

## 2º C,D - BACHILLERATO - QUÍMICA - 24 ABRIL 2008 - PROBLEMAS

- 1º - En un recipiente de 3,0 L a una temperatura de 450°C, se hacen reaccionar 1 mol de Hidrógeno (gas) y una cantidad desconocida de Yodo, también gas, produciéndose yoduro de hidrógeno. Sabiendo que para ese equilibrio, el valor de  $K_c$  a 450°C es 50,9. a) Calcular los moles de yodo necesarios para que a esa temperatura reaccione el 60% del hidrógeno presente. b) Indicar, explicando, como se verá afectado el equilibrio, si el volumen del recipiente de reacción se hace doble. c) Calcule el valor de  $K_p$
- 2º - Se introducen 20,0 g de carbonato de calcio en un recipiente de 10,0 L y se calienta a 800°C, produciéndose Óxido de calcio y dióxido de carbono. Calcular la cantidad de óxido de calcio que se obtiene así como el rendimiento de la reacción. DATOS:  $K_p = 1,16$ , a 800°C.
- 3º - El pentacloruro de fósforo (gas) se disocia en tricloruro de fósforo (gas) y cloro (gas). Sabiendo que la constante de disociación  $K_c$ , a 225°C es igual a 0,24 y que la presión total es de 1 atmósfera, calcular: a) El grado de disociación del pentacloruro de fósforo b) La presión parcial de cada una de las especies en el equilibrio y c) La concentración de las especies que intervienen en el equilibrio.
- 4º - ¿ Qué concentración debería tener una disolución acuosa de un ácido monoprótico HA, cuya constante de ionización es  $K=1,5 \cdot 10^{-5}$ , para tener el mismo pH que una disolución acuosa de ácido clorhídrico  $10^{-2}$  M.
- 5º - Un vaso de precipitados contiene 100 mL de una disolución de ácido hipocloroso, HClO, de concentración desconocida. Para conocerla valoramos la disolución anterior con una disolución 0,100 M de NaOH, encontrando que el punto de equivalencia se alcanza cuando hemos agregado 40,0 mL de hidróxido sódico. Calcular: a) La concentración inicial del ácido. b) Suponiendo que el pH de la disolución inicial del ácido hipocloroso fuese igual a 4,46 ¿cuál será el valor  $K_a$  del ácido? ¿Cual será su grado de disociación?

DATOS: Pesos atómicos: C = 12,0 ; Ca = 40,0 ; Cl = 35,5 ; H = 1,0 ; I = 127,0 ; N = 14,0 ; Na = 23,0 ; O = 16,0  
P = 31,0 ; Zn = 65,0

### SOLUCIONES

- 1º - En un recipiente de 3,0 L a una temperatura de 450°C, se hacen reaccionar 1 mol de Hidrógeno (gas) y una cantidad desconocida de Yodo, también gas, produciéndose yoduro de hidrógeno. Sabiendo que para ese equilibrio, el valor de  $K_c$  a 450°C es 50,9:
- a) Calcular los moles de yodo necesarios para que a esa temperatura reaccione el 60% del hidrógeno presente
- b) Indicar, explicando, como se verá afectado el equilibrio, si el volumen del recipiente de reacción se hace doble
- c) Calcule el valor de  $K_p$

#### RESOLUCIÓN

- A) Si se tiene 1 mol de  $H_2$  y nos dicen que reacciona el 60%, la cantidad del mismo que reacciona "x", es el 60% de 1, es decir:  $x = 0,60$ , y así, en el equilibrio en el cual se parte de 1 mol de Hidrógeno y de "c" moles de Yodo, tendremos:

	$H_2 +$	$I_2 \rightleftharpoons$	$2 HI$
Inicial	1 mol	"C" moles	----
En el equilibrio	$1 - x = 1 - 0,6 = 0,4$ moles	$C - X = (C - 0,6)$ moles	$2 \cdot x = 2 \cdot 0,6 = 1,2$ moles

Por tanto, al sustituir en la expresión de la  $K_c$ : 
$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} \implies 50,9 = \frac{\left(\frac{1,2}{3}\right)^2}{\left(\frac{0,4}{3}\right) \cdot \left(\frac{C-0,6}{3}\right)}$$
 en la cual

al operar, nos queda:  $1,2^2 = 50,9 \cdot 0,4 \cdot (C-0,6)$  De donde: **C = 0,67 moles de  $I_2$  iniciales**

- b) Dado que en esta reacción no varía el número de moles de gases al pasar de reactivos a productos, las variaciones del volumen **NO AFECTAN AL EQUILIBRIO**
- c) El valor de  $K_p$  se calcula a partir de la expresión que nos relaciona  $K_p$  con  $K_c$ :

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$
, y dado que:  $\Delta n = 2 - 1 - 1 = 0$  (No varía el nº de moles de gases),  
tendremos que:  **$K_p = K_c = 50,9$**

- 2º - Se introducen 20,0 g de carbonato de calcio en un recipiente de 10,0 L y se calienta a 800°C, produciéndose Óxido de calcio y dióxido de carbono. Calcular la cantidad de óxido de calcio que se obtiene así como el rendimiento de la reacción.  
DATOS:  $K_p = 1,16$ , a 800°C.

## RESOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar es:  $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$  y dado que se trata de un equilibrio heterogéneo, en el cual solamente hay un componente gaseoso, la expresión de  $K_p$  para el mismo es:

$K_p = P_{\text{CO}_2}$ , por lo que cuando se alcanza el equilibrio la presión total en el recipiente será la que ejerza el  $\text{CO}_2$  y es de 1,16 atm, por lo que el número de moles que se formarán se calcula a partir de la ecuación general de los gases:

$$P.V = n.R.T \implies 1,16.10 = n.0,082.1073; \quad \mathbf{n = 0,132 \text{ moles de } \text{CO}_2 \text{ formados}}$$

y esta cantidad procede de la descomposición del  $\text{CaCO}_3$ :

	$\text{CaCO}_{3(s)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CaO}_{(s)} +$	$\text{CO}_{2(g)}$
INICIAL	$\frac{20}{100} = 0,2 \text{ moles}$		---	---
EN EQUILIBRIO	$0,2 - x$		x	$x = 0,132 \text{ moles}$

Siendo "x" el nº de moles de  $\text{CaCO}_3$  descompuestas, y que también es el número de moles de CaO y de  $\text{CO}_2$  formadas, las cuales habíamos calculado ya:  $x = 0,132 \text{ moles}$

Por tanto, se obtendrán  **$x = 0,132 \text{ moles de CaO}$** ,

El rendimiento de la reacción es el % de moles de reactivo ( $\text{CaCO}_3$ ) que reaccionan, y ya hemos calculado que reaccionan  $x = 0,132 \text{ moles}$  de las 0,2 moles iniciales que teníamos, así:

$$\mathbf{R = \frac{0,132}{0,20} \cdot 100 = 66\%}$$

**3º - El pentacloruro de fósforo (gas) se disocia en tricloruro de fósforo (gas) y cloro (gas). Sabiendo que la constante de disociación  $K_c$ , a  $225^\circ\text{C}$  es igual a 0,24 y que la presión total es de 1 atmósfera, calcular:**

**a) El grado de disociación del pentacloruro de fósforo b) La presión parcial de cada una de las especies en el equilibrio y c) La concentración de las especies que intervienen en el equilibrio.**

## RESOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar es:  $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$

Por lo que si se parte de una determinada cantidad de  $\text{PCl}_5$ , las cantidades que se formarán de  $\text{PCl}_3$  y  $\text{Cl}_2$  serán las mismas

$$K_p = K_c \cdot (R.T)^{\Delta n}; \quad K_p = 0,24 \cdot (0,082 \cdot 498)^1 = 9,8$$

Para simplificar los cálculos vamos a suponer que al alcanzarse el equilibrio hay 1 mol en total, por lo que los números de moles de los tres gases presentes coincidirán numéricamente con sus fracciones molares, a las que llamaremos:

X: fracción molar y nº de moles en el equilibrio de  $\text{PCl}_3$  y  $\text{Cl}_2$

Y: fracción molar y nº de moles en el equilibrio de  $\text{PCl}_5$

Por tanto, al ser fracciones molares, deben sumar 1:  $\mathbf{X + X + Y = 1 \implies 2.X + Y = 1}$

Por otra parte, las presiones parciales son:  $P_i = X_i \cdot P_{\text{TOTAL}}$ , de manera que tenemos:

$$P_{\text{PCl}_5} = Y \cdot 1 \text{ atm}; \quad P_{\text{PCl}_3} = X \cdot 1 \text{ atm}; \quad P_{\text{Cl}_2} = X \cdot 1 \text{ atm} \text{ y la constante } K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}}, \text{ donde}$$

al sustituir:  $9,8 = \frac{X \cdot X}{Y}$  y entre estas dos ecuaciones, se plantea un sistema de ecuaciones y se resuelve:

$$2X + Y = 1 \left\{ \begin{array}{l} 9,8 = \frac{X \cdot X}{Y} \end{array} \right. \quad Y = 1 - 2 \cdot X ; 9,8 \cdot (1 - 2 \cdot X) = X^2 ; X^2 + 19,6 \cdot X - 9,8 = 0 ; \quad \mathbf{X = 0,488 \text{ moles de } PCl_3 \text{ y } Cl_2 ;}$$

$$\mathbf{Y = 1 - 2 \cdot 0,488 = 0,024 \text{ moles de } PCl_5}$$

Si tenemos en cuenta la reacción en equilibrio, y suponemos que había una cantidad inicial "a" de  $PCl_5$

	$PCl_5 \rightleftharpoons$	$PCl_3 +$	$Cl_2$
Cantidades iniciales	"a"	---	---
En equilibrio	$a - X$ ; $a - 0,488 = 0,024$	$X = 0,488$	$X = 0,488$

Siendo X el nº de moles de  $PCl_5$  que se descomponen, y es también el nº de moles de  $PCl_3$  y de  $Cl_2$  que se forman, y que son 0,488 moles

Y de ahí:  $a = 0,024 + 0,488 = \mathbf{0,512 \text{ moles iniciales de } PCl_5}$

El grado de disociación es:  $\alpha = \frac{N^\circ \text{ moles } PCl_5 \text{ disociadas}}{N^\circ \text{ moles iniciales}} = \frac{0,488}{0,512} ; \quad \alpha = \mathbf{0,95 = 95\%}$

Las presiones parciales son

$$\mathbf{P_{PCl_5} = 0,024 \cdot 1 = 0,024 \text{ atm} ; P_{PCl_3} = 0,488 \cdot 1 = 0,488 \text{ atm} ; P_{Cl_2} = 0,488 \cdot 1 = 0,488 \text{ atm}}$$

Para calcular la concentración, utilizamos la ecuación general de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{n}{V} = \frac{P}{R \cdot T}, \text{ que nos dará la Molaridad (Moles/Litro)}$$

$$\mathbf{PCl_5 : M = \frac{0,024}{0,082 \cdot 498} = 5,87 \cdot 10^{-4} \text{ M/L}}$$

$$\mathbf{PCl_3 = Cl_2 : M = \frac{0,488}{0,082 \cdot 498} = 1,19 \cdot 10^{-2} \text{ M/L}}$$

**4º - ¿ Qué concentración debería tener una disolución acuosa de un ácido monoprótico HA, cuya constante de ionización es  $K_a = 1,5 \cdot 10^{-5}$ , para tener el mismo pH que una disolución acuosa de ácido clorhídrico  $10^{-2} \text{ M}$ .**

### RESOLUCIÓN

El pH de la disolución de  $HCl 10^{-2} \text{ M}$ , teniendo en cuenta que se trata de un ácido fuerte y está completamente disociado, de acuerdo con la estequiometría de su reacción de disociación es:

	<b>HCl</b>	<b><math>\rightleftharpoons</math></b>	<b><math>H_3O^+</math></b>	<b><math>Cl^-</math></b>	<b>pH = -lg[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] = -lg 10<sup>-2</sup> = 2</b>  <b>pH = 2</b>
Inicial	10 <sup>-2</sup>		----	----	
En equilibrio	----		10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	

Para el caso del ácido dado HA, su reacción de disociación es:

	<b>HA</b>	<b><math>\rightleftharpoons</math></b>	<b><math>H_3O^+</math></b>	<b><math>A^-</math></b>	siendo X = nª de mol/l de HA disociados, y es también, el nº de mol/l de $H_3O^+$ formados, es decir: <b>[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] = 10<sup>-2</sup></b>
Inicial	C		----	----	
En equilibrio	C - x		x	x	

Dado que en este caso se trata de un ácido débil, la expresión de su constante ácida nos permite obtener el valor de la concentración inicial C:

$$K_a = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[HA]} \text{ y para este caso es: } 1,5 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{C - 10^{-2}} \text{ de donde } C = 6,68 \text{ Molar}$$

- 5º - Un vaso de precipitados contiene 100 mL de una disolución de ácido hipocloroso, HOCl, de concentración desconocida. Para conocerla valoramos la disolución anterior con una disolución 0,100 M de NaOH, encontrando que el punto de equivalencia se alcanza cuando hemos agregado 40,0 mL de hidróxido sódico. Calcular:
- La concentración inicial del ácido
  - Suponiendo que el pH de la disolución inicial del ácido hipocloroso fuese igual a 4,46 ¿cuál será el valor  $K_a$  del ácido? ¿Cual será su grado de disociación?

#### RESOLUCIÓN

La reacción de neutralización que tiene lugar es:

$HClO + NaOH \rightarrow NaClO + H_2O$  en la que vemos que la reacción tiene lugar mol a mol, por lo que el número de moles inicial del ácido es el mismo que las que añadimos de base, así:

Nº moles NaOH = V.N = 0,040.0,100 = **0,004 moles** de NaOH que hemos añadido, que es también el número de moles de ácido que había en la disolución inicial.

$$\text{Su concentración es: } M = \frac{n^0 \text{ moles}}{L} = \frac{0,004 \text{ moles}}{0,100 \text{ L}} = 0,04 \text{ Molar}$$

El equilibrio de disociación del ácido en la disolución inicial es:

	$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$	
Inicial	0,04	---
En equilibrio	$0,04 - X$	X

Si  $pH = 4,46$ ;  $[H^+] = 10^{-4,46}$ ; que es X. La expresión que nos da la constante de disociación de este

$$\text{ácido es: } K_a = \frac{[H^+].[ClO^-]}{[HClO]},$$

la cual con los datos que tenemos:  $X = [ClO^-] = [H^+] = 10^{-4,46}$  y  $[HClO] = 0,04 - 10^{-4,46} = 0,04$ , queda

$$K_a = \frac{10^{-4,46} \cdot 10^{-4,46}}{0,04} = K_a = 3,0 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{El grado de disociación es: } \alpha = \frac{N^0 \text{ moles disociadas}}{N^0 \text{ total moles}} = \frac{10^{-4,46}}{0,04} = \frac{3,47 \cdot 10^{-5}}{0,04}; \alpha = 8,67 \cdot 10^{-4}; (0,0867\%)$$