



## EQUILIBRIO QUIMICO

1. (Jun99) En la reacción  $N_2 + 3 H_2 \leftrightarrow 2NH_3$  está reaccionando  $N_2$  a una velocidad de 0,3 M/min: a) ¿Cuál es la velocidad a la que está desapareciendo el  $H_2$  y cual es la velocidad a la que se está formando  $NH_3$ ? ¿Podría con estos datos proponer valores adecuados para x e y en la expresión: velocidad =  $N_2^x H_2^y$  o necesitaría alguna otra información?  
b) A 500 K la constante de este equilibrio es  $0,9 M^{-2}$ . En un recipiente de 2 L sabemos que hay 1 mol de  $N_2$ , 3 moles de  $H_2$  y 1 mol de  $NH_3$  ¿Está el sistema en equilibrio? Sol: a) 0,9 mol/Lmin; 0,6 mol/Lmin  
b) No
2. (Sept96) Suponga las siguientes reacciones químicas.  
 $2 H_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2H_2O(g)$   
 $H_2(g) + 1/2 O_2(g) \leftrightarrow H_2O(g)$   
 $2H_2O(g) \leftrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$   
si las correspondientes constantes de equilibrio,  $K_c$ , son respectivamente,  $K_1$ ,  $K_2$ , y  $K_3$ . ¿Cual sería la relación entre  $K_1$  y  $K_2$ ? ¿Y entre  $K_2$  y  $K_3$ ? Sol:  $K_1=K_2^2$ ;  $K_3=1/K_2^2$
3. (Jun05) a) Desarrolle la expresión que relaciona  $K_c$  con  $K_p$ .  
b) Calcule el valor de  $K_p$  a 900 K para la reacción  $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2SO_3(g)$  sabiendo que  $K_c=13 M^{-1}$  a esa temperatura. Sol:  $0,176 atm^{-1}$ .
4. (Sept05) Para la reacción sin ajustar  $NH_3(g) + O_2(g) \leftrightarrow N_2O_4(g) + H_2O(g)$  calcule la concentración de  $NH_3$  en el equilibrio sabiendo que al inicio de la reacción  $N_2O_4 = H_2O = 1 M$  y que en el equilibrio la  $H_2O = 0,6 M$ . Sol: 0,26 mol/L
5. (Jun02) En un recipiente con un volumen constante, se establece el equilibrio siguiente:  
 $SO_2(g) + 1/2 O_2(g) \leftrightarrow SO_3(g)$   $\Delta H = -491 kJ/mol$ . Explique razonadamente, tres formas de aumentar la cantidad de  $SO_3$ .
6. (Sept06) Suponiendo que se ha alcanzado el equilibrio para el proceso  $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow 2NH_3(g)$   $\Delta H < 0$ . Razone si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas: a) Al aumentar la presión total disminuye la concentración de amoníaco. b) Al aumentar la temperatura aumenta la presión parcial de  $N_2$ . c) En presencia de un catalizador aumenta la concentración de  $NH_3$ . SOL: a) F b) V c) F
7. (Sept04) En la siguiente reacción  $C_2H_5OH + CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$   $K_c = 4,0$  se hace reaccionar una mezcla de 46 g de  $C_2H_5OH$ , 60 g de  $CH_3COOH$ , 176 g de  $CH_3COOC_2H_5$  y 90 g de  $H_2O$ . a) ¿En qué sentido tendrá lugar el cambio neto? b) ¿Cuántos gramos de cada sustancia hay en el equilibrio? Masas atómicas: C= 12; O= 16; H= 1.  
Sol: a) Hacia los reactivos; b) 63,1; 82,32; 143,26; 83,30
8. (Jun06) A una determinada temperatura, en estado gaseoso, el cloro reacciona con tricloruro de fósforo para formar pentacloruro de fósforo:  $Cl_2(g) + PCl_3(g) \leftrightarrow PCl_5(g)$   
En un recipiente de 2 litros, una mezcla de las tres especies en equilibrio contiene, 132 g de  $PCl_3$ , 56,8 g de  $Cl_2$  y 10,4 g de  $PCl_5$ .  
a) Calcule la constante de equilibrio,  $K_c$ , a esta temperatura.  
b) Explique si con estos datos se podría calcular la  $K_p$  de este equilibrio.  
c) Calcule la nueva composición en equilibrio si el volumen se reduce a la mitad. Masas atómicas: Cl=35,5; P=31,0 Sol: a)  $0,13 mol^{-1} L$  c) 53,96 g  $Cl_2$ ; 126,5 g  $PCl_3$ ; 18,27 g de  $PCl_5$
9. (Sept97) En un recipiente de 10 litros de volumen se introducen 2 moles del compuesto A y 1 mol del compuesto B. Se calienta a  $300^\circ C$  y se establece el siguiente equilibrio:  $A(g) + 3B(g) \leftrightarrow 2C(g)$ .

En el equilibrio, el número de moles de B es igual al de C. Calcular la cantidad de moles de cada componente en el equilibrio, Kc, Kp y la presión parcial del componente B. Sol: Kc=138,9 mol<sup>-2</sup>L<sup>2</sup>.

10. (Sept99) (El valor de Kp a 25 °C para el equilibrio  $2\text{CO}(\text{g}) \leftrightarrow \text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  es 2,046.

a) ¿Cuál es el valor de Kc?

b) ¿Cuáles serán las concentraciones en el equilibrio si se mezclan 3 moles de CO y 2 moles de CO<sub>2</sub> en un recipiente de 1 L? Sol: a) 50 b) 0,25 M; 3,375 M.

11. (Sept96) a) El compuesto gaseoso NOBr se descompone de acuerdo con el siguiente esquema:  
 $\text{NOBr}(\text{g}) \leftrightarrow \text{NO}(\text{g}) + 1/2\text{Br}_2(\text{g})$

A la temperatura de 350 K, la constante de equilibrio Kp vale 0.15 (si las presiones se expresan en atmósferas). Si se colocan en un recipiente adecuado cantidades tales de los gases NOBr, NO y Br<sub>2</sub> que sus presiones parciales sean, respectivamente, 0,5; 0,4 y 0,2 atm, a la mencionada temperatura ¿Se producirá una transformación química neta? Si tal cosa ocurre, ¿Se formará o se consumirá Br<sub>2</sub>?

b) Calcule Kc a la temperatura dada.

Sol: a) Se consume Br<sub>2</sub> b) 0,028

12. (Sept00) La disociación del dióxido de nitrógeno en óxido nítrico tiene lugar en un recipiente cerrado de 5 L de capacidad a 327°C y 1 atm. Una vez llegado al equilibrio, cada litro de mezcla contiene 0,015 moles de NO<sub>2</sub>, 0,12 g de NO y 0,06 g de O<sub>2</sub>. Calcule Kc y Kp. Sol: Kc=1,3·10<sup>-4</sup> mol/L; Kp=6,56·10<sup>-3</sup> atm.

13. (Sept01) A 800 °C la Kc para la reacción:  $2\text{HI} \leftrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  vale 0.016. Calcule, en el equilibrio: a) La concentración de HI cuando las concentraciones de H<sub>2</sub> e I<sub>2</sub> son iguales y la presión del sistema de 1 atm. b) Las concentraciones de los componentes si se duplica la presión del sistema. Sol: a) 9,07·10<sup>-3</sup> M b) HI = 0,018 M H<sub>2</sub> = I<sub>2</sub> = 2,3·10<sup>-3</sup> M

14. (Sept06) La reacción de descomposición de 25 g de hidrógenocarbonato sódico se lleva a cabo a 100°C en un recipiente de 2 L. Sabiendo que la constante de equilibrio, Kp, a esa temperatura vale 0,231. Calcule: a) Las presiones parciales y la presión total en equilibrio de los gases formados. b) La cantidad de hidrógenocarbonato que queda sin descomponer.  $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \leftrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
Masas atómicas: Na=23;H=1;C=12;O=16. R=0.082 atm.Lmol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Sol: a) 0,481;0,481;0,961 atm b) 19,72 g

15. (Jun01) A 1000°C, Kp=1,65 atm para la reacción  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{g})$ . Si en el equilibrio la presión total es de 5 atm, calcule el tanto por ciento de dióxido de carbono que ha reaccionado. Sol: 27,6%

16. (Jun04) En un recipiente de 5 litros se introducen 1,84 moles de nitrógeno y 1,02 moles de oxígeno. Se calienta el recipiente hasta 2000 °C estableciéndose el equilibrio:  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NO}(\text{g})$ . En estas condiciones reacciona el 3% del nitrógeno existente. Calcule:  
a) El valor de Kc a dicha temperatura.  
b) La presión total en el recipiente, una vez alcanzado el equilibrio.  
Dato: R= 0,082 atm.LK<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup> Sol:a) 0,007 b) 106,6 atm

17. (Jun02) En un matraz de un litro de capacidad se colocan 6 g de PCl<sub>5</sub> sólido. Se hace el vacío, se cierra el matraz y se calienta a 250°C. El PCl<sub>5</sub> pasa al estado vapor y se disocia en parte en PCl<sub>3</sub> y Cl<sub>2</sub>. La presión de equilibrio es 2,078 atm. Calcule el grado de disociación del PCl<sub>5</sub> y la constante de equilibrio (Kp) a dicha temperatura. Datos: Masas atómicas: Cl=35,5; P=31,0. 0 °C = 273 K; R=0.082 atm.Lmol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> Sol: 0,684; Kp=1,83 atm

18. (Jun07) Una muestra de 6,53 g de NH<sub>4</sub>HS se introduce en un recipiente de 4 L de capacidad, en el que previamente se ha hecho el vacío, y se descompone a 27°C según la ecuación:

$\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$  Una vez establecido el equilibrio la presión total en el interior del recipiente es 0,75 atm. Calcule: a) Las constantes de equilibrio Kc y Kp. b) El porcentaje de hidrógenosulfuro de amonio que se ha descompuesto. Datos: Masas atómicas N=14; H=1; S=32. R=0.082 atm.Lmol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> Sol: a) Kc=2,32·10<sup>-4</sup> mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup>; Kp=0,14 atm<sup>2</sup>. b) 0,48

19. (Sept07) En un recipiente metálico de 5 L y a una temperatura de 250 °C hay inicialmente 30 g de PCl<sub>5</sub>. A esta temperatura el PCl<sub>5</sub> se disocia parcialmente según:  $\text{PCl}_5 \leftrightarrow \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$   
Cuando se alcanza el equilibrio la presión total es de 2,08 atm. Calcule: a) El grado de disociación del

$\text{PCl}_5$  en estas condiciones. b) Las presiones parciales de cada componente. c) La constante de equilibrio  $K_p$ . d) El valor de  $\Delta G^\circ$  Datos: masas atómicas.  $P=31$ ;  $\text{Cl}=35,5$ ;  $R=0,082 \text{ atm}\cdot\text{Lmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}=8,31 \text{ J/molK}$ . Sol: a) 0,68 b) 0,385; 0,847; 0,847 atm c) 1,865 atm d) -2709 J

20. (Jun 08) Se introducen 0,2 moles de  $\text{Br}_2$  en un recipiente de 0,5 L de capacidad a  $600^\circ\text{C}$ . Una vez establecido el equilibrio  $\text{Br}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{Br}(\text{g})$  en estas condiciones, el grado de disociación es 0,8.  
a) Calcule  $K_p$  y  $K_c$ .  
b) Determine las presiones parciales ejercidas por cada componente de la mezcla en equilibrio.  
c) Si al aumentar la temperatura aumenta la cantidad de  $\text{Br}(\text{g})$ , indique razonadamente si la reacción es endotérmica o exotérmica. Así mismo, discuta el efecto que tendría sobre el equilibrio anterior la introducción de gas argón en el reactor si el volumen se mantiene constante.  $R=0,082 \text{ atm}\cdot\text{Lmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .  
Sol: a) 5,12; 366,5 b) 45,82 y 5,73 c) Endotérmica

21. (Sept 08) Considere el siguiente equilibrio:  $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{Q} \leftrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2$   
a) Cómo le afecta la temperatura?  
b) Si adicionamos  $\text{CaCO}_3$  al sistema ¿se modifica el equilibrio?  
c) ¿Y si aumentamos la presión parcial de  $\text{CO}_2$ ?  
d) ¿Qué ocurrirá si la descomposición del carbonato cálcico se realiza en un recipiente abierto?  
Razone las respuestas.

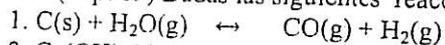
22. (Sept 08) En un depósito de 10 L se introducen 0,61 moles de  $\text{CO}_2$  y 0,39 moles de  $\text{H}_2$  a  $1250^\circ\text{C}$ . Una vez alcanzado el equilibrio  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  hay 0,35 moles de  $\text{CO}_2$   
Calcular: a) El valor de  $K_p$  y  $K_c$ .

b) Las presiones parciales ejercidas por cada componente de la mezcla en equilibrio.  
 $R=0,082 \text{ atm}\cdot\text{Lmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Sol: a) 1,486 b) 3,25 atm; 1,62 atm y 4,37 atm.

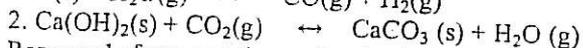
23. (Jun 09) Para el equilibrio  $\text{COCl}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  a  $250^\circ\text{C}$  el valor de  $K_c$  es 1,37. En un recipiente de 5 L se introducen 247,5 g de  $\text{COCl}_2$ , 70 g de  $\text{CO}$  y 227,2 g de  $\text{Cl}_2$  a dicha temperatura.

a) Demuestre que esta mezcla no se encuentra en equilibrio e indique el sentido en el que se producirá la reacción.  
b) Determine la composición de la mezcla una vez alcanzado el equilibrio.  
c) Explique tres formas de disminuir la descomposición de  $\text{COCl}_2$ .  
Sol: a)  $\rightarrow$  b) 179,3 g  $\text{COCl}_2$ ; 89,3 g  $\text{CO}$  y 276,1 g  $\text{Cl}_2$

24. (Sept 09) Dadas las siguientes reacciones:



$$\Delta H^\circ = 131,3 \text{ KJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H^\circ = 153,7 \text{ KJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Razone el efecto que tiene sobre la situación de equilibrio de cada una de las siguientes modificaciones.

- Una disminución del volumen en la reacción 1.
- Un aumento de la presión en la reacción 2.
- Un aumento de la temperatura en la reacción 2.

25. (Sept 09) El pentacloruro de fósforo se disocia según:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  siendo  $K_c = 7,93 \cdot 10^{-3}$  a  $200^\circ\text{C}$ . Calcule:

- El grado de disociación a dicha temperatura si en un matraz de un litro se introducen 3,125 gramos de  $\text{PCl}_5$ .
- El grado de disociación si al introducir los 3,125 g de  $\text{PCl}_5$  el matraz estaba previamente lleno de cloro en condiciones normales. Sol: a) 0,509 b) 0,146

26. (Jun 10) Una disolución saturada de cloruro de plomo (II) contiene, a  $25^\circ\text{C}$ , una concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  de  $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ .  $\text{PbCl}_2(\text{s}) \leftrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-}(\text{aq})$

- Calcule la concentración de  $\text{Cl}^{-}$  de esta disolución.
- Calcule  $K_{ps}$  a dicha temperatura.
- Razone el aumento o la disminución de la solubilidad del cloruro de plomo con la adición de  $\text{NaCl}$ . Sol:  $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ;  $1,64 \cdot 10^{-5}$ ; Disminuye.

27. (Jun 10) Teniendo en cuenta la siguiente tabla referente a reacciones del tipo  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ . Justifique:

	$E_{\text{activacion}}$	$\Delta G_f^\circ$ (KJ.mol <sup>-1</sup> )	$\Delta H_f^\circ$ (KJ.mo l <sup>-1</sup> )
I	1	-90,7	0,5
II	0,5	20,8	-50,6
III	1,5	-100,3	-85,4

- a) ¿Cuál es la reacción más rápida?  
b) ¿Cuál o cuáles son espontáneas?  
c) ¿Cuál es la reacción más endotérmica? Sol: II; I y II; I

28.(Jun 10) El  $N_2O_4$  descompone a  $45^\circ C$  según  $N_2O_4(g) \leftrightarrow 2NO_2(g)$ . En un recipiente de 1 L de capacidad se introduce 0,1 mol de  $N_2O_4$  a dicha temperatura. Al alcanzar el equilibrio la presión total es de 3,18 atmósferas. Calcule:

- a) El grado de disociación.  
b) El valor  $K_c$ .  
c) La presión parcial ejercida por cada componente.  
d) La presión total si junto con los 0,1 moles de  $N_2O_4$  introducimos 0,01 mol de  $NO_2$ .  
Sol: 0,22;  $2,47 \cdot 10^{-2}$ ; 2,035 y 1,145 atm; 3,327 atm.

29.(Jun 10) En un recipiente de 1 L de capacidad, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introduce 1g  $NH_4CN$ . Se cierra el recipiente y se calienta a  $11^\circ$  estableciéndose el siguiente equilibrio:



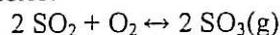
Si en estas condiciones la presión total es de 0,3 atm, calcule:

- a) La constante de equilibrio  $K_p$  y la concentración de todas las especies en equilibrio.  
b) La constante  $K_c$  y el porcentaje de  $NH_4CN$  que queda sin disociar.  
c) La composición del equilibrio si en el recipiente se introduce  $NH_4CN$  en exceso y 0,01 mol de  $NH_3$ .  
(se considera despreciable el volumen ocupado por el sodio) Sol:  $2,25 \cdot 10^{-2} \text{ atm}^2$ ; 0,013 M;  $12,2 \text{ M}^2$  y 94,3%; 3,498 y 3,488 moles.

30.(Sep 10) El  $CO_2$  reacciona a  $337^\circ$  con  $H_2S$  según:  $CO_2(g) + H_2S(g) \leftrightarrow COS(g) + H_2O(g)$   $\Delta H_f^\circ = 12,2 \text{ KJ.mol}^{-1}$ . En un reactor de 2,5 L se introducen 4,4 g de  $CO_2$  y suficiente cantidad de  $H_2S$  para que una vez alcanzado el equilibrio la presión total sea 10 atm y los moles de agua 0,01.

- a) Calcule la composición de la mezcla en equilibrio.  
b) El valor de las constantes  $K_p$  y  $K_c$   
c) Como afectaría a:  
 $K_c$  un aumento de la temperatura, suponiendo  $\Delta H_f^\circ$  independiente de la misma.  
La cantidad de agua la adición de  $CO_2$ .  
La cantidad de  $COS$  un aumento de la presión. Sol: 3,96 g  $CO_2$  13,26 g  $H_2S$  0,6 g  $COS$  0,18 g  $H_2O$ ;  $2,85 \cdot 10^{-3}$ ;

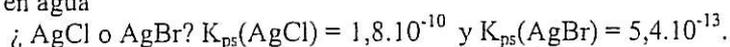
31.(Sep 10) En un recipiente de 5 L se introduce 1 mol de  $SO_2$  y se calienta a  $727^\circ C$ , con lo que se alcanza el equilibrio:



En estas condiciones, los moles de  $SO_2$  son 0,150. Calcule:

- a) La constante  $K_c$  para dicho equilibrio.  
b) La presión parcial y las fracciones molares de cada componente en equilibrio.  
c) Justifique como conseguir aumentar el rendimiento en  $SO_3$  modificando dos magnitudes distintas.  
Sol:  $279,23 \text{ M}^{-1}$ ; 2,46 atm y 0,095 para  $SO_2$ , 9,43 atm 0,365 para  $O_2$  y 13,94 atm y 0,54 para  $SO_3$ ;

32.(Jun 11) a) Dados los siguientes valores de  $K_{ps}$  razonar cuál de las siguientes sales es más soluble en agua



b) La adición de  $\text{AgNO}_3$  ¿provocará una disminución de la concentración de ion haluro en cualquiera de las disoluciones anteriores? Razone la respuesta utilizando los equilibrios químicos necesarios.

Sol:

33. (Jun 11) Para la reacción:  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) \leftrightarrow 2 \text{HI}(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$  se encuentra que en equilibrio a  $60^\circ\text{C}$  las presiones parciales de HI y  $\text{H}_2\text{S}$  son 3,65 atm y 9,96 atm, respectivamente.

a) Determine los valores de  $K_p$  y  $K_c$  a  $60^\circ\text{C}$ .

b) Calcule la presión total si a  $60^\circ\text{C}$ , en un matraz de 1 L en el que previamente se realizó el vacío, se introduce  $\text{H}_2\text{S}$  a 747,6 mm de Hg y 10 g de  $\text{I}_2$  y dejamos que se establezca el equilibrio.

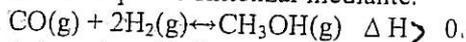
Sol:

34. (Sep 11) En un recipiente de 5 L, se introducen 3,5 moles de  $\text{PCl}_5$ . Se cierra el recipiente y se calienta hasta una temperatura de 525K. Una vez alcanzado el equilibrio  $\text{PCl}_5(\text{g}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  la concentración de cloro es 0,2 M. Calcule:

a) El grado de disociación de  $\text{PCl}_5$  y el valor de  $K_c$  en estas condiciones.

b) La composición de la mezcla y la presión total si en las condiciones anteriores añadimos 0,1 mol de  $\text{PCl}_5$  y dejamos que se restablezca el equilibrio. Sol:

35. (Sep 11) El metanol se puede sintetizar mediante:



a) ¿Como será máximo el rendimiento del proceso, a alta o a baja temperatura?

b) ¿Como afecta un cambio en la presión total del sistema?

24