



Equilibrioquimico - ejercicios

Quimica General 17871 (Universidad Tecnológica del Perú)



Scan to open on Studocu

EQUILIBRIO QUÍMICO

C1) Para cada una de las frases siguientes decir si es verdadera o falsa justificando la respuesta.

- a) El equilibrio se alcanza cuando alguno de los reactivos se agota.
- b) Para la reacción de fabricación de la cal viva: $\text{CaCO}_3 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$; si queremos descomponer todo el CaCO_3 es preferible trabajar en un recipiente abierto.
- c) Las constantes K_p y K_c tienen el mismo valor numérico para la reacción:
 $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$
- d) Cuando se alcanza el equilibrio no se produce ninguna reacción.

Sol. a) Falso b) Verdadero c) Falso d) Falso

C2) El carbonato de plata, Ag_2CO_3 , tiene tendencia a descomponerse. Si se mantiene en un recinto cerrado, acaba por alcanzar el estado de equilibrio representado por:

$\text{Ag}_2\text{CO}_3 (\text{s}) + \text{calor} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$; con una K_p de 0,0095 atm a 110 °C.

- a) Suponiendo se introducen 0,5 g de $\text{Ag}_2\text{CO}_3 (\text{s})$ en un recipiente de 100 mL y se calienta a 110 °C, ¿qué valor alcanzara la presión de CO_2 cuando se alcance el equilibrio?
- b) ¿Que sucederá si una vez alcanzado el equilibrio se eleva la temperatura a 115 °C?
- c) ¿Que sucederá, si una vez alcanzado el equilibrio, se permite que se expanda el recipiente hasta el doble de su volumen?

Sol. a) 0,0095 atm b) Se formará Ag_2CO_3 c) Se descompone Ag_2CO_3

C3) Las siguientes reacciones han alcanzado el equilibrio a una misma temperatura. Sabiendo que la reacción: $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$; tiene una constante $K_p = 59,42$; calcular las constantes K_p' , K_p'' y K_p''' para los equilibrios:

- a) $2 \text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ K_p'
- b) $1/2 \text{H}_2 + 1/2 \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{HI}$ K_p''
- c) $\text{HI} \rightleftharpoons 1/2 \text{H}_2 + 1/2 \text{I}_2$ K_p'''

Sol. a) $K_p' = 0,0168$ b) $K_p'' = 7,71$ c) $K_p''' = 0,130$

C4) Se tiene una mezcla formada por los siguientes gases: CO , Cl_2 y COCl_2 a 400 °C y 1 atm de presión en equilibrio: $\text{CO} (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{COCl}_2 (\text{g})$

Si se introduce en el sistema una pequeña cantidad de Cl_2 , manteniendo el volumen y la temperatura constantes, cuando el sistema restablezca el equilibrio; razonar y justificar si las siguientes afirmaciones son o no correctas:

- a) El cociente $[\text{COCl}_2]_{\text{equil}} / [\text{CO}]_{\text{equil}} \cdot [\text{Cl}_2]_{\text{equil}}$ será mayor.
- b) La masa de CO será mayor.
- c) La masa de Cl_2 será mayor.
- d) La concentración de COCl_2 será menor.

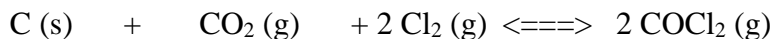
Sol. a) Falso b) Falso c) Verdadero d) Falso

C5) Para el equilibrio $\text{NH}_4\text{Cl} (\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{HCl} (\text{g})$, el valor de K_p es $1,04 \cdot 10^{-2} \text{ atm}^2$.

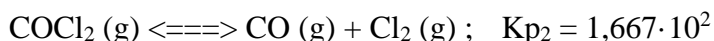
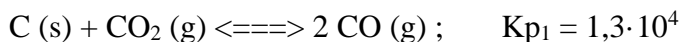
- a) Si 1 mol de NH_4Cl (s) se coloca en un recipiente de paredes rígidas, inicialmente vacío, y se cierra. ¿Cual será la presión parcial del HCl (g), en atm, en el equilibrio?
- b) Si después de alcanzado el equilibrio se añade una pequeña cantidad de NH_4Cl (s), manteniendo el volumen y la temperatura constantes, ¿que le sucederá a las concentraciones de NH_3 y de HCl ?

Sol. a) 0,102 atm b) No se modifican

C6) Determine la K_p a 1120 K del equilibrio químico representado por



a partir de las constantes de equilibrio siguientes, a 1120 K :



Sol. 0,468 atm⁻¹

C7) La constante de equilibrio del sistema $\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{I}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{HI (g)}$ vale a 425 °C, $K = 54,27$. Se desea saber:

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

Sol. a) $K' = 7,37$ b) $K'' = 0,136$ c) hacia la derecha

C8) El dióxido de nitrógeno, NO_2 , de color pardo rojizo, reacciona consigo mismo (dimerización), para dar tetróxido de dinitrógeno, N_2O_4 , 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 a 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 que ocurriría si a 100 °C se aumenta la presión del sistema.
- d) Escriba la expresión de la constante de equilibrio K_p , para la reacción de disociación del dímero, en función del grado de disociación (α) y de la presión total.

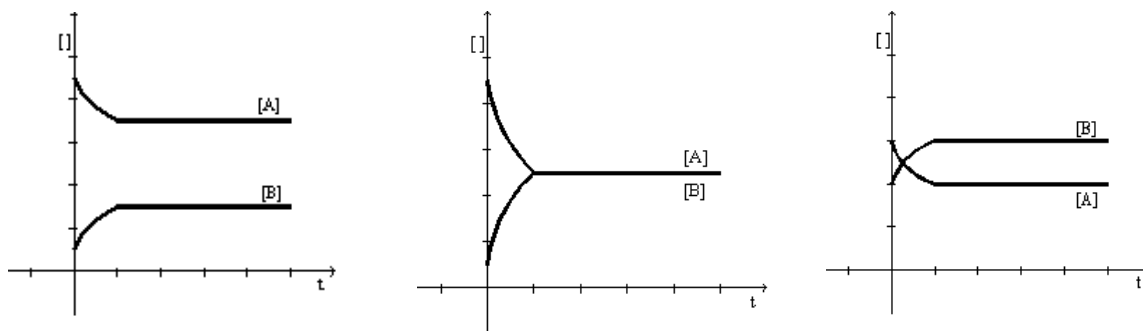
Sol. a) $2 \text{NO}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g)}$ b) exotérmica c) hacia la derecha d) $K_p = 4\alpha^2 / (1 - \alpha^2) \cdot P_t$

C9) Para una hipotética reacción cuya ecuación química es: $\text{A (g)} \rightleftharpoons \text{B (g)}$ se plantean como posibles gráficas de concentración en función del tiempo las siguientes:

Gráfica 1

Gráfica 2

Gráfica 3



Justificar qué gráfica corresponde a cada uno de los siguientes casos:

- a) $K_c \gg 1$ b) $K_c \ll 1$ c) $K_c = 1$

Sol. a) Gráfica 3 b) Gráfica 1 c) Gráfica 2

C10) Para el equilibrio químico que se representa por la reacción: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$; los valores de K_p a 400 y 500 K son respectivamente $4,79 \cdot 10^3$ y $1,70 \cdot 10^3$ atm. Justificar el efecto que producirá en la concentración de NO_2 las siguientes modificaciones del equilibrio.

- a) Un aumento de temperatura a presión constante.
b) Un aumento de presión a temperatura constante.
c) Un aumento de volumen a temperatura constante.

Sol. a) disminuye $[\text{NO}_2]$ b) disminuye $[\text{NO}_2]$ c) disminuye $[\text{NO}_2]$

C11) Para el equilibrio químico representado por la reacción:

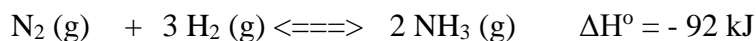


Justifique razonadamente el efecto que produciría en la concentración de $\text{CH}_4 (\text{g})$ las siguientes modificaciones del equilibrio:

- a) Un aumento de la temperatura a presión constante.
b) Una disminución del volumen del reactor manteniendo la temperatura.
c) La adición de un catalizador.

Sol. a) disminuye $[\text{CH}_4]$ b) aumenta $[\text{CH}_4]$ c) no varía

C13) La reacción para la obtención industrial del amoníaco, se basa en la reacción:



Razone que efecto producirá sobre el equilibrio cada uno de los siguientes cambios:

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

Sol. a) Se desplaza hacia la derecha b) Se desplaza hacia la izquierda c) No se modifica

C14) Se dispone de un sistema en equilibrio a 25 °C que contiene $\text{C} (\text{s})$, $\text{CO} (\text{g})$ y $\text{CO}_2 (\text{g})$:

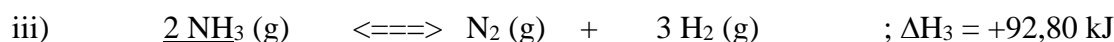
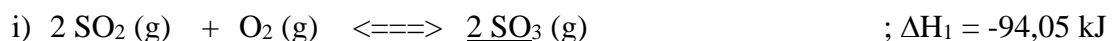


Justifique si la cantidad de $\text{CO} (\text{g})$ permanece constante, aumenta o disminuye cuando:

- a) Aumenta la temperatura.
b) Disminuye la presión.
c) Se introduce $\text{C} (\text{s})$ en el recipiente.

Sol. a) Aumenta b) Aumenta c) Permanece constante

C15) Las ecuaciones siguientes representan reacciones reversibles en las que se desea aumentar la concentración de la sustancia subrayada en el equilibrio:



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

a) Aumentando T y P.

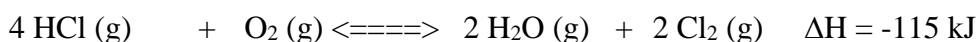
b) Disminuyendo T y aumentando P.

c) Disminuyendo T y P.

d) Aumentando T y disminuyendo P.

Sol. i) Disminuir T y aumentar P ii) Aumentar T y P iii) Disminuir T y aumentar P

C16) Razonar el efecto que tendrá sobre el siguiente equilibrio cada uno de los cambios:



a) Aumentar la temperatura.

b) Aumentar la presión total reduciendo el volumen.

c) Añadir $\text{O}_2 (\text{g})$.

d) Eliminar parcialmente $\text{HCl} (\text{g})$.

e) Añadir un catalizador.

Sol. a) <----- b) -----> c) -----> d) <----- e) No se modifica

C17) Para el siguiente equilibrio químico: $\text{SnO}_2 (\text{s}) + 2\text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sn} (\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$, la constante de equilibrio K_p vale $2,54 \cdot 10^{-7}$ a 400 K y su valor es de $8,67 \cdot 10^{-5}$ cuando la temperatura de trabajo es de 500K. Conteste razonadamente si, para conseguir mayor producción de estaño, serán favorables las condiciones siguientes:

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.

Sol. a) Favorable b) No afecta c) Favorable d) No afecta

C18) El metanol se obtiene industrialmente por hidrogenación del monóxido de carbono, según el equilibrio: $\text{CO} (\text{g}) + 2 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} (\text{l})$; $\Delta H = -128 \text{ kJ/mol}$

Conteste razonadamente si, para conseguir mayor producción de metanol, serán o no favorables cada una de las siguientes condiciones:

a) aumentar la cantidad de hidrógeno en el sistema,

b) aumentar la temperatura de trabajo,

c) disminuir el volumen del reactor, a temperatura constante,

d) eliminar metanol del reactor,

e) añadir un catalizador al sistema en equilibrio.

Sol. a) Favorable b) Desfavorable c) Favorable d) Favorable e) Sin efecto

C19) El oxígeno molecular se encuentra en equilibrio con el ozono según la reacción representada por la ecuación: $3 \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3 (\text{g})$; $\Delta H^\circ = 283 \text{ kJ}$

Justificar hacia donde se desplaza el equilibrio cuando:

a) Disminuye la presión.

b) Disminuye la temperatura.

c) Explica la importancia de esta reacción en relación con los problemas actuales que tiene la atmósfera.

Sol. a) A la izquierda b) A la izquierda c) El ozono absorbe los rayos UV del sol

C20) Uno de los métodos utilizados industrialmente para la obtención del hidrógeno consiste en hacer pasar una corriente de vapor de agua sobre carbón al rojo, de acuerdo con la reacción: $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$; $\Delta H = +131,2 \text{ kJ/mol}$; $\Delta S = +134,1 \text{ J/mol.K}$

Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:

a) ¿Cómo afectan los siguientes cambios al rendimiento de la producción de H_2 ?

a₁) La adición de C (s).

a₂) El aumento de la temperatura.

a₃) La reducción del volumen del recipiente.

b) ¿A partir de qué temperatura el proceso de obtención del hidrógeno es espontáneo?

Sol. a) a₁: no se modifica a₂: aumenta a₃: aumenta b) para $T > 705,37^\circ\text{C}$

C21) Considere el siguiente equilibrio: $\text{Fe} (\text{s}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{s}) + 4 \text{H}_2 (\text{g})$;

$\Delta H = -150 \text{ kJ}$. Explique cómo afecta cada una de las siguientes modificaciones a la cantidad de H_2 (g) presente en la mezcla en equilibrio:

a) Elevar la temperatura de la mezcla.

b) Introducir más H_2O (g).

c) Eliminar Fe_3O_4 (s) a medida que se va produciendo.

d) Aumentar el volumen del recipiente en el que se encuentra la mezcla en equilibrio (manteniendo la temperatura constante).

e) Adicionar a la mezcla en equilibrio un catalizador adecuado.

Sol. a) se reduce b) aumenta c) no cambia d) no cambia e) no cambia

C22) Considere el siguiente equilibrio: $4 \text{NH}_3 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 4 \text{NO} (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$; y responda razonadamente a las siguientes cuestiones:

a) Escriba las expresiones de las constantes K_p y K_c para este equilibrio.

b) Establezca la relación entre los valores de K_p y K_c .

c) Razone como influiría en el equilibrio un aumento de la presión mediante una reducción del volumen.

d) Si se aumentase la concentración de oxígeno, justificar en que sentido se desplazaría el equilibrio. ¿Se modificaría el valor la constante de equilibrio?

Sol. a) $K_p = \frac{[\text{P}(\text{NO})^4 \cdot \text{P}(\text{H}_2\text{O})^6]}{[\text{P}(\text{NH}_3)^4 \cdot \text{P}(\text{O}_2)^5]}$ $K_p = \frac{[\text{NO}]^4 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 \cdot [\text{O}_2]^5}$

- b) $K_p = K_c \cdot R \cdot T$ c) Se desplazará hacia la izquierda
 d) Se desplazará hacia la derecha. No cambian las constantes K_c y K_p

P1) Al calentar el cloruro de nitrosilo NOCl, éste se disocia de acuerdo con la reacción:



Cuando se calientan a 350 °C, en un volumen de 1 L, una muestra de NOCl puro que pesa 1,50 gramos; el grado de disociación resulta ser del 57,2 %. Se pide:

- Determinar el valor de la presión total cuando se ha alcanzado el equilibrio.
- Calcular el valor de la constante de equilibrio K_p .
- Si comprimiésemos el recipiente hasta reducir el volumen a la mitad, explica como variarían la constante de equilibrio K_p y la presión total.

Sol. a) $P_t = 1,51 \text{ atm}$ b) $K_p = 0,78 \text{ atm}^{1/2}$

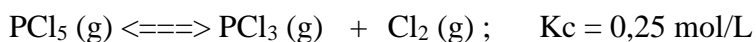
P2) El dióxido de azufre es causa de la lluvia ácida y se produce en los alrededores de algunas centrales térmicas al quemarse el azufre que acompaña algunas hullas y/o petróleos. El dióxido de azufre se utiliza para obtener mediante su oxidación trióxido de azufre.

- Calcular la entalpía de esta reacción de oxidación del SO_2 a SO_3 . ¿Es exotérmica o endotérmica?
- Cuales serían las mejores condiciones de presión y temperatura que favorecerían una mayor producción de trióxido de azufre?
- Al calentar a 600 °C en un reactor de 1 L de volumen, trióxido de azufre y alcanzar el equilibrio, cuando se analiza el contenido existían: $n(\text{SO}_3) = 0,0106$ moles de SO_3 , $n(\text{SO}_2) = 0,0032$ moles de SO_2 y $n(\text{O}_2) = 0,0016$ moles de oxígeno. Calcula la presión total del reactor.
- Calcula la constante K_p para la reacción de formación del trióxido de azufre a 600 °C.

DATOS:	Entalpías de formación.	SO_2 (g)	SO_3 (g)	Constante de los gases
	ΔH_f (kJ/mol)	-296,9	-395,2	$R = 0,082 \text{ atm.L /mol.K}$

Sol. a) $\Delta H_R = -98,3 \text{ kJ}$ b) $P = 1 \text{ atm}$, $T = 400 \text{ °C}$ c) $P_t = 1,10 \text{ atm}$ d) $K_p = 9,96 \text{ atm}^{-1/2}$

P3) Se colocan 16,68 g de pentacloruro de fósforo, PCl_5 , en un recipiente de 2 litros en el que previamente se ha hecho el vacío. Se calienta a 300 °C con lo que el PCl_5 se disocia parcialmente:



- Calcular las concentraciones de los tres gases cuando se alcance el equilibrio.
- Calcular el grado de disociación α del PCl_5 en estas condiciones.
- Calcular la presión total en el equilibrio.
- Calcular la constante de equilibrio K_p .

DATOS: $A_r(\text{P}) = 31$ $A_r(\text{Cl}) = 35,5$

Sol. a) $[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0,035 \text{ M}$ $[\text{PCl}_5] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ b) $\alpha = 87,7 \%$ c) $3,52 \text{ atm}$ d) $K_p = 11,74 \text{ atm}$

P4) El monóxido de nitrógeno, NO, es un contaminante atmosférico capaz de descomponer las moléculas de ozono en la alta atmósfera. La constante de equilibrio para la formación del NO tiene un valor de $1 \cdot 10^{-30}$ a 25 °C y de 0,10 a 200 °C: $\text{N}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{ NO (g)}$

- Explicar razonadamente si se formará más fácilmente el NO a baja o a elevada temperatura.

b) En un recipiente de 2 litros, en el que se ha hecho previamente el vacío, se colocan 0,060 moles de N_2 y 0,020 moles de O_2 y se calienta a 200 °C. Calcular las concentraciones de los tres gases cuando se alcance el equilibrio.

c) Explicar razonadamente si se hubiera obtenido mayor cantidad de NO en el apartado anterior si el recipiente se hubiera comprimido hasta un volumen de 0,50 litros.

Sol. a) a la derecha b) $[N_2] = 0,028 \text{ M}$ $[O_2] = 7,69 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ $[NO] = 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ c) No

P5) A una temperatura determinada se produce la reacción: $Xe(g) + 2 F_2(g) \rightleftharpoons XeF_4(g)$ a)
Se mezclan 0,4 moles de Xe con 0,8 moles de F_2 , en un recipiente de 2 litros. Cuando se alcanza el equilibrio, el 60 % del todo el Xe se ha convertido en XeF_4 . Hallar K_c .

b) Se mezclan 0,4 moles de Xe con -y- moles de F_2 en el mismo recipiente. Cuando se alcanza el equilibrio, el 75 % de todo el Xe se ha convertido en XeF_4 . Hallar el valor de -y-.

Sol. a) $K_c = 58,59 \text{ M}^{-2} (\text{L/mol})^2 (\text{M}^{-2})$ b) $y = 1,06 \text{ moles}$

P6) En un recipiente de 10 litros se introducen 0,61 moles de CO_2 (g) y 0,39 moles de H_2 (g) y se calienta a 1250 °C. Una vez alcanzado el equilibrio, se analiza la mezcla y se encuentra que hay 0,35 moles de CO_2 .

a) Calcular K_c y K_p para la ecuación: $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ a 1250 °C

b) Predecir, justificadamente, lo que sucederá con las concentraciones de todas las especies, si se añade una pequeña cantidad de H_2 (g) a temperatura constante.

c) Tras alcanzarse el equilibrio planteado en el enunciado, se añade 0,22 moles de H_2 (g) a temperatura constante. Calcular los moles existentes en el nuevo equilibrio de cada una de las especies.

Sol. a) 1,49 c) 0,275 moles de CO_2 e H_2 , y 0,335 moles de CO y H_2O

P7) Para la reacción de disociación del N_2O_4 gaseoso, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$, la constante K_p vale 2,49 a 60 °C.

a) Calcular el grado de disociación del N_2O_4 a 60 °C y una presión total en el equilibrio de 1 atm.

b) Suponiendo que disminuyésemos el volumen a temperatura constante, predecir justificadamente:

i. ¿Que le sucederá a la cantidad (moles) de NO_2 ?

ii. ¿Que le sucederá a la concentración de NO_2 ?

Sol. a) $\alpha = 61,9 \%$ bi) disminuyen bii) aumenta

P8) A la temperatura de 400 °C el NH_3 se encuentra disociado en un 40% en N_2 e H_2 cuando la presión total del sistema es 710 mmHg. Calcular:

a) La presión parcial de cada uno de los gases en el equilibrio.

b) Sabiendo que el volumen del recipiente es 486,5 litros, calcular el número de moles de cada especie en el equilibrio

c) El valor de K_p a 400 °C para el equilibrio: $2 NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3 H_2(g)$

DATOS: $Ar(H) = 1$, $Ar(N) = 14$, $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

Sol. a) $P(NH_3) = P(H_2) = 0,4 \text{ atm}$; $P(N_2) = 0,133 \text{ atm}$ b) $n(NH_3) = n(H_2) = 3,53$; $n(N_2) = 1,17$

c) $K_p = 0,0532 \text{ atm}^{-2}$

P9) El fosgeno, COCl_2 , se descompone a elevada temperatura dando monóxido de carbono, CO , y cloro gaseoso, Cl_2 . En una experiencia se inyectan 0,631 gramos de fosgeno en un recipiente rígido de 472,0 cc a 1000 K. Cuando se alcanza el equilibrio se observa que la presión total es 2,175 atm.

a) Calcular la constante K_c para la reacción: $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ a 1000 K.

b) Una vez alcanzado el equilibrio se disminuye el volumen a la mitad manteniendo la temperatura constante. Indicar cualitativamente que sucederá con el número de moles y con la concentración de las especies existentes.

DATOS: $\text{Ar}(\text{C}) = 12$; $\text{Ar}(\text{O}) = 16$; $\text{Ar}(\text{Cl}) = 35,5$ $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $K_c = 0,362 \text{ M}$ bi) $n(\text{COCl}_2) \uparrow$ $n(\text{CO y Cl}_2) \downarrow$ bii) aumentan las concentraciones

P10) El carbamato de amonio sólido ($\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$) se descompone al calentarlo en CO_2 y NH_3 según la reacción: $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$.

En un recipiente, en el que previamente se ha hecho el vacío se calienta una cierta cantidad del compuesto sólido y se observa que la presión total del gas en el equilibrio es 0,843 atm a 400 K.

a) Calcular K_p y K_c para el equilibrio representado.

b) Calcular la cantidad (en moles) del compuesto sólido que quedara sin descomponer si se introduce 1 mol en un recipiente vacío de 1 litro y se calienta hasta 400 K.

DATO: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $K_p = 0,089 \text{ atm}^3$ $K_c = 2,52 \cdot 10^{-6} \text{ M}^3$ b) 0,991 moles de $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$

P11) A 817 °C la constante K_p para la reacción entre el CO_2 puro y el grafito caliente es 10 atm.

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$; Calcular:

a) La presión parcial del CO se en el equilibrio a 817 °C la presión total es de 4 atmósferas.

b) La fracción molar de CO_2 en el equilibrio anterior.

c) La K_c a 817 °C.

Sol. a) $P(\text{CO}) = 3,06 \text{ atm}$ b) $X(\text{CO}_2) = 0,235$ c) $K_c = 0,112 \text{ M}$

P12) En un recipiente de paredes rígidas se hace el vacío y después se introduce $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ hasta alcanzar una presión de 1,00 atm a 100 °C. El N_2O_4 , se disocia parcialmente según el equilibrio: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$. Al alcanzarse el equilibrio la presión total es de 1,78 atm a 100 °C.

a) Calcule la concentración inicial de N_2O_4 expresada en mol/litro.

b) Calcule las concentraciones de equilibrio de ambos compuestos, expresadas en moles/litro. Calcule también el grado de disociación del N_2O_4 a 100 °C.

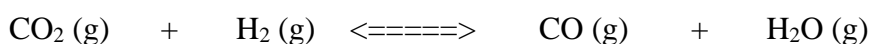
c) Calcule K_c y K_p de la reacción de disociación a 100 °C

DATOS: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{inicial}} = 0,033 \text{ M}$ b) $[\text{CO}_2] = 0,05 \text{ M}$ $[\text{N}_2\text{O}_4] = 8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ $\alpha = 75,8 \%$

c) $K_c = 0,313 \text{ M}$ $K_p = 9,57 \text{ atm}$

P13) La constante de equilibrio K_c es de 4,40 a 2000 K para la siguiente reacción:



a) Calcule la concentración de cada especie en el equilibrio si inicialmente se han introducido 1,00 mol de CO_2 y 1,00 mol de H_2 , en un recipiente vacío de 4,68 litros, a 2000 K.

b) Razone que sucederá, tras alcanzarse el equilibrio, si manteniendo la temperatura constante se reduce el volumen a la mitad. ¿Cuáles serán ahora las concentraciones de las especies existentes? ¿Y la presión total?

DATOS: $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

**Sol. a) $[\text{CO}_2]=[\text{H}_2]= 0,069 \text{ M}$ $[\text{CO}]=[\text{H}_2\text{O}] = 0,145 \text{ M}$
b) $[\text{CO}_2]'=[\text{H}_2]' = 0,138 \text{ M}$ $[\text{CO}]'=[\text{H}_2\text{O}]' = 0,290 \text{ M}$**

P14) El pentacloruro de fósforo se descompone según el equilibrio homogéneo en fase gas siguiente: $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$. A una temperatura determinada, se introducen en un matraz de un litro de capacidad un mol de pentacloruro de fósforo y se alcanza el equilibrio cuando se disocia el 35% de la cantidad del pentacloruro inicial. Si la presión de trabajo resulta ser de 1,5 atmósferas, se desea saber:

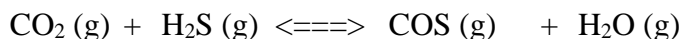
a) La constante del equilibrio en función de las concentraciones molares.

b) Las presiones parciales de los gases en el momento del equilibrio.

c) La constante de equilibrio en función de las presiones parciales.

Sol. a) $K_c = 0,188 \text{ M}$ b) $P(\text{PCl}_5) = 0,722 \text{ atm}$, $P(\text{PCl}_3)=P(\text{Cl}_2)=0,389 \text{ atm}$ c) $K_p = 0,21 \text{ atm}$

P15) El CO_2 reacciona rápidamente con el H_2S , a altas temperaturas, según la reacción siguiente:



En una experiencia se colocaron 4,4 g de CO_2 en una vasija de 2,5 litros, a 337°C , y una cantidad suficiente de H_2S 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 moles de agua. Determinar:

a) El número de moles de cada una de las especies en el equilibrio.

b) El valor de K_c .

c) El valor de K_p .

DATOS: Ar (H)=1; Ar (C) =12; Ar (O) =16, Ar (S) =32; $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

Sol. a) 0,01 moles de COS e H_2O , 0,09 moles de CO_2 y 0,39 moles H_2S

b) $K_c=K_p = 2,85 \cdot 10^{-3}$

P16) La constante K_p correspondiente al equilibrio: $\text{CO} (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$

vale 10 a la temperatura de 690 K. Si inicialmente se introducen en un reactor de 15 litros de volumen, 0,3 moles de CO y 0,2 moles de H_2O ; calcular:

a) Las concentraciones de cada una de las especies (CO , H_2O , CO_2 y H_2) una vez el sistema alcance el equilibrio.

b) La presión en el interior del recipiente tras alcanzarse el equilibrio.

c) Si la constante de equilibrio K_p correspondiente a este mismo equilibrio, alcanza un valor de 66,2 a 550 K, deducir si se trata de una reacción endotérmica o exotérmica.

Sol. a) $8,27 \cdot 10^{-3}$; $1,6 \cdot 10^{-3}$; 0,012 ; 0,012 (mol/L de CO, H_2O , CO_2 y H_2) b) 1,89 atm;

c) $\Delta H < 0$

P17) La formación de SO_3 a partir de SO_2 y O_2 es una etapa intermedia en la síntesis industrial del ácido sulfúrico:

$$\text{SO}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3 (\text{g})$$

Se introducen 128 g de SO_2 y 64 g de O_2 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 SO_2 inicial.

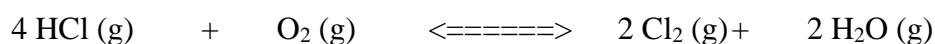
- Calcula la composición (en moles) de la mezcla en equilibrio y el valor de K_c .
- Calcula la presión parcial de cada componente en la mezcla en equilibrio y, a partir de estas presiones parciales, calcula el valor de K_p .

DATOS: Ar (S) = 32, Ar (O) = 16, $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) 0,4 ; 1,2 ; 1,6 (moles de SO_2 , O_2 y SO_3)

b) 18,09 ; 54,27 ; 72,36 (atm. de SO_2 , O_2 y SO_3) $K_p = 0,543 \text{ atm}^{-1/2}$

P18) En el proceso Deacon el cloro gaseoso se obtiene según el siguiente equilibrio:



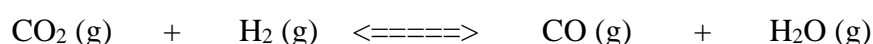
Se introducen 3,285 g de $\text{HCl} (\text{g})$ y 3,616 g de O_2 en un recipiente cerrado de 10 litros en el que previamente se ha hecho el vacío. Se calienta la mezcla a 390°C y cuando se ha alcanzado el equilibrio a esta temperatura se observa la formación de 2,655 g de $\text{Cl}_2 (\text{g})$.

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

Sol. a) $K_c = 3887 \text{ L}/\text{mol}$

b) 0,083 ; 0,513 ; 0,203 ; 0,203 (atm. de HCl , O_2 , Cl_2 y H_2O); $K_p = 69,75 \text{ atm}^{-1}$

P19) La constante de equilibrio K_c es de 0,14 a 550°C para la siguiente reacción:



En un recipiente de 5,0 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 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.

DATOS: Ar (H) = 1 Ar (C) = 12 Ar (O) = 16

Sol. a) 0,182 ; 0,182 ; 0,068 ; 0,068 (moles de CO_2 , H_2 , CO y H_2O)

b) 0,406 ; 0,156 ; 0,094 ; 0,094 (moles de CO_2 , H_2 , CO y H_2O)

P20) A 400°C el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) se descompone parcialmente según el siguiente equilibrio:

$$2 \text{NaHCO}_3 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$$

Se introduce una cierta cantidad de $\text{NaHCO}_3 (\text{s})$ en un recipiente cerrado de 2 litros 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 0,962 atm.

- Calcular los valores de K_p y de K_c .
- Calcular la cantidad (en gramos) de NaHCO_3 (s) que quedarán sin descomponer.
- Si inicialmente hay 2,5 g de NaHCO_3 (s), calcula la cantidad que se habrá descompuesto tras alcanzarse el equilibrio.

DATOS: $\text{Ar}(\text{H}) = 1$ $\text{Ar}(\text{C}) = 12$ $\text{Ar}(\text{O}) = 16$ $\text{Ar}(\text{Na}) = 23$ $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $K_p = 0,231 \text{ atm}^2$ $K_c = 7,59 \cdot 10^{-5} \text{ M}^2$ b) 2,86 g NaHCO_3 c) 1g de NaHCO_3

P21) En un recipiente de 200 mL de volumen y mantenido a 400°C se introducen 2,56 g de yoduro de hidrógeno alcanzándose el equilibrio siguiente: $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$;

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.

DATOS: $\text{Ar}(\text{H}) = 1$ $\text{Ar}(\text{I}) = 126,9$ $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $K_c = 0,017$ b) $[\text{HI}] = 0,079 \text{ M}$; $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,011 \text{ M}$ c) $P_t = 5,52 \text{ atm}$

P22) El yodo reacciona con el hidrógeno según la siguiente ecuación:

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$. El análisis de una mezcla gaseosa de I_2 (g), H_2 (g), HI (g), contenida en un recipiente de 1 L a 227°C , donde se ha alcanzado el equilibrio, dio el siguiente resultado: $2,21 \cdot 10^{-3}$ moles de HI ; $1,46 \cdot 10^{-3}$ moles de I_2 ; y $2,09 \cdot 10^{-3}$ moles de H_2 .

- ¿Cual es la presión de cada uno de los gases en el equilibrio a 227°C , y la presión total en el interior del recipiente?.
- Escriba la expresión de la constante de equilibrio K_p para la reacción indicada y calcule su valor numérico.
- En el mismo recipiente, después de hecho el vacío, se introducen 10 g de I_2 y 10 g de HI y se mantiene a 227°C . Calcule la cantidad (en gramos) de cada uno de los componentes de la mezcla cuando se alcance el equilibrio.

DATOS: $\text{Ar}(\text{H}) = 1$ $\text{Ar}(\text{I}) = 126,9$ $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $P(\text{I}_2) = 0,06 \text{ atm}$, $P(\text{H}_2) = 0,086 \text{ atm}$, $P(\text{HI}) = 0,091 \text{ atm}$, $P_t = 0,237 \text{ atm}$

b) $K_p = 1,6$ c) $m(\text{I}_2) = 14,6 \text{ g}$, $m(\text{H}_2) = 0,0374 \text{ g}$, $m(\text{HI}) = 5,19 \text{ g}$

P23) La formamida HCONH_2 es un compuesto orgánico de gran importancia en la obtención de fármacos y fertilizantes agrícolas. A altas temperaturas, la formamida se disocia en amoníaco, NH_3 , y monóxido de carbono, CO , de acuerdo con el equilibrio:

$\text{HCONH}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$; siendo el valor de $K_c = 4,84 \text{ M}$ a 400 K .

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

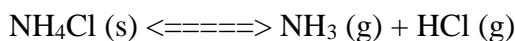
- Las cantidades de formamida, amoníaco y monóxido de carbono que contiene el recipiente una vez alcanzado el equilibrio.
- El grado de disociación de la formamida en estas condiciones (porcentaje de reactivo disociado en el equilibrio).

c) Deduce razonadamente si el grado de disociación de la formamida aumentara o disminuirá si a la mezcla del apartado anterior se añade NH_3 .

DATO: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $n(\text{HCONH}_2) = 0,08$ $n(\text{CO})=n(\text{NH}_3)= 8,76$ b) $\alpha = 99,1 \%$ c) disminuirá α

P24) A 427°C , el cloruro amónico, NH_4Cl , se descompone parcialmente según la ecuación:



Se introduce una cierta cantidad de $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$ en un recipiente cerrado de 5 litros en el que previamente se ha hecho el vacío; se calienta a 427°C y, cuando se alcanza el equilibrio a la citada temperatura, se observa que la presión en el interior del recipiente es de 4560 mmHg.

a) Calcule el valor de K_p y K_c .

b) Calcule la cantidad (en gramos) de NH_4Cl que se habrá descompuesto.

c) Si inicialmente hay 10,0 g de $\text{NH}_4\text{Cl (s)}$ calcule en este caso la cantidad que se habrá descompuesto.

DATOS: $\text{Ar (H)} = 1$ $\text{Ar (N)} = 14$ $\text{Ar (Cl)} = 35,5$ $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $K_p = 9 \text{ atm}^2$ $K_c = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2$ b) 14 g de NH_4Cl c) los de 10 g de NH_4Cl

P25) Cuando el óxido de mercurio (sólido), HgO (s) , se calienta en un recipiente cerrado en el que se ha hecho el vacío, se disocia reversiblemente en vapor de mercurio y oxígeno, de acuerdo con el equilibrio: $2\text{HgO (s)} \rightleftharpoons 2\text{Hg (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$

Si tras alcanzar el equilibrio, la presión total fue de 0,185 atm a 380°C . Calcule:

a) Las presiones parciales de cada uno de los componentes gaseosos.

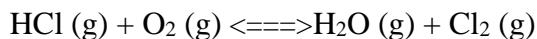
b) Las concentraciones molares de los mismos.

c) El valor de las constantes de equilibrio, K_c y K_p

DATO: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$

Sol. a) $P(\text{Hg}) = 0,123 \text{ atm}$, $P(\text{O}_2) = 0,0617 \text{ atm}$ b) $[\text{Hg}] = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{O}_2] = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ c)
 $K_p = 9,33 \cdot 10^{-4} \text{ atm}^3$ $K_c = 6,08 \cdot 10^{-9} \text{ M}^3$

P26) 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) Ajuste la reacción.

b) Escriba la expresión matemática de la constante de equilibrio K_c .

c) Si en un recipiente de 2,5 litros se introducen 0,07 moles de cloruro de hidrógeno y la mitad de esa cantidad de oxígeno, se alcanza el equilibrio cuando se forman 0,01 moles de cloro e igual cantidad de agua. Calcule el valor de la constante de equilibrio.

Sol. a) $4\text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O (g)} + 2\text{Cl}_2 \text{ (g)}$ c) $K_c = 5,33 \cdot 10^{-3} \text{ M}^{-1}$

P27) A 500°C el fosgeno COCl_2 se descompone de acuerdo con el equilibrio:



a) Calcule el valor de K_p y K_c a 500°C si una vez alcanzado el equilibrio a dicha temperatura las presiones parciales del COCl_2 , CO y Cl_2 son 0,217 atm, 0,413 atm y 0,237 atm, respectivamente.

b) Si en un matraz de 5,0 L de volumen, mantenido a 500 °C, se introducen los tres compuestos COCl_2 , CO y Cl_2 tal que sus presiones parciales son 0,689 atm, 0,330 atm y 0,250 atm, respectivamente, ¿en qué sentido se producirá la reacción para alcanzar el equilibrio?

c) Calcule las presiones parciales de los tres gases una vez alcanzado el equilibrio en las condiciones dadas en el apartado b).

DATO: $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

Sol. a) $K_p = 0,451 \text{ atm}$ $K_c = 7,12 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ b) Hacia la derecha

c) $P(\text{COCl}_2) = 0,502 \text{ atm}$ $P(\text{CO}) = 0,517 \text{ atm}$ $P(\text{Cl}_2) = 0,437 \text{ atm}$

P28) A 700 K el sulfato cálcico CaSO_4 se descompone parcialmente según el siguiente equilibrio:



Se introduce una cierta cantidad de $\text{CaSO}_4 (\text{s})$ en un recipiente cerrado de 2 L de capacidad en el que previamente se ha hecho el vacío; se calienta a 700 K y cuando se alcanza el equilibrio a la citada temperatura se observa que la presión total en el interior del recipiente es de 0,6 atm.

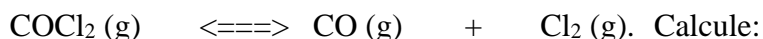
a) Calcular el valor de K_p y K_c .

b) Calcular la cantidad, en gramos, de $\text{CaSO}_4 (\text{s})$ que se habrá descompuesto.

DATOS: $\text{Ar}(\text{O}) = 16$, $\text{Ar}(\text{S}) = 32$, $\text{Ar}(\text{Ca}) = 40$, $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

Sol. a) $K_p = 0,032 \text{ atm}^3$ $K_c = 1,69 \cdot 10^{-7} \text{ M}^3$ b) 1,89 g de CaSO_4

P30) En un recipiente cerrado y vacío de 10 L de capacidad, se introducen 0,04 moles de monóxido de carbono e igual cantidad de cloro gas. Cuando a 525 °C se alcanza el equilibrio, se observa que ha reaccionado el 37,5 % del cloro inicial de acuerdo con la reacción.



a) El valor de K_p .

b) El valor de K_c .

c) La cantidad en gramos de monóxido de carbono CO existente cuando se alcanza el equilibrio.

DATOS: $\text{Ar}(\text{C}) = 12$, $\text{Ar}(\text{O}) = 16$, $\text{Ar}(\text{Cl}) = 35,5$ $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$

Sol. a) $K_p = 3,65 \text{ atm}^{-1}$ b) $K_c = 238,84 \text{ L/mol}$ c) 0,7 g de CO