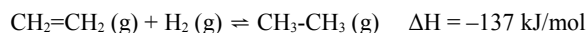


Problemas de Equilibrio Químico

1 El etano puede obtenerse por hidrogenación del eteno a partir de la reacción:



- Calcula la energía del enlace C=C teniendo en cuenta que las energías de los enlaces C-C, H-H y C-H son respectivamente 346, 391 y 413 kJ/mol.
- Razona cuáles serán las condiciones de presión y temperatura más adecuadas para obtener un elevado rendimiento en la producción de etano.

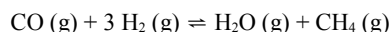
2 La obtención industrial del amoníaco se basa en la reacción



Razona qué efecto producirá sobre el equilibrio cada uno de los siguientes cambios:

- Una disminución del volumen del reactor a temperatura constante.
- Un incremento de la temperatura a presión constante.
- La adición de un catalizador.

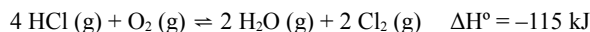
3 Para el equilibrio químico representado por la reacción:



Justifica razonadamente el efecto que producirá en la concentración de metano las siguientes modificaciones del equilibrio:

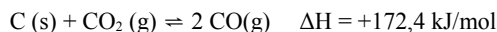
- Un aumento de la temperatura a presión constante.
- Una disminución del volumen del reactor si mantenemos constante la temperatura.
- La adición de un catalizador.

4 Razona el efecto que tendrán sobre el siguiente equilibrio cada uno de los cambios:



- Aumentar la temperatura.
- Aumentar la presión total reduciendo el volumen.
- Añadir oxígeno.
- Eliminar parcialmente HCl(g).
- Añadir un catalizador.

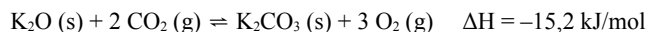
5 Se dispone de un sistema en equilibrio a 25 °C que contiene carbono, monóxido de carbono y dióxido de carbono:



Justifica si la cantidad de CO(g) permanece constante, aumenta o disminuye cuando:

- Aumenta la temperatura.
- Disminuye la presión.
- Se introduce C(s) en el recipiente.

6 En ciertos dispositivos en los que es necesario eliminar el dióxido de carbono producido por la respiración, se utiliza el óxido de potasio para transformarlo en oxígeno de acuerdo al equilibrio:

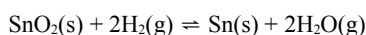


Indica, razonadamente, cómo afectaría cada una de las siguientes acciones a la capacidad del sistema para producir oxígeno:

- Aumento de la concentración de dióxido de carbono.

- b) Disminución de la temperatura a la que se lleva a cabo la reacción.
- c) Reducción del volumen del reactor hasta alcanzar la mitad de su volumen inicial.
- d) Aumento de la cantidad inicial de óxido de potasio.

7 Para el siguiente equilibrio químico dado por:



La constante de equilibrio K_p vale $2,45 \cdot 10^{-7}$ a 400 K y su valor es de $8,67 \cdot 10^{-5}$ cuando la temperatura de trabajo es de 500 K. Contesta razonadamente si, para conseguir mayor producción de estaño, serán favorables las siguientes condiciones:

- a) aumentar la temperatura de trabajo;
- b) aumentar el **volumen** del reactor;
- c) aumentar la **cantidad** de hidrógeno en el sistema;
- d) añadir un catalizador al equilibrio.

8 Las ecuaciones siguientes representan reacciones reversibles en las que se desea aumentar la concentración de la sustancia que aparece en negrita en el equilibrio

- a) $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -94,05 \text{ kJ/mol}$
- b) $\text{CO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +90,74 \text{ kJ/mol}$
- c) $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +92,80 \text{ kJ/mol}$

¿Qué condiciones serían las adecuadas para cada una de ellas? Justifica la respuesta.

- i. Aumentando T y p .
- ii. Disminuyendo T y aumentando p .
- iii. Disminuyendo T y p .
- iv. Aumentando T y disminuyendo p .

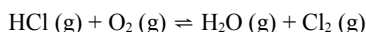
9 La síntesis del amoníaco tiene una gran importancia industrial. Sabiendo que la entalpía de formación del amoníaco es $-46,2 \text{ kJ/mol}$.

- d) Predí las condiciones de presión y temperatura (alta o baja) más favorables para la síntesis del amoníaco, justificando la respuesta.
- e) A bajas temperaturas la reacción es demasiado lenta para su utilización industrial. Indica razonadamente como podría modificarse la velocidad de reacción para hacerla rentable industrialmente. (S08)

10 El dióxido de nitrógeno, de color pardo-rojizo, reacciona consigo mismo (dimerización), para dar tetraóxido de dinitrógeno, que es un gas incoloro. Una mezcla en equilibrio a 0°C es casi incolora, mientras que a 100°C tiene color pardo-rojizo. Responde razonadamente las siguientes cuestiones:

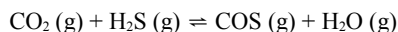
- a) Escribe el equilibrio químico correspondiente a la reacción de dimerización.
- b) La reacción de dimerización, ¿es exotérmica o endotérmica?
- c) Indica qué ocurrirá si a 100°C se aumenta la presión del sistema.
- d) Escribe la expresión de la constante de equilibrio K_p para la reacción de disociación del dímero, en función del grado de disociación y de la presión total.

11 La obtención de un halógeno en el laboratorio puede realizarse tratando un hidrácido con un oxidante. Para el caso del cloro la reacción viene dada por el equilibrio:



- a) Ajusta la reacción.
- b) Escribe la expresión matemática de la constante de equilibrio K_c .
- c) Si en un recipiente de 2,5 litros se introducen 0,07 mol de cloruro de hidrógeno y la mitad de esa cantidad de oxígeno, se alcanza el equilibrio cuando se forman 0,01 mol de cloro e igual cantidad de agua. Calcula el valor de la constante de equilibrio.

12 El dióxido de carbono reacciona rápidamente con el sulfuro de hidrógeno, a altas temperaturas, según la reacción siguiente:



En una experiencia se colocaron 4,4 g de dióxido de carbono en una vasija de 2,5 litros, a 337 °C, y una cantidad suficiente de sulfuro de hidrógeno para que la presión total fuese de 10 atm una vez alcanzado el equilibrio. En la mezcla que se obtiene una vez alcanzado el equilibrio existían 0,01 mol de agua. Determina:

- El número de moles de cada una de las especies en el equilibrio.
- El valor de K_c .
- El valor de K_p .

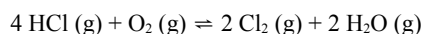
13 El pentacloruro de fósforo se disocia según el equilibrio homogéneo en fase gaseosa siguiente:



A una temperatura determinada, se introduce en un matraz de un litro de capacidad un mol de pentacloruro de fósforo, y se consigue el equilibrio cuando se disocia el 35 % de la cantidad de pentacloruro inicial. Si la presión de trabajo es de 1,5 atm, queremos saber:

- La constante de equilibrio según las concentraciones molares.
- Las presiones parciales de los gases en el equilibrio.
- La constante de equilibrio en función de las presiones parciales.

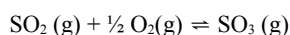
14 En el proceso Deacon el cloro se obtiene según el siguiente equilibrio:



Se introducen 3,285 g de HCl y 3,616 g de oxígeno en un recipiente cerrado de 10 litros en el que previamente se ha hecho el vacío. Se calienta la mezcla a 390 °C y cuando se ha alcanzado el equilibrio a esta temperatura se obtienen una cantidad de 2,655 g de cloro.

- Calcula el valor de K_c .
- Calcula la presión parcial de cada componente en la mezcla en equilibrio y, a partir de estas presiones parciales, calcule el valor de K_p .

15 La formación de trióxido de azufre a partir de dióxido de azufre y oxígeno es una etapa intermedia en la síntesis industrial del ácido sulfúrico:



Se introducen 128 g de dióxido de azufre y 64 g de oxígeno en un recipiente cerrado de 2 litros en el que previamente se ha hecho el vacío. Se calienta a 830 °C y tras alcanzar el equilibrio se observa que ha reaccionado el 80 % del dióxido de azufre inicial.

- Calcula la composición (en moles) de la mezcla en equilibrio y el valor de K_c .
- Calcula la presión parcial de cada componente en la mezcla en equilibrio y, a partir de estas presiones, calcula el valor de K_p .

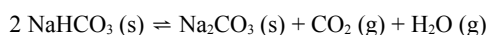
16 A 427 °C el cloruro de amonio se descompone parcialmente según la siguiente ecuación:



Se introduce una cierta cantidad de cloruro de amonio en un recipiente cerrado de 5 L en el que previamente se ha hecho el vacío; se calienta a 427 °C y, cuando se alcanza el equilibrio a la temperatura citada, se observa que la presión en el interior del recipiente es de 4560 mmHg.

- Calcula el valor de K_p y K_c .
- Calcula la cantidad (en gramos) de cloruro de amonio que se habrá descompuesto.
- Si inicialmente hay 10,0 g de cloruro de amonio calcula en este caso la cantidad que se habrá descompuesto.

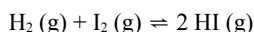
17 A 400 °C el hidrogenocarbonato de sodio se descompone parcialmente según el siguiente equilibrio:



Se introduce una cierta cantidad de hidrogenocarbonato de sodio en un recipiente cerrado de 2 L en el que previamente se ha hecho el vacío; se calienta a 400 °C, y cuando se alcanza el equilibrio a la temperatura citada se observa que la presión en el interior del recipiente es de 0,965 atm.

- Calcula el valor de K_p y de K_c .
- Calcula la cantidad (en g) de hidrogenocarbonato de sodio que se habrá descompuesto.
- Si inicialmente hay 1,0 g de hidrogenocarbonato de sodio calcula la cantidad que se habrá descompuesto tras alcanzarse el equilibrio.

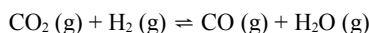
18 La constante de equilibrio del sistema



vale 54,27 a 425 °C. Se desea saber:

- Cuánto vale la constante para el proceso de formación de un mol de yoduro de hidrógeno.
- Cuánto vale la constante de equilibrio de descomposición de un mol de yoduro de hidrógeno.
- Si en un matraz se introducen, en las condiciones de trabajo iniciales, 0,3 mol de hidrógeno, 0,27 mol de yodo y un mol de yoduro de hidrógeno, ¿hacia dónde se desplazará el equilibrio?

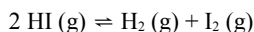
19 La constante de equilibrio K_c es de 0,14 a 550 °C para la siguiente reacción:



En un recipiente de 5,00 litros se introducen 11 g de dióxido de carbono, 0,5 g de hidrógeno y se calienta a 550 °C. Calcula:

- La composición de la mezcla de gases en el equilibrio.
- La composición de la mezcla cuando se alcance de nuevo el equilibrio tras añadir 11 g más de dióxido de carbono a la mezcla anterior.

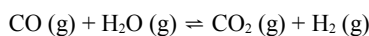
20 En un recipiente de 200 ml de capacidad y mantenido a 400 °C se introducen 2,56 g de HI alcanzándose el equilibrio siguiente:



La constante de equilibrio en esas condiciones vale $K_p = 0,017$. Se desea saber:

- El valor de K_c para este equilibrio.
- La concentración de cada uno de los componentes en el equilibrio.
- La presión total en el equilibrio.

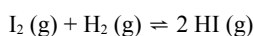
21 La constante K_p correspondiente al equilibrio:



vale 10 a la temperatura de 690 K. Si inicialmente se introducen en un reactor, de 15 litros de volumen, 0,3 mol de CO y 0,2 mol de agua, calcula:

- Las concentraciones de cada una de las especies (monóxido de carbono, agua, dióxido de carbono e hidrógeno) una vez alcanzado el equilibrio.
- La presión en el interior del recipiente tras alcanzarse el equilibrio.
- Si la constante de equilibrio K_p correspondiente a este mismo equilibrio alcanza un valor de 66,2 a 550 K, deduce si se trata de una reacción endotérmica o exotérmica.

22 El yodo reacciona con el hidrógeno según la siguiente reacción:



El análisis de una mezcla gaseosa de yodo, hidrógeno y HI, contenida en un recipiente de 1 L a 227 °C, donde se ha alcanzado el equilibrio, dio el siguiente resultado: $2,21 \cdot 10^{-3}$ mol de HI; $1,46 \cdot 10^{-3}$ mol de yodo, y $2,09 \cdot 10^{-3}$ mol de hidrógeno.

- ¿Cuál es la presión de cada uno de los gases en el equilibrio a 227 °C y la presión total en el interior del recipiente?
- Escribe la expresión de la constante de equilibrio K_p para la reacción indicada y calcula su valor numérico.

- c) En el mismo recipiente, después de hecho el vacío, se introducen 10 g de yodo y 10 g de HI y se mantiene a 227 °C. Calcula la cantidad (en gramos) de cada uno de los componentes de la mezcla cuando se alcance el equilibrio.

- 23** La formamida es un compuesto de gran importancia en la obtención de fármacos y fertilizantes agrícolas. A altas temperaturas, la formamida se disocia en amoníaco y CO, de acuerdo al equilibrio:



En un recipiente de almacenamiento industrial de 200 L (en el que previamente se ha hecho el vacío) mantenido a una temperatura de 400 K se añade formamida hasta que la presión inicial en su interior es de 1,45 atm. Calcula:

- Las cantidades de formamida, amoníaco y CO que contiene el recipiente una vez se alcance el equilibrio.
- El grado de disociación de la formamida en estas condiciones.
- Deduces razonadamente si el grado de disociación de la formamida aumentaría o disminuiría si a la mezcla del apartado anterior se le añade amoníaco.

- 24** En diversos países la fluoración del agua de consumo humano es utilizada para prevenir la caries.

- Si el producto de solubilidad, K_{ps} , del fluoruro de calcio es 10^{-10} , ¿cuál es la solubilidad de una disolución saturada de fluoruro de calcio?
- ¿Cuánto NaF hay que añadir a una disolución de agua que contiene 20 mg/l de ion calcio para que empiece a precipitar CaF_2 ?

- 25** El producto de solubilidad del hidróxido de aluminio vale $K_s = 2 \cdot 10^{-32}$. Calcula:

- La solubilidad molar del compuesto.
- La cantidad en gramos de ion aluminio que hay en un mililitro de disolución saturada del compuesto.

- 26** Cuestiones:

- Ordena razonadamente las siguientes sales de mayor a menor solubilidad en agua: BaSO_4 , ZnS , CaCO_3 , AgCl .
- Explica si se formará un precipitado de cloruro de plata al mezclar 100 mL de $\text{NaCl } 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ con 100 mL de nitrato de plata $6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.

Productos de solubilidad: $K_{ps}(\text{BaSO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-10}$, $(\text{ZnS}) = 2,5 \cdot 10^{-22}$, $(\text{CaCO}_3) = 9 \cdot 10^{-9}$, $(\text{AgCl}) = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

- 27** Cuestiones:

- Deduces razonadamente si se forma un precipitado de sulfato de bario al mezclar 100 ml de sulfato de sodio $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ y 50 ml de cloruro de bario 0,015 M.
- Indica cómo evolucionará el equilibrio anterior en cada uno de los tres supuestos siguientes:
 - Se añade ion bario en forma de nitrato de bario.
 - Se añade ion sulfato en forma de sulfato de potasio.
 - Se aumenta el volumen añadiendo agua hasta 1 L.

Datos: $K_s(\text{BaSO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-10}$.