsable del cambio de color en el punto final de la valoración. Indique el orden en que se producen las reacciones: (1 punto)

Solución:

1ª)

2ª)

2.2 ¿Cuál es la concentración molar de iones cloruro en la muestra? (1 punto)

Solución:

2.3 ¿La muestra de agua contiene suficiente cantidad de iones cloruro para mantener vivos los peces del acuario? (1 punto)

Solución:

2.4 Si la concentración de cromato de potasio en el punto final de la valoración realizada es de $0,020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Calcule la concentración de iones cloruro en la disolución cuando se forma el precipitado rojo-naranja. (2 puntos)

Solución:

2.5 Para que esta valoración funcione correctamente, la disolución que se quiere valorar debe ser neutra o ligeramente básica, para ello se utiliza una disolución reguladora que fije el pH deseado. Seleccione de la lista de disoluciones reguladoras contenidas en la tabla siguiente, aquella que haga posible mantener el pH de la disolución a un valor de 7,2. Escriba los cálculos que permiten justificar esa elección. (1 punto)

TABLA: Disoluciones reguladoras

DISOLUCIÓN	K_a
Ácido láctico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ / Lactato sódico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$1,4\cdot 10^{-4}$
Ácido acético $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ / Acetato sódico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$1,8\cdot 10^{-5}$
Dihidrógenofosfato sódico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ / Hidrógenofosfato disódico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$6,2\cdot 10^{-8}$
Cloruro amónico $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ / Amoniaco $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$5,6\cdot 10^{-10}$

Solución:

2.6 Utilizando la disolución reguladora elegida, calcule la masa en gramos, de ácido débil y de base conjugada que se necesitan disolver en agua destilada para preparar 500 mL de una disolución de pH=7,2. (1 punto)

Solución (ácido débil):

Solución (base conjugada):

2.7 Para determinar la concentración de iones cloruro en otra muestra de agua, se utiliza el método de Volhard. Este método consiste en añadir un exceso de nitrato de plata a la muestra y el exceso de ión Ag^+ se valora con una disolución patrón de KSCN (tiocianato de potasio). El punto final se detecta por la formación del ión FeSCN^{2+} de color rojo-parduzco. Si se añaden 50 mL de nitrato de plata $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a la muestra de agua y el exceso requiere 27,46 mL de KSCN $1,41 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para su valoración, calcule la concentración de iones cloruro en la muestra de agua. (3 puntos)

Solución:

PROBLEMA n° 3: Estudio del equilibrio del fosgeno.

El gas fosgeno (COCl_2) es un importante componente químico industrial utilizado para hacer plásticos, tinturas, fármacos y pesticidas. En bajas concentraciones tiene un olor agradable como a heno recién cortado o maíz verde. Sin embargo, a altas concentraciones y temperatura ambiente es un gas venenoso. El fosgeno fue utilizado ampliamente durante la Primera Guerra Mundial como un agente asfixiante. La reacción de disociación del fosgeno abajo indicada tiene un valor de la constante de equilibrio $K_p = 22,0$ a 298 K. La reacción se inicia cuando se añade COCl_2 a un recipiente y posteriormente se alcanza el equilibrio. La presión total en equilibrio es 6,90 atm.

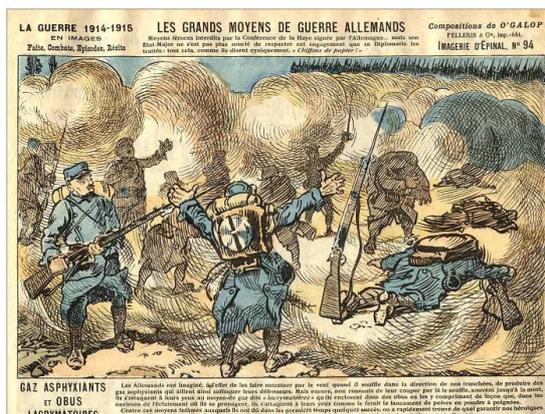


Tabla 1.	$\text{COCl}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
$S_f^0 (298 \text{ K}) / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	283,5	197,7	223,1

Datos	$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		
Masas Molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	C = 12	O = 16	Cl = 35,5

3.1 Calcule las presiones parciales de COCl_2 y CO en equilibrio. (2 puntos)

Solución:

Solución:

3.2 Calcule la fracción molar de Cl_2 en equilibrio. (1 punto)

Solución:

3.3 Calcule el grado de disociación del COCl_2 . (1 punto)

Solución:

3.4 Calcule el valor de la variación de la entalpía estándar para la reacción a 298 K. (2 punto)

Solución:

3.5 Sin usar los datos en la Tabla 1, ¿podría predecir el signo de la variación de entropía estándar de la reacción? (1 punto)

Solución:

**3.6 Si se aumenta la temperatura del sistema, ¿hacia dónde se desplazaría el equilibrio?
(1 punto)**

Solución:

3.7 En un recipiente de 1 L se introducen 2,0 g de $\text{COCl}_2(\text{g})$, 2,9 g de $\text{Cl}_2(\text{g})$ y 5,6 g de $\text{CO}(\text{g})$ a 298 K, ¿qué conclusión se puede extraer acerca de la dirección de la reacción bajo estas condiciones? (2 puntos)

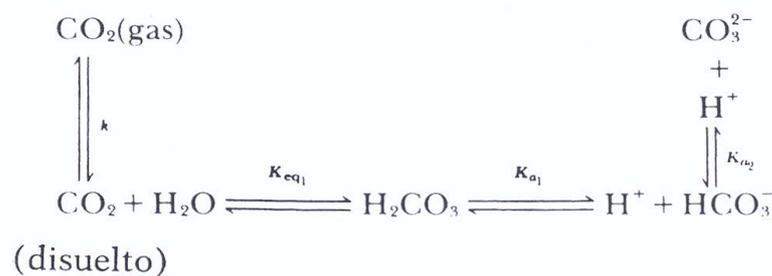
Solución:

PROBLEMA nº 4: Regulación del pH en la sangre.

La sangre es el fluido que transporta los gases de la respiración, los nutrientes y los productos de deshecho entre los diversos órganos y tejidos. El pH de la sangre se mantiene alrededor de 7,4 con una fluctuación mínima de tan sólo una décima de pH. Las alteraciones de la concentración de H^+ se atenúan gracias a los sistemas de amortiguación o regulación del organismo, que son de suma importancia para los seres vivos. Uno de los principales amortiguadores fisiológicos, junto con el fosfato, las proteínas o la hemoglobina es el sistema HCO_3^-/CO_2 . Como la producción diaria de ión hidrógeno (H^+) en el organismo humano es enorme (entre 10000 y 15000 mmoles), los pulmones y los riñones participan también de manera fundamental en la regulación del equilibrio ácido-base.

La gran mayoría de esta producción de H^+ procede de la disociación del ácido carbónico resultante del dióxido de carbono del metabolismo celular y del agua.

Los equilibrios presentes en el plasma sanguíneo se resumen en el esquema siguiente



El CO_2 gaseoso se encuentra en equilibrio con el CO_2 disuelto en agua o en el plasma sanguíneo, y su comportamiento se rige por la ley de Henry ($k = 2,26 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$)

El CO_2 de la sangre se combina con los fluidos acuosos del organismo para formar H_2CO_3 , el cuál esta a su vez ionizado en HCO_3^- y H^+ . Además, el plasma sanguíneo contiene una concentración total de carbonato (suma de $[HCO_3^-]$ y de $[CO_3^{2-}]$) de $2,52 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$.

DATOS: $pK_{a1} (H_2CO_3 / HCO_3^-) = 6,1$



1. Calcule la concentración en mol L⁻¹ de dióxido de carbono disuelto, si la presión parcial del CO₂ es de 5,332 kPa. (1 punto)

Solución:

2. ¿Cuál es la relación entre las concentraciones de ión hidrógenocarbonato y de dióxido de carbono ($[\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2]$) en un sistema amortiguado o regulado a un pH = 7,4 como el de la sangre? (1 punto)

Solución:

3. Calcule la concentración en mol L⁻¹ de cada componente, HCO₃⁻ y CO₂, del sistema amortiguado o regulado, como el de la sangre, a un pH = 7,4. (1 punto)

Solución:

Solución:

4. Calcule el pH del sistema anterior, si se añade una concentración de H⁺ de 10⁻² mol L⁻¹, en unas condiciones en las que el dióxido de carbono generado al restablecerse el equilibrio no se libere en forma de gas. (2 puntos)
(nota: si no ha conseguido calcular la concentración de CO₂ en el apartado anterior, puede usar como dato el resultado del apartado 1)

Solución:

5. Calcule el pH del sistema inicial, si se añade una concentración de H^+ de $10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, en unas condiciones en las que el dióxido de carbono generado al restablecerse el equilibrio se pudiera liberar en forma de gas (debido al proceso de espiración), manteniéndose constante la concentración de $[CO_2]$ del sistema inicial. (2 puntos)

(nota: si no ha conseguido calcular la concentración de CO_2 en el apartado 3, puede usar como dato el resultado del apartado 1)

Solución:

6. En el metabolismo, las personas generan dióxido de carbono que favorece el aumento de la concentración de ión H^+ en la sangre. Indique como contribuye el sistema amortiguador HCO_3^-/CO_2 , para mantener el pH de la sangre a un valor de 7,4 y conseguir que la concentración de CO_2 se mantenga constante. (2 puntos)

Solución:

7. La presión parcial de dióxido de carbono aumenta cuando una persona realiza ejercicio físico. Calcule la concentración en mol L⁻¹ de dióxido de carbono disuelto en sangre si la presión parcial del CO₂ se cuadruplica durante el ejercicio físico, e indique cómo actúa el organismo para reducir la concentración de dióxido de carbono y evitar la fatiga. (1 punto)

Solución: