Pontificia Universidad Católica de Chile
Taller 4
QIM100E, 2022

Equilibrio Químico

Conceptos Generales

1. Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Justifique el motivo de aquellas que considere falsa.
   a) Una reacción química alcanza el equilibrio químico cuando se igualan las concentraciones de reactivos y productos **F**
   *Una reacción química alcanza el equilibrio químico cuando **se igualan las velocidades de reacción** directa e inversa, y las **concentraciones de especies permanecen constantes** en el tiempo.*
   b) En el equilibrio químico, la variación de energía de Gibbs del sistema (ΔGsistema) es igual a 0. **V**
   c) Si K << 1, el equilibrio está desplazado hacia los reactivos **V**
   d) Si $Q_c > K_c$ el sistema avanzará hacia la formación de productos **F**
   *La reacción química procede **hacia los reactantes** para alcanzar el equilibrio.*

Principio de Le Châtelier

2. Prediga hacia donde se desplazará el equilibrio al disminuir la concentración de la especie subrayada en cada una de las reacciones siguientes:
   a) N_2 (g) + O_2 (g) ⇆ **$2NO_2$ (g)**
   b) **Cl_2 (g) + $3F_2$ (g)** ⇆ $2F_3Cl$ (g)
   c) $2H_2S$ (g) + $3O_2$ (g) ⇆ **$2SO_2$ (g) + $2H_2O$ (g)**

3. En un reactor de 1 L de capacidad se colocan 4 mol de hidrógeno (H_2) y 4 mol de yodo (I_2) a 478 °C, produciéndose la siguiente reacción endotérmica (K_c = 0,45): $H_{2(g)} + I_{2(g)} \leftrightharpoons 2HI_{(g)}$
   a) Indique qué efecto habrá sobre el equilibrio químico si se aumenta la presión del sistema.
   *Un aumento de presión **no tendría un efecto sobre el equilibrio químico** porque los moles de gas son iguales de ambos lados de la reacción (2 moles de gas en reactivos formando 2 moles de gas en productos).*
   b) Sugiera una forma de incrementar la producción de HI.
   *Como es una reacción endotérmica, un método para incrementar la producción de HI sería **aumentando la temperatura.***

K_c, K_p y concentraciones en equilibrio

4. Se introduce HI en un recipiente cerrado a 425 ºC el cual se descompone parcialmente en H_2 y I_2, según la siguiente reacción: $2HI_{(g)}$ ⇆ $H_{2(g)}$ + $I_{2(g)}$. En el equilibrio [HI]= $3{,}53\cdot10^{-3}$ mol/L, [H_2]=$4{,}79\cdot10^{-4}$ mol/L; [I_2] = $4{,}79\cdot10^{-4}$ mol/L. Calcule los valores de K_c y K_p. $K_c = K_p = 1{,}84\cdot10^{-2}$

5. La reacción: $2SO_{3(g)}$ ⇆$2\ SO_{2(g)} + O_{2(g)}$, tiene una $K_c = 4{,}8\cdot10^{-3}$ a 700°C. Calcular el valor de K_c y K_p para la reacción: $2SO_{2\ (g)} + O_{2\ (g)}$ ⇆$2SO_{3\ (g)}$ a la misma temperatura. $K_c = 208{,}3$; $K_p = 2{,}609$

6. La reacción: $C_{(s)} + CO_{2(g)} \leftrightarrows 2CO_{(g)}$ tiene $K_p = 1{,}50$ a 650°C. Determinar las presiones parciales de CO y CO_2, si la presión total en el equilibrio es de 1,5 atm. $P_{CO2} = 0{,}621$ atm ; $P_{CO} = 0{,}879$ atm

7. A una temperatura de 1000 K, la siguiente reacción; $2SO_{3\,(g)} \leftrightarrows 2SO_{2\,(g)} + O_{2\,(g)}$ tiene $K_c = 4{,}08 \cdot 10^{-3}$. Prediga el sentido en que avanzará la reacción, si las concentraciones iniciales son $[SO_3] = 2 \cdot 10^{-3}$ mol/L $[SO_2] = 5 \cdot 10^{-3}$ mol/L; $[O_2] = 3 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Calcule el valor de K_p a esta temperatura. $Q_C > K_C$ entonces la reacción avanza hacia los reactantes; $K_p = 0{,}335$

8. En un matraz de 1 litro se lleva a cabo una reacción de descomposición térmica de 0,05 mol de XY(g) a 500 °C, según la siguiente reacción: $2XY(g) \leftrightarrows X_2(g) + Y_2(g)$. Una vez alcanzado el equilibrio, la concentración molar de XY fue de 0,04 mol/L.
   a) Determine K_c. 0,0156
   b) Si agregan 0,02 mol de XY, determine las nuevas concentraciones en el equilibrio. [XY] = 0,4 M ; $[X_2] = [Y_2]$ 0,015 M

Grado de disociación, K_p y K_c

9. Para la siguiente reacción: $2NOBr_{(g)} \leftrightarrows 2NO_{(g)} + Br_{2(g)}$. a una temperatura de 25°C, el bromuro de nitrosilo (NOBr) se disocia un 34% y la presión total es de 0,25 atm. Calcule K_p y K_c.
   $K_p = 9{,}65 \times 10^{-3}$; $K_c = 3{,}94 \times 10^{-4}$

10. A una temperatura de 400 ºC y 1 atm de presión, el amoníaco (NH_3) se encuentra disociado en un 40 %, formando nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2) gaseosos, según la siguiente reacción: $NH_{3(g)} \leftrightarrows \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$
    En relación a esto, calcular:
    a) La presión parcial de cada gas en el equilibrio. $P_{NH3} = 0{,}430$ atm; $P_{H2} = 0{,}430$ atm; $P_{N2} = 0{,}143$ atm
    b) El volumen de la mezcla, si se agregan 170 g de NH_3. 773,6 L NH_3
    c) K_p $K_p = 0{,}248$
    d) K_c $K_c = 4{,}5 \times 10^{-3}$

Equilibrio ácido-base

Par ácido base conjugado

11. Completar la reacción ácido-base e identificar los pares conjugados ácido-base en cada una de las siguientes reacciones:
    (a) NH_3 + HCl ⇆ $NH_3^+ + Cl^-$
    (b) S^{-2} + H_3O^+ ⇆ $HS^- + H_2O$
    (c) HPO_4^{2-} + SO_3^{2-} ⇆ $PO_4^{3-} + HSO_3^-$
    (d) HCN + OH^- ⇆ $CN^- + H_2O$

Par conjugado: Ácido – Base

pH y pOH

12. Determine:
    (a) El pH y la concentración de OH^- de una disolución de NaOH preparada a partir de 135 g de NaOH en 450 mL de agua. pH = 14,9
    (b) La concentración de iones H_3O^+ en una disolución acuosa de pOH 1,83. $[H^+] = 6{,}76 \times 10^{-13}$ M
    (c) La cantidad de NaOH (en gramos) necesaria para preparar 546 mL de una disolución de pH 10,0. $2{,}184 \times 10^{-3}$ g

13. El pH de una disolución de ácido monoprótico de concentración 0,0642 M es de 3,86. Indique si se trata de un ácido fuerte o débil. $[H^+] = 1{,}4 \times 10^{-4}$ M < 0,0642 M. *Que la concentración real de protones en la disolución no sea igual a la concentración del ácido desconocido, indica que el ácido no se ha disociado por completo. Y un ácido que no se disocie completamente, es un* ***ácido débil.***

14. Se ha demostrado que la disolución de ácido hipocloroso, HOCl, de concentración 0,025 %V/V es efectivo contra COVID-19 ¿Qué pH presenta la disolución? Datos: d_{HOCl}=1,16 g/mL, M_{HOCl}= 52,5 g/mol, Ka= $3{,}0 \times 10^{-8}$. pH = 4,9

15. Considere las siguientes constantes de acidez (K_a) para los distintos ácidos y ordénelos de acuerdo con su fuerza como ácido (de más fuerte a más débil). Justifique su respuesta.
    Ácido fórmico: $K_a = 1{,}8 \times 10^{-4}$ Fenol: $K_a = 1{,}0 \times 10^{-10}$
    Ácido nítrico: $K_a = 7{,}2 \times 10^{-4}$ Ácido acético: $K_a = 1{,}8 \times 10^{-5}$
    La constante de acidez describe la facilidad con la que una especie libera un protón. Siendo aquellas constantes de valores más altos, las que indican mayor facilidad para donar un protón, es decir, mayor acidez. Por lo tanto, el compuesto con mayor K_a será el ácido más fuerte, mientras que el de valor menor será el más débil.

Fenol < Ácido Acético < Ácido Fórmico < Ácido Nítrico

16. Escriba la ecuación química de disociación de las siguientes sustancias, y calcule el pH y pOH en cada caso:
    (a) Ácido fluorhídrico (HF) 6 mol/L, $K_a = 6{,}8 \times 10^{-4}$. $HF \leftrightarrows H^+ + F^-$; pH = 1,2
    (b) Ácido benzoico ($HC_7H_5O_2$) 3 mol/L $K_a = 6{,}3 \times 10^{-5}$. $HC_7H_5O_2 \leftrightarrows H^+ + C_7H_5O_2^-$; pH = 1,86
    (c) Metilamina (NH_2CH_3) 0,05 mol/L $K_b = 4{,}4 \times 10^{-4}$. $NH_2CH_3 + H_2O \leftrightarrows {}^+NH_3CH_3 + OH^-$; pH = 11,65

Cálculo de concentraciones en equilibrio

17. La metilamina (CH_3NH_2) es una sustancia utilizada a nivel industrial en la producción de bactericidas y explosivos. Indica cuantos gramos de metilamina hay en 100 mL de disolución de pH 10,7. 3,3 mg

18. La droga de elevado consumo cocaína es un alcaloide. Los alcaloides se detectan por su sabor amargo, que es una indicación de sus propiedades básicas. La cocaína, $C_{17}H_{21}O_4N$, es soluble en agua hasta 0,17 g/100 mL de disolución, y la disolución saturada tiene un pH = 10,08. ¿Cuál es el valor de Kb para la cocaína? $K_b = 2{,}64 \times 10^{-6}$

$$C_{17}H_{21}O_4N_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows C_{17}H_{21}O_4NH^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

19. Se tiene una solución de ácido nitroso, HNO_2, 0,0391 % m/V, de pH 2,74. Determina
    (a) La Ka del ácido. $5{,}1 \times 10^{-4}$
    (b) La concentración de HNO_2 en el equilibrio. $6{,}5 \times 10^{-3}$ M
    Datos: M_{HNO2} = 47,0 g/mol

pH de sales

20. Calcule la concentración de OH^- y el pH de una disolución de la sal iónica de acetado de sodio (CH_3COONa) 0,15 mol/L. Considere que el $K_a(CH_3COOH) = 1{,}8 \times 10^{-5}$ (ácido precursor).
    $[OH^-] = 9{,}124 \times 10^{-6}$ M ; pH = 8,96

21. Calcule el pH y pOH de una disolución 0,2 mol/L de una sal de nitrato de amonio (NH_4NO_3), sabiendo que $K_a(NH_4^+) = 5{,}6 \times 10^{-10}$. pH = 4,97 ; pOH = 9,03

Disoluciones amortiguadoras

22. Calcule el pH de un sistema amortiguador formado por amoniaco (NH_3) 0,15 mol/L y cloruro de amonio (NH_4Cl) 0,35 mol/L. pH = 8,9

23. Un amortiguador de bicarbonato-acido carbónico tiene un pH 7,5. Calcule la relación de concentración de ácido carbónico (H_2CO_3) respecto a la del ion bicarbonato (HCO_3^-).
    $[HCO_3^-]/[H_2CO_3] = 14{,}12$