

OPCIÓN A

PROBLEMA 2.- En un matraz vacío de 1 L de capacidad se colocan 6 g de pentacloruro de fósforo, (PCl₅), gaseoso. Se calienta a 250 °C, con lo que el PCl₅ se disocia parcialmente en cloro, Cl₂, tricloruro de fósforo, PCl₃, ambos gaseosos. La presión de equilibrio es 2,078 atm. Calcula:

- El grado de disociación del PCl₅.
- La constante de equilibrio K_p a 250 °C.

DATOS: A_r (P) = 31; A_r (Cl) = 35,5 u.

Solución:

a) Los moles de PCl₅ que se introducen en el matraz son $6 \text{ g PCl}_5 \cdot \frac{1 \text{ mol PCl}_5}{208,5 \text{ g PCl}_5} = 0,029$ moles,

y llamando "x" a los moles de pentacloruro de fósforo que se disocian para formar esos mismos moles de tricloruro de fósforo y cloro, los moles de cada especie al inicio y en el equilibrio son:

	PCl ₅ (g)	⇌	PCl ₃ (g)	+	Cl ₂ (g)
Moles iniciales:	0,029		0		0
Moles en el equilibrio:	0,029 - x		x		x

Los moles totales en el equilibrio son: n_t = 0,029 - x + x + x = 0,029 + x, que llevados a la ecuación de estado de los gases ideales, despejando x, sustituyendo las demás variables por sus valores y operando, se obtiene para x el valor:

$$x = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} - 0,029 = \frac{2,078 \text{ atm} \cdot 1 \text{ L}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 523 \text{ K}} - 0,029 = 0,0195 \text{ moles.}$$

Multiplicando por 100 el cociente entre los moles de PCl₅ disociados y los iniciales se obtiene el grado de disociación expresado en tanto por ciento: $\alpha = \frac{0,0195}{0,029} \cdot 100 = 67,24 \%$.

b) Los moles de cada especie en el equilibrio son: n (PCl₅) = 0,029 - 0,0195 = 0,0095 moles; n (PCl₃) = n (Cl₂) = 0,0195 moles.

Llevando estos moles a la ecuación de estado de los gases ideales después de despejar la presión, sustituir las demás variables por sus valores y operar, se obtiene el valor de la presión parcial de cada gas en el equilibrio, que llevadas a la expresión de la constante de equilibrio K_p y operando, se obtiene su valor.

$$P_p(\text{PCl}_5) = \frac{n(\text{PCl}_5) \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,0095 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 523 \text{ K}}{1 \text{ L}} = 0,407 \text{ atm};$$

$$P_p(\text{PCl}_3) = \frac{n(\text{PCl}_3) \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,0195 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 523 \text{ K}}{1 \text{ L}} = 0,836 \text{ atm};$$

$$P_p(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{Cl}_2) \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,0095 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 523 \text{ K}}{1 \text{ L}} = 0,836 \text{ atm.}$$

$$K_p = \frac{P_p(\text{PCl}_3) \cdot P_p(\text{Cl}_2)}{P_p(\text{PCl}_5)} = \frac{0,836 \text{ atm} \cdot 0,836 \text{ atm}}{0,407 \text{ atm}} = 1,717 \text{ atm.}$$

También se pueden obtener las presiones parciales a partir de las fracciones molares de los gases y la presión total en el equilibrio.

Resultado: a) $\alpha = 67,24 \%$; b) $K_p = 1,717 \text{ atm}$.

CUESTIÓN 2.- a) Sobre 100 mL de disolución acuosa de cromato de potasio, K₂CrO₄, de concentración $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, se añaden otros 100 mL de disolución acuosa de nitrato de plata, AgNO₃, $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. ¿Se formará precipitado de cromato de plata?

b) Explica cómo se modificará la solubilidad del cromato de plata, Ag₂CrO₄, si a la disolución anterior se le añade más cromato de potasio.

DATOS: K_{ps} (Ag₂CrO₄) = $1,9 \cdot 10^{-12}$.

Solución:

a) Las sales de cromato de potasio y nitrato de plata se encuentran totalmente ionizadas en disolución, siendo los moles de ión cromato e ión plata, en sus respectivas disoluciones:

$$n(\text{CrO}_4^{2-}) = M \cdot V = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ moles} \cdot 0,1 \text{ L} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ moles};$$

$$n(\text{Ag}^+) = M \cdot V = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ moles} \cdot 0,1 \text{ L} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ moles};$$

Las concentraciones de los iones en la nueva disolución que se forma son:

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{\text{moles}}{\text{Volumen}} = \frac{5,0 \cdot 10^{-4} \text{ moles}}{0,2 \text{ L}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ M};$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{\text{moles}}{\text{Volumen}} = \frac{3,2 \cdot 10^{-6} \text{ moles}}{0,2 \text{ L}} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

El equilibrio de ionización del cromato de plata es: $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-} + 2 \text{Ag}^+$, en el que se produce 2 iones plata por un ión cromato.

Si la solubilidad del cromato de plata es S moles $\cdot \text{L}^{-1}$, la solubilidad del ión cromato es S y la del ión plata es $2 \cdot S$, siendo el producto de solubilidad de la sal y su producto iónico:

$K_{ps} = Q = [\text{CrO}_4^{2-}] \cdot [\text{Ag}^+]^2 = S \cdot (2S)^2$. Luego, llevando a la expresión del producto iónico del cromato de plata las concentraciones antes obtenidas y operando, se obtiene el valor:

$Q = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,6 \cdot 10^{-5})^2 = 6,4 \cdot 10^{-13}$, que al ser menor que K_{ps} indica que no se produce precipitado en la mezcla.

b) Si a la disolución anterior se añade más cromato de potasio, la concentración de iones cromato aumenta y también aumenta el producto iónico, llegando un momento en que su valor supera al del producto de solubilidad y comienza a precipitar el cromato de plata.

CUESTIÓN 3.- Formula o nombra, según corresponda, los siguientes compuestos:

a) 1,2-etanodiol;

d) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$;

b) Etino;

e) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$;

c) 3-pentanona;

f) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHO}$.

Solución:

a) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$;

d) Ácido propanoico;

b) $\text{CH} \equiv \text{CH}$;

e) Etilamina;

c) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$;

f) 2-propenal

OPCIÓN B

PROBLEMA 1.-Un globo se llena con hidrógeno de la reacción siguiente sin ajustar:



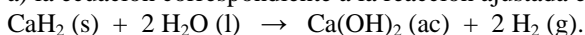
a) Ajusta la reacción e indica cuantos gramos de CaH_2 harán falta para producir 5 L de H_2 , medidos en condiciones normales, para llenar el globo.

b) ¿Qué volumen de HCl 0,5 M será necesario para que reaccione con todo el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ formado?

DATOS: $A_r (\text{Ca}) = 40$; $A_r (\text{H}) = 1 \text{ u}$.

Solución:

a) la ecuación correspondiente a la reacción ajustada es:

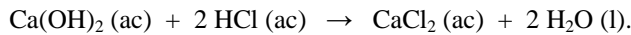


Como por cada mol de hidruro de calcio se producen 2 moles de hidrógeno, del volumen de hidrógeno que se quiere obtener se determinan sus moles, de ellos los moles de hidruro de calcio y sus gramos.

Por encontrarse el volumen de hidrógeno en condiciones normales, los moles de H_2 que se obtienen son $5 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 0,223 \text{ moles}$, correspondiendo $\frac{0,223}{2} = 0,1116 \text{ moles}$ de CaH_2 los que se

necesitan, a los que corresponden la masa: $0,1116 \text{ moles } \text{CaH}_2 \cdot \frac{42 \text{ g } \text{CaH}_2}{1 \text{ mol } \text{CaH}_2} = 4,69 \text{ g}$.

b) La ecuación correspondiente a la reacción química es:



La estequiometría de la ecuación indica que, por cada mol de hidróxido de calcio que reacciona se consumen dos moles de ácido clorhídrico, y como en la ecuación de la reacción del apartado a), por cada mol de hidruro de calcio se forma un mol de hidróxido de calcio, los moles de hidróxido producidos son los consumidos de hidruro, es decir, 0,1116 moles, siendo el doble de estos moles los que han de consumirse de ácido, es decir, 0,2232 moles. Luego, despejando el volumen de la definición de molaridad, sustituyendo valores y operando, sale:

$$M = \frac{\text{moles}}{\text{Volumen}} \Rightarrow V = \frac{\text{moles}}{M} = \frac{0,2232 \cdot \cancel{\text{moles}}}{0,5 \cdot \cancel{\text{moles}} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,4464 \text{ L} = 446,4 \text{ mL}$$

Resultado: a) 4,69 g CaH₂; b) V = 446,4 mL.

PROBLEMA 2.- En el proceso de fotosíntesis el dióxido de carbono reacciona con agua para formar glucosa y oxígeno según la reacción: $6 \text{CO}_2 (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6 \text{O}_2 (\text{g})$, siendo $\Delta H_r^\circ = 3.402,8 \text{ kJ}$.

a) **Calcula la entalpía estándar de formación de la glucosa.**

b) **La energía necesaria para formar 500 g de glucosa mediante fotosíntesis.**

DATOS: $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O} (\text{l})] = -285,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2 (\text{g})] = -393,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $A_r (\text{C}) = 12 \text{ u}$; $A_r (\text{O}) = 16 \text{ u}$; $A_r (\text{H}) = 1 \text{ u}$.

Solución:

$$M (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

a) La entalpía de la reacción es: $\Delta H_r^\circ = \sum n \cdot \Delta H_f^\circ \text{ productos} - \sum m \cdot \Delta H_f^\circ \text{ reactivos} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ [\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s})] - 6 \cdot \Delta H_f^\circ [\text{CO}_2 (\text{g})] + \Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O} (\text{l})].$$

$$3.402,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - [6 \cdot (-393,5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 6 \cdot (-285,5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}] \Rightarrow$$

$$\Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 3.402,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + [6 \cdot (-393,5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 6 \cdot (-285,5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}] = -671,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

b) La energía que se necesita para obtener los 500 g de glucosa son:

$$500 \text{ g} \cdot \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \cdot \frac{1 \text{ mol } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{180 \text{ g} \cdot \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} \cdot \frac{3.402,8 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } \cancel{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = 9.452,2 \text{ kJ}$$

Resultado: a) - 671,2 kJ · mol⁻¹; b) 9.452,2 kJ.

CUESTIÓN 2.- Dado el equilibrio: $\text{C} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO} (\text{g})$ $\Delta H^\circ = 119,8 \text{ kJ}$. **Contesta razonadamente cómo modifica el equilibrio:**

a) **Disminuir la cantidad de carbono.**

b) **Aumentar la cantidad de dióxido de carbono.**

c) **Disminuir la temperatura.**

d) **Aumentar la presión.**

Solución:

a) En los equilibrios heterogéneos sus constantes K_c y K_p sólo se determinan con las concentraciones y presiones parciales de las sustancias gaseosas, permaneciendo el equilibrio inalterado para cualquier valor de la sustancia sólida. Luego, si una vez obtenido el equilibrio anterior se modifica la cantidad de carbono (sustancia sólida), el equilibrio no se modifica.

b) Si se aumenta la cantidad de dióxido de carbono se incrementa su concentración y su presión parcial, lo que provoca una disminución del valor de K_c o K_p , recuperando el sistema sus valores desplazando el equilibrio hacia la derecha.

c) La reacción es endotérmica, absorbe calor, luego, si se disminuye la temperatura (se retira calor del sistema), el sistema recupera el estado de equilibrio cediendo calor, para lo que realizará la reacción exotérmica, es decir, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

d) Si se aumenta la presión, a temperatura constante, disminuye el volumen y aumenta la concentración molar de los gases, así como el número de moléculas por unidad de volumen. El sistema, ante esta alteración del equilibrio, reacciona consumiendo monóxido de carbono para producir dióxido de carbono y carbono, hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio, es decir, el sistema evoluciona hacia donde aparece un menor número de moles gaseosos, hacia la izquierda.