EQUILIBRIOS QUÍMICOS - PROBLEMAS PROPUESTOS

PROBLEMAS DE EQUILIBRIOS PARA RESOLVER

- El tricloruro de fósforo reacciona con el gas cloro para formar pentacloruro de fósforo, siendo la constante de equilibrio para el proceso: 2,2 cuando las concentraciones están expresadas en mol/l. En un recipiente de 1 litro se han puesto 0,1 mol de tricloruro de fósforo y luego se ha introducido cloro hasta que su concentración de equilibrio es de 0,3 mol/l. - ¿Cuanto tricloruro se convierte en pentacloruro? ¿Cuánto se convertiría si se incrementara la concentración de cloro hasta 1,5 mol/l?
(Res: a) Se convierten 0,0397 moles de tricloruro; b) Se convierten 0,0767 moles)
- El fosgeno: Cl_2CO se descompone a elevada temperatura dando CO y Cl_2 . En una experiencia se inyectan 0,631 g de fosgeno en un recipiente de 472 cm^3 a 1000°K. Cuando se ha establecido el equilibrio la presión total del recipiente es 2,175 atm. - Calcular las tres constantes de equilibrio y el grado de disociación para el proceso:
 $\text{Cl}_2\text{CO (g)} \rightleftharpoons \text{Cl}_{2(g)} + \text{CO (g)}$ (Res.: $\alpha = 0,965$; $K_c = 0,364 \text{ mol/l}$; $K_p = 29,80 \text{ atm}$; $K_x = 13,73$)
- 12 g de yodo sólido de densidad 4,66 Kg/l se colocan en un matraz de 1 l que se llena entonces de Hidrógeno en C.N. y se cierra. Lo calentamos a 490°C con lo que se vaporiza el yodo y reacciona con el Hidrógeno, según el proceso:
 $\frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{HI}$ cuya constante de equilibrio es $K_c = 45,45$. - Calcular la composición en el equilibrio.-
(Res.: $[\text{HI}] = 0,0854$; $[\text{H}_2] = 0,0019$; $[\text{I}_2] = 0,0045 \text{ mol/l}$)
- Se introducen 3,30 g. de BrNO en un recipiente de 1 l. de capacidad, Inicialmente vacío, a una temperatura de 52°C. ¿Cual sería la presión del gas si no estuviera descompuesto? . Experimentalmente se midió una presión, de 0,94 atm debida al proceso de descomposición del BrNO :
 $2 \text{BrNO} \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2 \text{NO}$ Calcular la concentración de cada una de las especies en el equilibrio y el valor de la K_p a 52°C.
(Res: a) 0,799 atm; b) $[\text{BrNO}] = 0,02$; $[\text{Br}_2] = 0,005$; $[\text{NO}] = 0,01 \text{ mol/l}$; $K_p = 0,033 \text{ atm}$)
- (*) Tenemos un recipiente de 10 l a 1000°K que contiene solamente SO_2 , O_2 y SO_3 en equilibrio según el proceso:
 $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$ donde el valor de la constante K_p es 3,18, siendo sus presiones parciales respectivamente 1,62, 1 y 2,88 atm - Manteniendo constante la temperatura se comprime el recipiente hasta 7,6 l, ¿Cual es el valor de K_p ? ¿Cuales serán las presiones parciales de las tres especies cuando se vuelva a alcanzar el equilibrio?
(Res.: $[\text{O}_2] = 1,55 \cdot 10^4 \text{ mol/l}$)
- Un matraz de 1 litro de capacidad se llena en condiciones normales de yoduro de hidrógeno, se cierra y se calienta a 400°C. Determinar la composición de la mezcla en equilibrio si la constante K_p para el proceso $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ es igual a 59,4 a dicha temperatura. (Res. 0,03545 moles HI ; 0,00460 moles H_2 ; 0,00460 moles I_2)
- Determinar en el problema anterior el tanto por ciento de yoduro de hidrógeno disociado y la presión de la mezcla gaseosa resultante. ¿Cambia la presión al disociarse el HI? (Res. 20,6%; 2,464 atm; No cambia)
- Un matraz de 1 litro de capacidad que contiene 15,23 g de yodo sólido se llena con yoduro de hidrógeno a 25°C y 743 mm. Se cierra el matraz y se calienta a 450°C. Calcular la composición de la mezcla gaseosa en equilibrio. La constante K_c para el proceso $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ a 450°C es igual a 50,9. Considerar nulo el volumen del yodo sólido.
(Res. 0,0390 moles HI ; 0,000501 moles H_2 ; 0,0605 moles I_2)
- Un matraz de 1 litro contiene 6,28 milimoles de N_2O_4 . Al calentar a 25°C la presión gaseosa es de 0,2118 atm. Calcular las constantes K_c y K_p para la reacción $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$ de disociación del tetraóxido de nitrógeno a dicha temperatura.
(Res. 0,005851 Moles/litro; 0,143 atm)
- Al calentar el pentacloruro de antimonio se disocia en tricloruro de antimonio y cloro. A 182°C y 1 atm. se disocia en un 29,2%. Calcular las constantes K_p y K_c para la disociación del SbCl_5 a esta temperatura y hallar la presión a la cual se disociaría en un 60%. (Res. $K_p = 0,09324 \text{ atm}$; $K_c = 0,0025 \text{ moles/litro}$; $P = 0,166 \text{ atm}$)

11. El proceso Deacon para la obtención del cloro viene dado por la reacción : $4\text{HCl}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + 2\text{Cl}_{2(g)}$. Calcular la constante de equilibrio K_p para este proceso a 390°C si al mezclar 0,080 moles de cloruro de hidrógeno y 0,100 moles de oxígeno a esta temperatura se forman a la presión total de 1 atm. 0,0332 moles de cloro. Hallar el volumen del recipiente que contiene esta mezcla. (Res. $K_p = 69,6 \text{ atm}^{-1}$; 8,885 litros)
12. Se hacen reaccionar 25 g de ácido acético con 75 g de alcohol etílico a 100°C . La K_c para la formación del acetato de etilo es igual a 4,0. Calcular la fracción del ácido acético que se esterifica. (Res. 92,9%)
13. El ácido benzoico disuelto en benceno está polimerizado en parte en forma de moléculas dobles. En disolución diluida la constante K_c para el proceso $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})_2 \rightleftharpoons 2 \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ a 10°C es 0,00219 moles/litro. Calcular a esta temperatura los gramos de ácido benzoico que están disueltos como moléculas sencillas y como moléculas dobles en una disolución que contiene 10 g de ácido benzoico por litro. *** (Res. 1,29 g moléculas sencillas)
14. Para la disociación del vapor de yodo en átomos, la constante K_p es igual a 0,0474 atm. a 900°C y 0,165 atm. a 1000°C . Calcular: a), el calor de disociación del yodo entre estas temperaturas, y b) la temperatura a la cual el yodo está disociado en un 60 % a la presión de 0,1 atm. (Res. a) - 37.020 cal ; b) $1301^\circ\text{K} = 1028^\circ\text{C}$)
15. A 1900°K y a la presión de 1 atm. el vapor de agua está disociado en un 0,302% y a 2000°K en un 0,504 %. Determinar el calor de disociación de 1 mol de agua entre estas temperaturas. (Res. - 58.150 cal)
16. ¿Cuanto vale la constante del equilibrio $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$ a 25°C si $\Delta G^\circ = 1380 \text{ cal/mol}$?. (Resp: $K_p = 9,8 \cdot 10^{-2}$)

PROBLEMAS SOBRE EQUILIBRIOS HETEROGÉNEOS PARA RESOLVER

17. A $188,2^\circ\text{C}$ la presión de disociación del Ag_2O es de 717 mm. Calcular la cantidad de óxido de plata que podrá descomponerse al calentarlo a dicha temperatura en un recipiente de 375 cm^3 de capacidad, en el que se ha eliminado previamente el aire. Res. 4,336 g Ag_2O
18. Se llena un matraz con metano en C.N. Al calentarlo hasta 1000°C se eleva la presión hasta 4,66 atm inicialmente, subiendo después hasta 6,34 atm debido a la disociación parcial del metano en carbono sólido e hidrógeno gas. Calcular las constantes K_c y K_p para la reacción que tiene lugar a esa temperatura (Res: a) $K_c = 0,036 \text{ mol/l}$; $K_p = 3,758 \text{ atm}$)
19. La constante K_p , para el proceso $\text{C}_{(s)} + \text{S}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CS}_{2(g)}$ a 1000°C es igual a 5,60. Calcular la composición volumétrica de la mezcla gaseosa que se obtiene al hacer pasar vapor de azufre a través de carbón calentado a 1000°C . (Res. 15,15 % S_2 y 84,85 % CS_2)
20. La constante K_p para la formación del gas de gasógeno $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{CO}_{(g)}$ a 727°C es igual a 1,65 atm. Calcular la composición del gas que sale de un gasógeno al hacer pasar a la presión de 1 atm. a través de carbón al rojo calentado a esta temperatura: a) dióxido de carbono; y b), aire (21 % O_2 y 79% N_2 en volumen). Suponer en este caso que el oxígeno se transforma primeramente en dióxido de carbono. (Res. a) 70,2% CO y 29,8% CO_2 ; b) 27,24% CO ; 4,52% CO_2 y 68,23% N_2)
21. La presión del vapor de agua en equilibrio con una mezcla de los sulfatos de cobre penta- y trihidratado es de 7,8 mm a 25°C y de 45,4 mm a 50°C . Calcular: a), el calor correspondiente al proceso $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$; y b), la temperatura a la cual esta presión de equilibrio del vapor de agua es igual a 1 atm. (Res. a) 26.950 cal/mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; b) $100,2^\circ\text{C}$)
22. En la disociación del carbonato de cadmio a 340°C la presión de equilibrio del dióxido de carbono es de 330 mm y el calor absorbido es de 43620 calorías. Si este calor es constante, calcular la cantidad de CdCO_3 que se descompone al calentarlo a 360°C en un recipiente cerrado cuya capacidad es de 100 cm^3 (Res. 0,447 g)
23. Calcular la constante de equilibrio para la reacción: $\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \rightleftharpoons 2 \text{CO}_{(g)}$, si a 700°K la mezcla contiene un

OTROS PROBLEMAS SOBRE EQUILIBRIOS PARA RESOLVER

24. Se tienen 3 litros de N₂O₄ medidos en C.N.. Se eleva la temperatura hasta 70°C, siendo entonces la presión de 2,01 atm. Calcular la K_c ¿Cuál será la fracción disociada? (Solución: K_c = 0,158 mol/l ; α = 0,597)
25. La disociación del dióxido de nitrógeno en óxido de nitrógeno(i) y oxígeno tiene lugar en un recipiente cerrado a 327°C. Las concentraciones molares de los tres gases: NO₂; NO Y O₂ son, respectivamente: 0,0146, 0,00382 y 0,00192. Hallar la K_p y el grado de disociación. (Solución: K_p = 0,08 1/atm ; α = 0,207)
26. En una cámara vacía de 10 l. reaccionan a 448°C 0,5 moles de hidrógeno gas y 0,5 moles de yodo gas, siendo K_c= 50. ¿Cuál es el valor de K_p? ¿Cuál es la presión dentro de la cámara? ¿Cuál será la presión parcial de cada componente de la mezcla gaseosa? (Solución: P (HI) = 4,61 atm ; P(H₂) = P(I₂) = 0,65 atm ; K_p = 50)
27. A 27°C y 1 atm de presión el 20% del N₂O₄ está disociado en NO₂. Hallar la K_p para el proceso y el grado de disociación a 27°C y 1 atm. (Solución: K_p = 0,167 atm ; α = 0,2)
28. Para el equilibrio: H_{2(g)} + CO_{2(g)} $\rightleftharpoons$ H₂O_(g) + CO_(g) ; K_c = 4, a la temperatura de 2000°K. Calcular la concentración de cada especie en el equilibrio después de introducir simultáneamente 2 g de Hidrógeno y 44 g de dióxido de carbono en un recipiente de 1 litro a 2000°K. ¿Cuál será el valor de K_p y de K_x? (Solución: K_c = K_p = K_x = 4 [H₂ O] = [CO] = 0,67 mol/l ; [H₂] = [CO₂] = 0,33 mol/l)
29. En un matraz de 10 l se colocan 51,9 g de pentacloruro de fósforo sólido, se hace el vacío, se cierra el matraz y se calienta a 250°C, pasando el PCl₅ a estado de vapor y disociándose parcialmente, - La presión total entonces es de 2 atm. Hallar el grado de disociación, K_p, K_c y K_x a esa temperatura. (Solución: K_c = 0,147 mol/l ; K_p = 6,30 atm ; K_x = 3,15 ; α = 0,871)
30. Para la reacción de disociación del HI, la constante de equilibrio K_c a 490°C es de 0,022. Si se dejan disociar 3,15 moles de HI en un recipiente de 5 litros a 490°C ¿Qué concentraciones de HI, I₂ y H₂ estarán presentes en el equilibrio? (Solución: [HI] = 0,603 mol/l ; [H₂] = [I₂] = 0,0133 mol/l)
31. La reacción: CO (g) + H₂O (g) $\rightleftharpoons$ CO₂ (g) + H₂ (g) se realiza en un vaso de 5,0 litros a 600°K En el equilibrio hay 0,020 moles de monóxido de carbono, 0,0215 de agua, 0,070 de dióxido de carbono y 2,000 de hidrógeno. Calcular la K_c así como ΔG° para esta reacción. (Solución: K_c = 325,58 ; ΔG° = -6,94 Kcal = -29,02 Kjul)
32. Se colocan 0,01764 moles de HI en un tanque de 5 l de volumen y se calienta a 425°C ¿Cuántos moles de yodo habrá en equilibrio, sabiendo que la constante a esa temperatura es de 0,0184 para el proceso: $2 \text{ HI} \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{H}_2$ (Solución: n (I₂) = n (H₂) = 0,00188 ; n (HI) = 0,01576)
33. Se tienen 2 l de amoníaco a 27°C y 1 atm. Se eleva la temperatura hasta 300°C con lo que la nueva presión es de 5 atm. En este momento el análisis nos dice que el amoníaco está disociado en un 80%. ¿Cuál es el volumen final? (Solución: V = 1,37 litros)
34. Una muestra de vapor de yodo ejerce una presión de 0,11216 atm a 1274°K. Calcular la presión parcial de los átomos de yodo si la constante de equilibrio para la disociación es de 0,1692 atm (Solución: 0,0770 atm)
35. La constante de equilibrio para la formación del amoníaco a partir de sus elementos, según la ecuación : $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$, a una cierta temperatura dada, es de $6,59 \cdot 10^{-3} \text{ atm}^{-1}$. Calcular la presión parcial de cada gas en el equilibrio si las presiones parciales iniciales del N₂ y del H₂ eran de 5,00 atm para cada uno. (Solución: NH₃ : 0,165 atm ; N₂ : 4,918 atm ; H₂ : 4,752 atm)
36. A 371°C, la acetona y el yodo reaccionan formando el compuesto yodoacetona, según la siguiente reacción: CH₃-COCH_{3(g)} + I_{2(g)} $\rightleftharpoons$ CH₃-COCH₂I_(g) + HI_(g). Una mezcla de acetona y yodo, inicialmente a unas presiones parciales de 276,5 mm Hg y 4,52 mm Hg y se llevaron al equilibrio. Una vez alcanzado éste, las presiones parciales de ambos compuestos fueron de 275,9 y 3,97 mm Hg respectivamente. Calcular el valor de K_p para esta reacción. (Solución: $11,76 \cdot 10^{-4}$)

PROBLEMAS Y EJERCICIOS SOBRE EQUILIBRIOS PROPUESTOS EN LAS PRUEBAS DE SELECTIVIDAD

37. A una determinada temperatura y presión la reacción: $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ presenta un $\Delta G = -10$ Kcal/mol. Explicar y justificar si las siguientes proposiciones son ciertas o falsas: a) Se formará CO_2 espontáneamente; b) El proceso se encuentra en equilibrio; c) La reacción será endotérmica; d) La reacción transcurrirá con una variación de S positiva (Selectividad COU-1999)
38. A 27°C y 1 atm de presión, el $N_2O_4(g)$ se disocia según la siguiente ecuación: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$. Suponiendo que la reacción es exotérmica y que el sistema se encuentra en equilibrio, indicar qué sucederá cuando se realicen las siguientes operaciones: a) Se disminuye la presión a 0,1 atm; b) Se aumenta la temperatura a 35°C; c) Se introduce en el recipiente una cierta cantidad de NO_2 ; d) Se adiciona un catalizador al sistema (Selectividad COU-1999)
39. Dado el equilibrio $SO_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$; $\Delta H = 23$ Kcal; a) Discuta las condiciones de presión y temperatura que favorecen el desplazamiento del equilibrio hacia el $SO_{3(g)}$. B) ¿Cuántos gramos de $O_{2(g)}$ se requieren para formar 1.00 g de $SO_{3(g)}$ (Selectividad COU - 1999) (Resp: 0,2 g)
40. Calentando a 100°C en un recipiente cerrado una mezcla de 3 moles de dióxido de carbono y 1 mol de hidrógeno se alcanza el equilibrio cuando se han formado 0,8 moles de monóxido de carbono e igual cantidad de vapor de agua. A) Calcular la constante de equilibrio Kc; b) Una vez alcanzado el equilibrio se reduce la presión total del sistema a la mitad. ¿aumentará el rendimiento en la formación de monóxido de carbono? (Selectividad LOGSE - 1999) (Resp: a) Kc = 1,45; b) No varía)
41. Se tiene el equilibrio $Br_{2(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons COBr_{2(g)}$. Indique qué sucederá cuando sobre este equilibrio se realicen las siguientes operaciones: a) Se aumente la presión; b) Se añada $CO(g)$; c) Se aumente el volumen del recipiente en el cual tiene lugar el proceso; d) Se adicione un catalizador. (Selectividad LOGSE - 1999)
42. La constante de equilibrio Kc para la reacción $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$ es $8,8 \cdot 10^{-4}$ a 2200°K. Si 2 moles de $N_{2(g)}$ y 1 mol de $O_{2(g)}$ se introducen en un recipiente de 2,00 litros y se calienta a 2200°K:
a) Calcule los moles de cada especie en el equilibrio;
b) Si el valor de la constante de equilibrio Kc para la reacción $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$ es 10^{-30} a 25°C, explique la importancia del valor de esta constante desde el punto de vista del $NO_{(g)}$ como contaminante del aire. (Selectividad LOGSE - junio - 2000)
43. En un recipiente de 1 litro se introducen 2,0 moles de nitrógeno y 6,0 moles de hidrógeno a 400°C estableciéndose el equilibrio: $3 H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$; Si la presión total del gas en el equilibrio es 288,2 atm, calcule: a) Las concentraciones de cada especie en el equilibrio; b) El valor de Kc a esa temperatura. (Selectividad LOGSE - septiembre - 2000)
44. Suponga el siguiente sistema en equilibrio: $2 N_2O_{(g)} + N_2H_{4(g)} \rightleftharpoons 3 N_{2(g)} + 2 H_2O_{(g)}$. Si la presión aumenta, manteniendo la temperatura constante, explicar, justificando la respuesta, si las siguientes proposiciones son falsas o ciertas: a) La constante de equilibrio disminuirá; b) El número de moles de $N_2O_{(g)}$ aumentará; c) El sistema absorberá calor; d) La concentración del $N_2H_{4(g)}$ disminuirá. (Selectividad COU - junio - 2000)
45. Predecir los cambios del equilibrio siguiente, justificando la respuesta: $N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NF_{2(g)}$; $\Delta H = 38$ KJ;
A) Si la mezcla reaccionante se calienta a volumen constante; b) Se retira gas NF_2 de la mezcla a temperatura y volumen constante; c) Se hace disminuir la presión sobre la mezcla reaccionante a temperatura constante; d) Se agrega un gas inerte tal como helio a la mezcla a volumen y temperatura constante (Selectividad COU - septiembre - 2000)
46. Dado el siguiente sistema en equilibrio que posee una variación de entalpía negativa: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 H_2O_{(g)}$ Describa el efecto que se producirá al: a) Enfriar; b) Añadir vapor de agua; c) Comprimir; d) Aumentar la presión de hidrógeno (Selectividad LOGSE - junio - 2001)
47. A 627°C la K_p para la descomposición del etano en eteno e hidrógeno es 0,051. Calcular la fracción de etano descompuesto (transformado) en presencia de un catalizador, sabiendo que la presión total en el equilibrio es de 0,75 atm. (Selectividad LOGSE - septiembre - 2001)
48. La obtención industrial del amoníaco se basa en la siguiente reacción reversible: $3 H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$;

donde $\Delta H = -92,1 \text{ KJ}$. A) Aplique el principio de Le Chatelier para explicar cómo influyen la variación de la presión y de la temperatura sobre el equilibrio. ; b) ¿En qué condiciones técnicas se realiza la reacción en una fábrica de amoníaco para lograr el mejor rendimiento industrial? . (Selectividad LOGSE - septiembre - 2001)