

COLOQUIO N° 13:

EQUILIBRIO QUÍMICO.

Ecuaciones Básicas

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Ley de acción de masas. Expresión general de la constante de equilibrio.

$$K_p = K_c (0.0821T)^{\Delta n}$$

Relación entre K_p y K_c .

$$K_c = K'_c K''_c$$

La constante de equilibrio para la reacción global está dada por el producto de las constantes de equilibrio para las reacciones individuales.

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

Relación entre el cambio de la energía libre y el cambio de la energía libre estándar y el cociente de reacción.

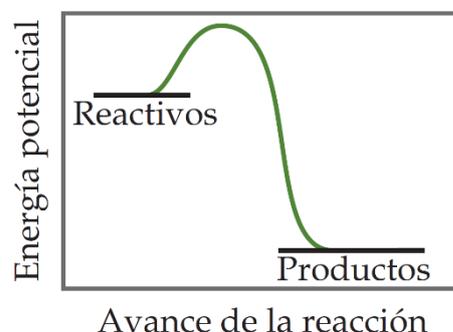
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Relación entre el cambio de la energía libre estándar y la constante de

NOTA: Los problemas con el símbolo ** están propuestos para resolver en clase.

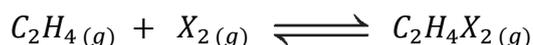
** PROBLEMA 1.

- De acuerdo con el siguiente perfil de energía, prediga si $k_d > k_i$ o $k_d < k_i$.
- Usando la relación $\frac{k_d}{k_i} = K_{eq}$ prediga si la constante de equilibrio para el proceso es mayor o menor que 1.

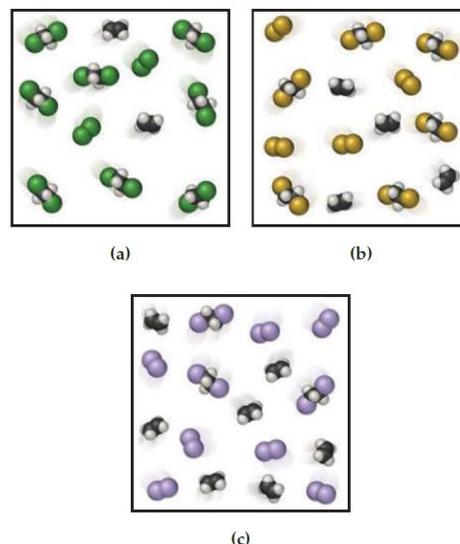


PROBLEMA 2.

El eteno (C_2H_4) reacciona con los halógenos (X_2) mediante la siguiente reacción:

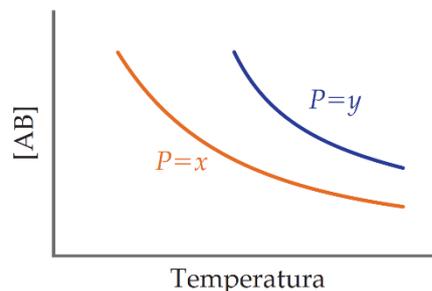


Las siguientes figuras representan las concentraciones en equilibrio a la misma temperatura cuando X_2 es Cl_2 (verde, a), Br_2 (amarillo, b) e I_2 (púrpura, c). Ordene los equilibrios de la constante de equilibrio más pequeña a la más grande.



** PROBLEMA 3.

La siguiente gráfica representa el rendimiento del compuesto AB en equilibrio en la reacción a dos diferentes presiones, x e y , como una función de la temperatura.



- ¿Esta reacción es exotérmica o endotérmica?
- ¿ $P = x$ es mayor o menor que $P = y$?

PROBLEMA 4.

Escriba la expresión de K_c en las siguientes reacciones.

- | | |
|---|--|
| a) $\text{NO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{(g)} + \text{NO}_{2(g)}$ | d) $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$ |
| b) $\text{CH}_4_{(g)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CS}_2_{(g)} + \text{H}_2_{(g)}$ | e) $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons 2\text{H}^+_{(ac)} + 2\text{OH}^-_{(ac)}$ |
| c) $\text{HF}_{(ac)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(ac)} + \text{F}^-_{(ac)}$ | f) $\text{SO}_3_{(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_2_{(g)} + \text{O}_2_{(g)}$ |

** PROBLEMA 5.

La constante de equilibrio (K_c) para la reacción $2\text{HCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ es de 4.17×10^{-34} a 25°C . ¿Cuál es el valor de K_c para la reacción $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HCl}_{(g)}$ a la misma temperatura?

PROBLEMA 6.

Con base en el valor de la constante de equilibrio, seleccione las reacciones donde sea favorable la formación de *productos*.

- $\text{NH}_{3(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$ $K = 1.8 \times 10^{-5}$
- $\text{Au}^+_{(ac)} + 2\text{CN}^-_{(ac)} \rightleftharpoons [\text{Au}(\text{CN})_2]^-_{(ac)}$ $K = 2.0 \times 10^{38}$
- $\text{HS}^-_{(ac)} + \text{H}^+_{(ac)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_{(ac)}$ $K = 1.0 \times 10^7$

PROBLEMA 7.

Con base en el valor de la constante de equilibrio, seleccione las reacciones donde sea favorable la formación de *reactivos*.

- $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$ $K = 1.0 \times 10^{-7}$
- $[\text{AlF}_6]^{3-}_{(ac)} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+}_{(ac)} + 6\text{F}^-_{(ac)}$ $K = 2.0 \times 10^{-24}$
- $\text{CH}_3\text{COOH}_{(ac)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-_{(ac)} + \text{H}^+_{(ac)}$ $K = 1.75 \times 10^{-5}$

** PROBLEMA 8.

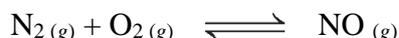
Si $K_c = 0.042$ para $\text{PCl}_3_{(g)} + \text{Cl}_2_{(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_5_{(g)}$ a 500 K , ¿cuál es el valor de K_p para la reacción a esa temperatura?

PROBLEMA 9.

Calcule K_c a 303 K para $\text{SO}_2_{(g)} + \text{Cl}_2_{(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2_{(g)}$ si $K_p = 34.5$ a esa temperatura.

PROBLEMA 10.

La reacción entre nitrógeno y oxígeno para formar $\text{NO}_{(g)}$ se representa mediante la ecuación química



A 1500 K, las concentraciones al equilibrio de los gases son: 1.7×10^{-3} mol/L de O_2 , 6.4×10^{-3} mol/L de N_2 , 1.1×10^{-5} mol/L de NO . Con estos datos, calcule el valor K_c a 1500 K.

** PROBLEMA 11.

El valor de la constante de equilibrio, K_c , de la reacción $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2_{(g)}$ es de 1.845 a una temperatura dada. En un recipiente de 1.00 L se colocan 0.500 mol de CO y 0.500 mol de H_2O a esta temperatura y se deja que la reacción llegue al equilibrio. ¿Cuál es la concentración de todas las sustancias presentes en el equilibrio?

PROBLEMA 12.

Para la siguiente ecuación, $\text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(g)$ $K_c = 7.9 \times 10^{11}$ a 500 K. Calcule el valor de K_c para las siguientes reacciones a esa temperatura:

- $\frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{Br}_2(g) \rightleftharpoons \text{HBr}(g)$ $K_c = ?$
- $2\text{HBr}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g)$ $K_c = ?$
- $4\text{HBr}(g) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(g) + 2\text{Br}_2(g)$ $K_c = ?$

PROBLEMA 13.

El valor numérico de la constante de equilibrio de concentración de la reacción en fase gaseosa:



es de 0.50 a una temperatura dada. En un recipiente se introduce una mezcla de H_2CO , H_2 y CO a esta temperatura. Después de un tiempo breve, el análisis de una muestra pequeña de la mezcla de reacción indica las siguientes concentraciones: $[\text{H}_2\text{CO}] = 0.50$ M, $[\text{H}_2] = 0.80$ M y $[\text{CO}] = 0.25$ M. Clasifique como verdadero o falso cada uno de los enunciados siguientes sobre esta mezcla de reacción:

- La mezcla de reacción está en equilibrio.
- La mezcla de reacción no está en equilibrio, pero la reacción no prosigue.
- La mezcla de reacción no está en equilibrio, pero se desplaza hacia el equilibrio si se consume más H_2CO .
- La velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa.

PROBLEMA 14.

Considere el siguiente proceso en equilibrio a 686°C : $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$. Las concentraciones en el equilibrio de las especies reactivas son: $[\text{CO}] = 0.050$ M, $[\text{H}_2] = 0.045$ M, $[\text{CO}_2] = 0.086$ M y $[\text{H}_2\text{O}] = 0.040$ M.

- Calcule K_c para la reacción a 686°C .
- Si se añadiera CO_2 para aumentar su concentración a 0.50 mol/L, ¿cuáles serían las concentraciones de todos los gases una vez que se hubiera restablecido el equilibrio?

PROBLEMA 15.

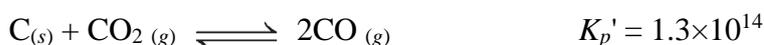
Una mezcla de 0.2000 moles de CO₂, 0.1000 moles de H₂ y 0.1600 moles de H₂O se coloca en un recipiente de 2.000 L. Se establece el siguiente equilibrio a 500 K:



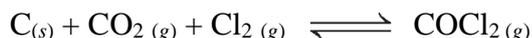
- Calcule las presiones parciales iniciales del CO₂, H₂ y H₂O.
- En el equilibrio, $P_{\text{H}_2\text{O}} = 3.51$ atm. Calcule las presiones parciales de equilibrio de CO₂, H₂ y CO.
- Calcule K_p y K_c para la reacción.

**** PROBLEMA 16.**

Se determinaron las siguientes constantes de equilibrio a 1123 K:



Escriba la expresión de la constante de equilibrio K_p y calcule la K_c a 1123 K para


PROBLEMA 17.

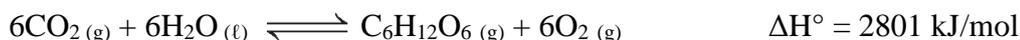
Considere los siguientes sistemas en equilibrio:



Pronostique los cambios que experimentarían las constantes de equilibrio K_c para cada caso si se elevase la temperatura del sistema reaccionante.

PROBLEMA 18.

La fotosíntesis puede ser representada por:

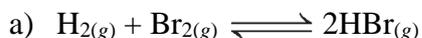


Explique cómo alterarían el equilibrio los siguientes cambios:

- La presión parcial de CO₂ se incrementa
- El O₂ se elimina de la mezcla
- El compuesto C₆H₁₂O₆ (glucosa) se elimina de la mezcla
- Se agrega más agua
- Se agrega un catalizador
- Se reduce la temperatura.

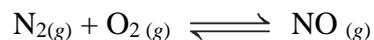
PROBLEMA 19.

Calcule y compare los valores de ΔG° y K_p para los siguientes procesos a 25°C:



❖❖ **PROBLEMA 20.**

Considere la reacción:



Si el valor de ΔG° para la reacción a 25°C es de 173.4 kJ/mol :

- Calcule la energía libre estándar de formación del NO
- Calcule K_p para la reacción.
- El NO se puede producir en los automóviles. Suponga que la temperatura en el motor de un automóvil en marcha es de 1100°C , calcule K_p para la reacción anterior a esa temperatura.