PROBLEMAS RESUELTOS
SELECTIVIDAD ANDALUCÍA
2024

QUÍMICA

TEMA 5: EQUILIBRIO QUÍMICO

- Junio, Ejercicio B2
- Junio, Ejercicio C1
- Reserva 1, Ejercicio B2
- Reserva 1, Ejercicio C1
- Reserva 2, Ejercicio C1
- Reserva 3, Ejercicio B6
- Reserva 3, Ejercicio C1
- Reserva 4, Ejercicio C1
- Julio, Ejercicio B2
- Julio, Ejercicio C1

emestrada

El metanol se prepara industrialmente según el proceso siguiente:

$$CO(g) + 2H_2(g) \rightleftarrows CH_3OH(g) \quad \Delta H^0 < 0$$

Razone como afectaría al rendimiento de la reacción:
a) Aumentar la temperatura.
b) Retirar del reactor el CH_3OH a medida que se vaya produciendo.
c) Aumentar la presión del sistema a temperatura constante.
QUIMICA. 2024. JUNIO. EJERCICIO B2

R E S O L U C I Ó N

El principio de Le Chatelier dice que: "Si sobre un sistema en equilibrio se introduce una modificación, el sistema evolucionará en el sentido en que se oponga a tal cambio".

Como el signo de la entalpía de la reacción es negativo, se deduce que la reacción, de izquierda a derecha, es exotérmica. Por lo que:

a) Si se eleva la temperatura, el sistema evolucionará en el sentido en que se absorba calor, es decir, en que sea endotérmica, por lo tanto, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda y disminuye el rendimiento de la reacción.

b) Al retirar $CH_3OH(g)$, el equilibrio se desplaza hacia la derecha y aumenta el rendimiento de la reacción.

c) Si aumentamos la presión el volumen tiene que disminuir, luego, el equilibrio se desplaza hacia la derecha ya que hay menos moles y aumenta el rendimiento de la reacción.

emestrada

El N_2O_4 se descompone en NO_2, estableciéndose el siguiente equilibrio:

$$N_2O_4(g) \rightleftarrows 2NO_2(g)$$

En un recipiente de 0'5 litros se introducen 0'025 moles de N_2O_4 a 250ºC. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión total es de 3'86 atm. Calcule:

a) La presión parcial de cada gas en el equilibrio y el valor de K_p a la temperatura dada.

b) El grado de disociación del N_2O_4 y el valor de K_c a la temperatura dada.

Dato: R = 0'082 $atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$.

QUÍMICA. 2024. JUNIO. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

Calculamos la concentración inicial de $\left[N_2O_4\right] = \frac{0'025}{0'5} = 0'05\ M$

El equilibrio es:

	N_2O_4	$\rightleftarrows$	$2NO_2$
inicial	$0'05$		0
equilibrio	$0'05 \cdot (1-\alpha)$		$2 \cdot 0'05 \cdot \alpha$

moles totales en el equilibrio: $0'05 \cdot (1+\alpha)$

Calculamos el grado de disociación:

$$3'86 = \frac{n \cdot (1+\alpha) \cdot R \cdot T}{V} = c \cdot (1+\alpha) \cdot R \cdot T = 0'05 \cdot (1+\alpha) \cdot 0'082 \cdot 523 \Rightarrow \alpha = 0'8$$

Calculamos las constantes

$$K_p = \frac{P_{NO_2}{}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{\left(\frac{2n\alpha}{n(1+\alpha)} \cdot P_T\right)^2}{\frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} \cdot P_T} = \frac{4\alpha^2 P_T}{1-\alpha^2} = \frac{4 \cdot 0'8^2 \cdot 3'86}{1-0'8^2} = 27'45$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n} = 27'45 \cdot (0'082 \cdot 523)^{-1} = 0'64$$

Calculamos las presiones parciales en el equilibrio

$$P_{NO_2} = \frac{2n\alpha}{n(1+\alpha)} \cdot P_T = \frac{2\alpha}{(1+\alpha)} \cdot P_T = \frac{2 \cdot 0'8}{1+0'8} \cdot 3'86 = 3'43\ atm$$

$$P_{N_2O_4} = \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} \cdot P_T = \frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)} \cdot P_T = \frac{1-0'8}{1+0'8} \cdot 3'86 = 0'429\ atm$$

La reacción en fase gaseosa: $2A + B \rightarrow 3C$ es de orden dos respecto de A y de orden uno respecto de B.
a) Escriba la ecuación de velocidad en función de las concentraciones de A y B e indique el orden total de la reacción.
b) Indique las unidades de la velocidad de reacción y de la constante cinética para esta reacción.
c) Razone cómo afectará a la velocidad de reacción un aumento de la temperatura a volumen constante.
QUÍMICA. 2024. RESERVA 1. EJERCICIO B2

R E S O L U C I Ó N

a) $v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$. Orden total $2 + 1 = 3$

b) $v = mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$; $k = \frac{v}{[A]^2 \cdot [B]} = \frac{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}{mol^2 \cdot L^{-2} \cdot mol \cdot L^{-1}} = mol^{-2} \cdot L^2 \cdot s^{-1}$

c) Experimentalmente, Arrhenius dedujo la relación existente entre la constante de la ecuación de velocidad y la temperatura: $k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$. Al aumentar la temperatura, aumenta el valor de k y, por tanto, la velocidad de reacción.

emestrada

Se introducen 2 g de $CaCO_3$ en un recipiente de 2 L y se calienta a 800 ºC estableciéndose el siguiente equilibrio: $CaCO_3(s) \rightleftarrows CaO(s) + CO_2(g)$
Calcule:
a) Las constantes K_p y K_c a esa temperatura si la presión en el equilibrio es de 0,236 atm.
b) Los gramos de $CaCO_3$ y de CaO que hay en el recipiente después de que se alcance el equilibrio.
Datos: Masas atómicas relativas: $Ca = 40$; $O = 16$; $C = 12$; $R = 0'082\ atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
QUÍMICA. 2024. RESERVA 1. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

a) Como sólo tenemos un gas, la presión en el equilibrio es la presión parcial del CO_2, luego:

$$K_p = P_{CO_2} = 0'236$$

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = 0'236 \cdot (0'082 \cdot 1073)^{-1} = 2'68 \cdot 10^{-3}$$

b) Conociendo la presión del CO_2, podemos calcular el número de moles que hay del mismo en el equilibrio, que será también el número de moles que se han disociado de carbonato de calcio y moles de CaO en el equilibrio.

$$0'236 \cdot 2 = n \cdot 0'082 \cdot 1073 \Rightarrow n = \frac{0'236 \cdot 2}{0'082 \cdot 1073} = 5'36 \cdot 10^{-3} \text{ moles } CO_2$$

Gramos de CaO en el equilibrio: $\Rightarrow n = \frac{g}{Mm} \Rightarrow n \cdot Mm = 5'36 \cdot 10^{-3} \cdot 56 = 0'3$ gramos

Gramos que quedan de $CaCO_3$ en el equilibrio $\Rightarrow 2 - n \cdot Mm = 2 - 5'36 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 1'464$ gramos

emestrada

En un recipiente de 10 L se introduce el mismo número de moles de I_2 y H_2. Se calienta a 623 K y se obtienen 2 moles de HI, de acuerdo con el siguiente equilibrio:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$$

Calcule:

a) Los moles de I_2 y H_2 que se han introducido y la presión total en el equilibrio.

b) El valor de K_p y el porcentaje de H_2 que ha reaccionado.

Datos: $R = 0'082\ atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$; $K_c = 60$

QUÍMICA. 2024. RESERVA 2. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

a)

	H_2	+	I_2	$\rightarrow$	$2HI$
inicial	n		n		0
equilibrio	$n-x$		$n-x$		$2x$

Sabemos que: $2x = 2 \Rightarrow x = 1$

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\cdot[I_2]} = \frac{\left(\frac{2}{10}\right)^2}{\left(\frac{n-1}{10}\right)\cdot\left(\frac{n-1}{10}\right)} = \frac{4}{(n-1)^2} = 60 \Rightarrow n-1 = \sqrt{\frac{4}{60}} \Rightarrow n = 1'258$$

moles de H_2 = moles de $I_2 = 1'258$

moles totales: $n_T = n - x + n - x + 2x = 2n = 2 \cdot 1'258 = 2'516$

$P_T \cdot 10 = 2'516 \cdot 0'082 \cdot 623 \Rightarrow P_T = 12'85$ atm

b) Como $\Delta n = 0 \Rightarrow K_c = K_p = 60$

moles de hidrógeno que han reaccionado $\left.\begin{matrix} 1'258 & \rightarrow & 1 \\ 100 & \rightarrow & x \end{matrix}\right\} \Rightarrow x = \frac{100}{1'258} = 79'49\%$

La reacción $A + B \rightarrow C$ es de orden cero con respecto a A, orden 2 con respecto a B y su constante de velocidad vale $0'027\ mol^{-1} \cdot L \cdot s^{-1}$. Responda a las siguientes preguntas, justificando la respuesta:
a) ¿Cuál es el orden total de la reacción?
b) ¿Cuál es la velocidad si las concentraciones iniciales de A y de B son 0,48 M y 0,35 M, respectivamente?
c) ¿Cómo se modifica la velocidad si la concentración inicial de A se reduce a la mitad?
QUÍMICA. 2024. RESERVA 3. EJERCICIO B6

R E S O L U C I Ó N

a) La ecuación de velocidad es $v = k \cdot [B]^2$. El orden total de la reacción es 2.

b) $v = k \cdot [B]^2 = 0'027 \cdot 0'35^2 = 3'3 \cdot 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$.

c) La concentración de A no afecta a la velocidad, por lo tanto, la velocidad no se modifica.

emestrada

Al calentar HgO(s) a 400 ºC en un recipiente cerrado se obtiene Hg(g) y O_2(g), estableciéndose el siguiente equilibrio: $2\,HgO(s) \rightleftarrows 2\,Hg(g) + O_2(g)$
Si la presión total cuando se alcanza el equilibrio es de 0,195 atm, calcule:
a) Las presiones parciales de cada gas en el equilibrio y el valor de K_p a 400 ºC.
b) El valor de K_c a 400 ºC y los moles de HgO que se han descompuesto si el recipiente tiene un volumen de 2 L.
Dato: $R = 0'082\ atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
QUÍMICA. 2024. RESERVA 3. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

a) Sabemos que: $P_T = P_{Hg} + P_{O_2}$

Como en el equilibrio hay doble número de moles de mercurio que de oxígeno, la presión del mercurio será el doble $P_{Hg} = 2 \cdot P_{O_2}$, luego sustituyendo, tenemos que:

$$P_T = 0'195 = P_{Hg} + P_{O_2} = 2\,P_{O_2} + P_{O_2} = 3\,P_{O_2} \Rightarrow P_{O_2} = \frac{0'195}{3} = 0'065\ atm$$

$$P_{Hg} = 2P_{O_2} = 2 \cdot 0'065 = 0'13\ atm$$

Como el óxido de mercurio se encuentra en estado sólido, entonces:

$$K_p = P_{Hg}{}^2 \cdot P_{O_2} = (0'13)^2 \cdot 0'065 = 1'09 \cdot 10^{-3}$$

b) A partir de K_p, calculamos K_c:

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = 1'09 \cdot 10^{-3} \cdot (0'082 \cdot 673)^{-3} = 6'53 \cdot 10^{-9}$$

Calculamos el número de moles de oxígeno desprendidos:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0'065 \cdot 2}{0'082 \cdot 673} = 2'35 \cdot 10^{-3}$$

Por cada mol obtenido de oxígeno se descomponen 2 moles de HgO, por tanto:

$$2'35 \cdot 10^{-3}\ moles\ O_2 \cdot \frac{2\ moles\ HgO}{1\ mol\ O_2} = 4'7 \cdot 10^{-3}\ moles\ HgO$$

El cloro gaseoso, $Cl_2(g)$, se obtiene industrialmente a partir de $HCl(g)$ y $O_2(g)$, de acuerdo con la siguiente ecuación: $4HCl(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2H_2O(g) + 2Cl_2(g)$
Se introducen 32,85 g de HCl y 38,40 g de O_2 en un recipiente cerrado de 10 L y se calienta la mezcla de reacción a 390 ºC. Cuando se alcanza el equilibrio se observa que la presión parcial del $Cl_2(g)$ vale 2,175 atm. Calcule:
a) Las concentraciones de todos los gases en el equilibrio.
b) Las constantes K_c y K_p a 390 ºC.
Datos: Masas atómicas $Cl = 35'5$; $O = 16$; $H = 1$. $R = 0,082\ atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$.
QUÍMICA. 2024. RESERVA 4. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

a) moles $HCl = \frac{32'85}{36'5} = 0'9$ moles $O_2 = \frac{38'4}{32} = 1'2$

	$4HCl(g)$	$+\ O_2(g)$	$\rightleftarrows\ 2Cl_2(g)$	$+\ 2H_2O(g)$
inicial	0'9	1'2	0	0
equilibrio	$0'9-4x$	$1'2-x$	$2x$	$2x$

Por el enunciado sabemos que: $P_{Cl_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{2x \cdot 0'082 \cdot 663}{10} = 2'175 \Rightarrow x = \frac{10 \cdot 2'175}{2 \cdot 0'082 \cdot 663} = 0'2$.
Luego, los moles en el equilibrio de cada sustancia serán:

	$4HCl(g)$	$+\ O_2(g)$	$\rightleftarrows\ 2Cl_2(g)$	$+\ 2H_2O(g)$
equilibrio	0'1	1	0'4	0'4

Luego, las concentraciones de los gases en el equilibrio son:

$$[HCl] = \frac{0'1}{10} = 0'01$$
$$[O_2] = \frac{1}{10} = 0'1$$
$$[Cl_2] = [H_2O] = \frac{0'4}{10} = 0'04$$

b) Calculamos las constantes

$$K_c = \frac{[Cl_2]^2 \cdot [H_2O]^2}{[HCl]^4 \cdot [O_2]} = \frac{(0'04)^2 \cdot (0'04)^2}{(0'01)^4 \cdot (0'1)} = 2.560$$

$$K_P = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 2560 \cdot (0'082 \cdot 663)^{-1} = 47'09$$

El bromuro de amonio es un sólido cristalino que se descompone en un proceso endotérmico según el siguiente equilibrio: $NH_4Br(s) \rightleftarrows NH_3(g) + HBr(g)$

En un reactor en el que se ha alcanzado el equilibrio anterior:

a) Explique si la cantidad de $NH_4Br(s)$ aumenta, disminuye o no se modifica al introducir $NH_3(g)$ en el reactor.

b) Justifique qué ocurre si duplicamos el volumen del reactor a temperatura constante.

c) Razone si el valor de la constante de equilibrio a 400ºC será mayor, menor o igual que a 25ºC.

QUÍMICA. 2024. JULIO. EJERCICIO B2

R E S O L U C I Ó N

El Principio de Le Chatelier dice que si en un sistema en equilibrio se modifica alguno de los factores externos (temperatura, presión o concentración), el sistema evoluciona de forma que se desplaza en el sentido que tienda a contrarrestar dicha variación. Atendiendo a él, se pueden razonar las tres cuestiones anteriores:

a) Al aumentar la cantidad de amoniaco, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, con lo cual aumenta la cantidad de bromuro de amonio.

b) Un aumento de volumen del reactor provoca una disminución de la presión en el interior del mismo y el sistema evoluciona aumentando dicha presión. Para ello se desplazará hacia la derecha, ya que, aumenta el número de moles gaseosos y, por lo tanto, aumenta la presión.

c) El aumento de temperatura favorece la reacción endotérmica, con lo cual, la constante de equilibrio aumenta.

emestrada

Se introduce 0,1 mol de PCl_5 en un matraz cerrado de 0,5 L y se calienta a 525 ºC, disociándose un 48% según la siguiente reacción: $PCl_5(g) \rightleftarrows PCl_3(g) + Cl_2(g)$
Calcule:
a) Las concentraciones de los gases en el equilibrio y el valor de K_c a esa temperatura.
b) La presión total en el interior del matraz cuando se alcanza el equilibrio y el valor de K_p a esa temperatura.
Dato: $R = 0'082\ atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
QUIMICA. 2024. JULIO. EJERCICIO C1

R E S O L U C I Ó N

a)

	PCl_5	$\rightleftarrows$	PCl_3	+	Cl_2
inicial	0'1		0		0
equilibrio	$0'1(1-\alpha)$		$0'1\alpha$		$0'1\alpha$

El número total de moles es: $n_T = 0'1(1-\alpha) + 0'1\alpha + 0'1\alpha = 0'1(1+\alpha)$.

$$\left[PCl_3\right] = \left[Cl_2\right] = \frac{0'1}{V} = \frac{0'1 \cdot 0'48}{0'5} = 0'096$$

$$\left[PCl_5\right] = \frac{0'1(1-\alpha)}{V} = \frac{0'1 \cdot 0'52}{0'5} = 0'104$$

Luego: $K_c = \dfrac{\left[PCl_3\right] \cdot \left[Cl_2\right]}{\left[PCl_5\right]} = \dfrac{0'096 \cdot 0'096}{0'104} = 0'089$

b) Calculamos la presión total

$$P_T = \frac{0'1 \cdot (1+\alpha) \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0'1 \cdot (1+0'48) \cdot 0'082 \cdot 798}{0'5} = 19'36\ atm$$

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n} = 0'089 \cdot (0'082 \cdot 798)^1 = 5'82$$