



EQUILIBRI QUÍMIC / QUÍMICA 2N BATX

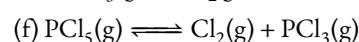
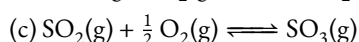
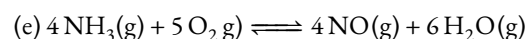
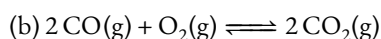
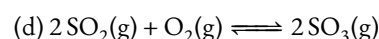
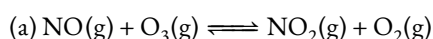
EXERCICIS

ALBA LÓPEZ VALENZUELA

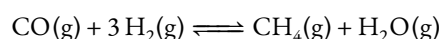
TRADUCCIÓ: EDUARD CREMADES I ÒSCAR COLOMAR

..... Constants d'equilibri

- 1 Escriu les expressions de la constant d'equilibri en funció de les concentracions i de les pressions parcials per a les següents reaccions reversibles:



- 2 En un recipient tancat de 10 L a 1200 K i en el qual s'ha fet el buit, s'introdueixen 1.00 mol de CO 3.00 mol de H₂, un cop s'ha arribat a l'equilibri s'han format 0.387 mol d'H₂O. Calcula el valor de la constant d'equilibri a aquesta temperatura si la reacció és:



Solució: $K_C = 3.93$

- 3 La constant del procés $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$, a certa temperatura és 4.48×10^{-3} . En un recipient d'un litre s'introdueixen 0.50 mols de N₂O₄. Calcula la composició final de la mescla expressada en mol.

Solució: 0.046 mol NO₂; 0.477 mol N₂O₄

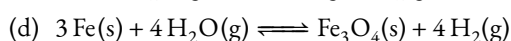
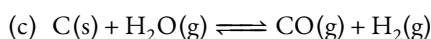
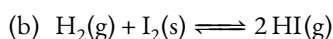
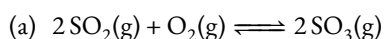
- 4 En un recipient de 5 L s'introdueixen 1 mol de diòxid de sofre i 1 mol d'oxigen i s'escalfa a 1000 °C, donant-se la reacció: $2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_3\text{(g)}$. Quant triòxid de sofre es forma si en l'equilibri hi ha 0.15 mols de diòxid de sofre? Calcula K_C .

Solució: 0.85 mol SO₃; $K_C = 279$

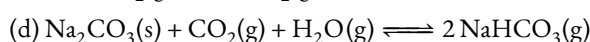
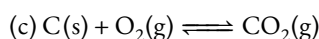
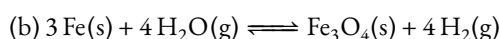
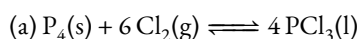
- 5 En un recipient de 10 L de volum s'introdueixen 2 mols del compost A i 1 mol del compost B. S'escalfa a 300 °C i s'estableix l'equilibri: $\text{A(g)} + 3\text{B(g)} \rightleftharpoons 2\text{C(g)}$. Quan s'arriba a l'equilibri, el nombre de mols de B és igual al de C. Calcula els mols de cada component a l'equilibri, K_C , K_p i la pressió parcial de B a l'equilibri.

Solució: 1.8 mol de A y 0.4 mol de B y C; $K_C = 138.9$; $K_p = 0.063$; $p_B = 1.88$ atm

- 6 Per a quina de les següents reaccions $K_p = K_C$?



- 7 Escriu les expressions de les constants d'equilibri K_C i K_p pels següents equilibris:



- 8 L'equilibri $\text{SbCl}_5\text{(g)} \rightleftharpoons \text{SbCl}_3\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$ s'estableix escalfant 29.9 g de SbCl₅ a 182 °C en un recipient de 3 L. Calculeu:

(a) Les concentracions de cada espècie a l'equilibri, sabent que la pressió total és de 1.54 atm.

(b) K_C , K_p y K_χ .

Solució: a) $[\text{SbCl}_3]=[\text{Cl}_2]=7.93 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{SbCl}_5]=0.0254 \text{ M}$; b) $K_C=2.47 \times 10^{-3}$; $K_p=0.09$; $K_x=0.06$

- 9 [EBAU, Extremadura 2018] La constant d'equilibri K_C per a la reacció $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ val 5.1 a 800 K. Si 1 mol de CO i 1 mol d' H_2O s'escalfen a 800 K en un recipient buit de 50 L, quan s'arriba a l'equilibri, calcula:
a) quants mols de CO queden sense reaccionar b) la pressió parcial de cada gas, la pressió total al recipient i la constant K_p .
 $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Solució: a) 0.31 mol; b) $p_{\text{CO}} = p_{\text{H}_2\text{O}}=0.41 \text{ atm}$, $p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2}=0.91 \text{ atm}$, $p_{\text{TOT}}=2.64 \text{ atm}$, $K_p = 4.93$

- 10 [Grau en Biotecnologia, UNEX] Pel procés Haber (la producció d'amoníac a partir de nitrogen i d'hidrogen), la constant d'equilibri a temperatura ambient és de 4×10^8 . Si les concentracions a l'equilibri de les tres espècies són iguals, quin és el valor de la concentració?

Solució: Depèn de la igualació: si $3 \text{ H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ NH}_3$ $[\text{N}_2]=5 \times 10^{-5} \text{ M}$; si $\frac{3}{2} \text{ H}_2 + \frac{1}{2} \text{ N}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$ $[\text{NH}_3]=2.8 \times 10^{-9} \text{ M}$

- 11 [Grau en Química, UNEX] En la reacció $\text{XY}_2 \rightleftharpoons \text{X} + 2 \text{ Y}$ les tres substàncies són gasos ideals. Un recipient de 10.0 L conté, inicialment, 0.40 mol de XY_2 . S'introdueix llavors un catalitzador de la reacció de dissociació. Quan s'arriba a l'equilibri, la pressió de la mescla és 1.20 atm. La temperatura és 300 K. Calcula la constant d'equilibri K_p de la reacció donada.

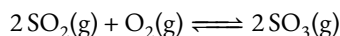
Solució: $5.79 \times 10^{-3} \text{ atm}^2$

- 12 [Grau en Química, UNEX] En un recipient de 1055 cm^3 es fa el buit i, a continuació, s'introdueixen 0.31 g de NO i 0.7 g de Br_2 . En aquestes condicions s'estableix l'equilibri: $2 \text{ NO(g)} + \text{Br}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{ NOBr(g)}$ a la temperatura de 323.7 K i es mesura una pressió final de 0.304 atm. Suposant comportament ideal pels gasos, calcula la composició de la mescla en equilibri i el valor de K_p .

Solució: 0.421; 0.147 i 0.432; 23.56 atm^{-1}

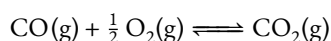
- 13 [Escola d'Enginyeries Agràries, UNEX] A certa temperatura, i en un recipient d'1 litre, es troben en equilibri 8 g d'oxigen, 8 g de diòxid de sofre i 40 g de triòxid de sofre.

a) Calcula el valor de la constant d'equilibri K_C corresponent a la reacció:



Solució: $K_C = 64 \text{ M}^{-1}$

- 14 [Grau en Química, UNEX] El monòxid de carboni és extremadament verinós, ja que forma un fortíssim complex amb l'hemoglobina. Les pressions parcials de diòxid de carboni i oxigen en l'atmosfera són, respectivament, 3.4×10^{-3} i 0.2 atm. Troba la pressió del monòxid de carboni en equilibri amb diòxid de carboni i oxigen a l'atmosfera, a 25 °C, segons la reacció:



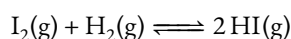
Hauríem de preocupar-nos amb aquest resultat? És espontani el procés?

Solució: $2.06 \times 10^{-45} \text{ Pa}$

- 15 [Grau en Biotecnologia, UNEX] A certa temperatura, la constant d'equilibri, K_p , és igual a 3.40 per a la reacció d'isomerització $\text{cis-but-2-è} \rightleftharpoons \text{trans-but-2-è}$. Si un matràs conté inicialment 0.250 atm de cis-but-2-è i 0.125 atm de trans-but-2-è , quin és la pressió d'equilibri de cada gas?

Solució: $P_{\text{cis}} = 0.0852 \text{ atm}$; $P_{\text{trans}} = 0.2898 \text{ atm}$

- 16 [Grau en Nutrició i Dietètica] Calcula la concentració d' H_2 en un matràs de 2.00 L en el qual hi ha inicialment HI a una pressió de 1.00 bar i a una temperatura de 107.8 K.



La constant d'equilibri K_C a aquesta temperatura és 10^{-4} .

Dada: $R = 0.0831 \text{ bar L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Solució: $[\text{H}_2] = 0.056 \text{ M}$

..... **Grau de dissociació**

- 17 [EBAU, Extremadura 2017] En un recipient de 750 mL s'introdueixen 0.1 mol de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ i, quan la temperatura és de 50°C , s'estableix l'equilibri: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ sent la pressió total de 4.2 atm. Calcula:
a) K_C y K_p ; b) El grau de dissociació, en %, del $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$.
- 18 [EBAU, Extremadura 2020] En un recipient de 2 litres s'introdueixen 2 mols d' AB_2 i quan la temperatura arriba als 346 K s'estableix l'equilibri: $\text{AB}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{A}(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g})$, sent $K_p = 2.56$. Calcula:
a) K_C i el nombre de mols de cada espècie en l'equilibri;
b) grau de dissociació (α) d' AB_2 , expressat en %.
- 19 [EBAU, Extremadura 2018] En un matràs buit d'1 L de capacitat es col·loquen 6 g de PCl_5 gasós. S'escalfen a 250°C , amb la qual cosa el PCl_5 es dissocia parcialment en Cl_2 i PCl_3 , ambdós gasosos: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{PCl}_3(\text{g})$. La pressió a l'equilibri és 2.078 atm. Calcula:
a) El grau de dissociació de PCl_5 ; b) la constant d'equilibri K_p a 250°C .
Masses atòmiques (u): P=31; Cl=35.5; $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- 20 S'ha estudiat la reacció de l'equilibri: $2\text{NOCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ a 735 K i en un volum d'1 litre. Inicialment, es van introduir 2 mols de NOCl. Un cop arribat a l'equilibri es va comprovar que s'havia dissociat en un 33 %. Calcula K_C .
Solució: $K_C = 0.08$
- 21 [Escola d'Enginyeries Agràries, UNEX] S'introdueixen 0.2 mols de $\text{Br}_2(\text{g})$ en un recipient de 0.5 L a 600°C , sent el grau de dissociació per a la reacció $\text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Br}(\text{g})$, en aquestes condicions, del 0.8 %. Calcula K_C y K_p .
Solució: $K_C = 1.03 \times 10^{-4} \text{ M}$; $K_p = 73.88 \times 10^{-4} \text{ atm}$
- 22 [Escola d'Enginyeries Agràries, UNEX] La densitat del N_2O_4 és de 2.08 g/L a 60°C i 1 atm. Calcula el grau de dissociació i el valor de la constant d'equilibri corresponent a la dissociació $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ en aquestes condicions de pressió i temperatura.
Solució: $\alpha = 0.62$; $K_p = 2.5 \text{ atm}$
- 23 El pentaclorur de fòsfor està dissociat segons l'equació $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ a 250°C i 1 atm de pressió. La densitat del PCl_5 sense dissociar és de 2.695 g/L. Calcula el grau de dissociació del PCl_5 i la K_p a aquesta temperatura
Solució: $\alpha = 0.807$; $K_p = 1.77 \text{ atm}$
- 24 Calcula el grau de dissociació, a 30°C i 5 atm, per a la dissociació del tetraòxid de dinitrogen, si se sap que en aquestes condicions K_p és 0.15 atm.
Solució: $\alpha = 0.083$
- 25 [EBAU, Extremadura 2019] A 200°C i a una pressió d'1 atm, el PCl_5 es dissocia en un 48.5 % segons la reacció:
$$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$$

a) Determina el valor de K_p a aquesta temperatura.
b) Calcula el grau de dissociació a la mateixa temperatura, però a una pressió de 10 atm. És coherent aquest resultat amb el principi de Le Châtelier?
Solució: a) $K_p = 0.457$; b) $\alpha = 0.192 = 19.2\%$. Sí.
- 26 A 200°C i a una pressió d'1 atm, el PCl_5 es troba dissociat en un 48.5 %. Calcula el grau de dissociació a la mateixa temperatura, però a una pressió de 10 atm.
Solució: a) $K_p = 0.31$; b) $\alpha = 0.174 = 17.4\%$.
- 27 A 27°C i a 1 atm de pressió el N_2O_4 està dissociat en un 20 % en NO_2 . Calcula: a) K_p ; b) El % de dissociació a 27°C i a una pressió de 0.1 atm.
Solució: a) $K_p = 0.17$; b) $\alpha = 0.538 = 53.8\%$.
- 28 A 27°C i 1 atm de pressió el N_2O_4 es dissocia en un 20 % en NO_2 . Calcula: a) K_p ; b) El % de dissociació a 27°C i a una pressió de 0.1 atm.
Solució: a) $K_p = 0.2$; b) $\alpha = 0.5 = 50\%$.

- 29 La constante de equilibrio para la reacción de disociación del tetraóxido de dinitrógeno vale 5.8×10^{-3} a 25°C . Calcula el grado de disociación cuando la concentración inicial es: a) 0.01 M; b) añadimos 0.01 M de N_2O_4 al equilibrio formado en el apartado anterior.

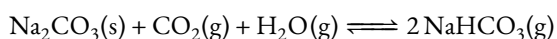
Solució: a) 0.315; b) 0.091

- 30 ♣ A 1573 K , el 63 % d'una mescla equimolecular de diòxid de carboni i d'hidrogen es converteix en CO i aigua segons: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Calcula K_p i indica si és espontània o no.

Solució: $K_p = 2.89$; $\Delta G = -13.8\text{ kJ/mol}$

..... **Factors que afecten l'equilibri**

- 31 Respecte al problema 26, cap a on s'ha desplaçat l'equilibri? Per què?
- 32 A 200°C la constant d'equilibri de la reacció $\text{MX}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{MX}_3(\text{g}) + \text{X}_2(\text{g})$ val 0.022. En un moment determinat s'introdueixen simultàniament les següents concentracions: $[\text{MX}_5] = 0.04\text{ M}$, $[\text{MX}_3] = 0.40\text{ M}$ y $[\text{X}_2] = 0.20\text{ M}$.
- (a) Raona si el sistema es troba en equilibri i, si no ho està, com evolucionaria per arribar a l'equilibri?
- (b) Indica si un canvi de pressió del sistema en equilibri afectarà al mateix.
- (c) Indica com afectarà al sistema en equilibri l'addició d'un catalitzador.
- 33 En un matràs de reacció de 2 L s'introdueixen 2.5 mols d' NaHCO_3 , 0.15 mols de Na_2CO_3 , 2.5×10^{-2} mols de CO_2 i 4.0×10^{-4} mols d'aigua. Tots ells en l'estat d'agregació que s'indica en la següent reacció ajustada:



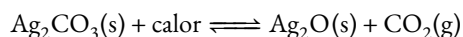
Es troba el sistema en equilibri? En cas negatiu, raona cap a on es desplaçarà l'equilibri. Dada: $K_c = 4000$.

- 34 Un volum d'1 L d'una mescla en equilibri d'amoníac, nitrogen i hidrogen a 750 K es compon d'1 mol de N_2 , 1.2 mols d' H_2 i 0.329 mols d' NH_3 . Considerant l'equilibri: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, calcula:
- (a) K_c .
- (b) Les pressions parcials dels gasos en l'equilibri.
- (c) Si la variació d'entalpia és -92.4 kJ/mol , en quin sentit es desplaçarà l'equilibri si s'augmenta la temperatura fins 1300 K ?

Solució: a) $K_c = 0.063$; b) $p_{\text{H}_2} = 61.5\text{ atm}$, $p_{\text{N}_2} = 73.8\text{ atm}$, $p_{\text{NH}_3} = 20.2\text{ atm}$; c) esquerra

- 35 Considereu el següent sistema en equilibri $\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H > 0$. Justifiqueu la veracitat o falsedat de les següents afirmacions:
- (a) En augmentar la concentració d'oxigen, l'equilibri no es desplaça perquè no pot variar la constant d'equilibri.
- (b) En augmentar la pressió total l'equilibri es desplaça cap a l'esquerra.
- (c) En augmentar la temperatura l'equilibri no es modifica.
- 36 Donada la següent reacció $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g})$ $\Delta H < 0$, indica raonadament la veracitat o falsedat de les següents afirmacions:
- (a) La reacció és exotèrmica.
- (b) En augmentar la temperatura l'equilibri es desplaçarà a la dreta.
- (c) En disminuir la temperatura l'equilibri no es desplaça.
- (d) Si disminuïm la pressió, l'equilibri es desplaça cap a la dreta.
- (e) Si un cop s'ha arribat a l'equilibri, afegim més quantitat de carboni, l'equilibri no es modifica.
- (f) Si un cop s'ha arribat a l'equilibri, afegim hidrogen, l'equilibri es desplaça a l'esquerra.

- 37 [Escola d'Enginyeries Agràries, UNEX] El carbonat de plata té tendència a descompondre. Si es manté en un recipient tancat, acaba per arribar a l'equilibri, que és expressat segons:



La constant d'equilibri K_p val 0.0095 a 110 °C. a) Suposant que s'introdueix en un recipient de 100 mL una mostra de 0.5 g de Ag_2CO_3 i s'escalfa a 110 °C, quin valor tindrà la pressió del CO_2 quan s'arribi a l'equilibri? b) Què passarà si un cop s'ha arribat a l'equilibri, s'eleva la temperatura a 115 °C?

Solució: a) $p(\text{CO}_2) = 0.0095 \text{ atm}$

- 38 ♣ A certa temperatura el PCl_5 es dissocia en PCl_3 i Cl_2 . Quan s'arriba a l'equilibri d'aquesta reacció, portada a terme en un recipient de 10 L, es comprova que les concentracions són 0.8 M de PCl_5 , 0.2 M de PCl_3 i 0.2 M de Cl_2 . Calcula K_c en aquestes condicions i interpreta com es desplaçarà l'equilibri i quines seran les noves concentracions si, un cop s'ha arribat a l'equilibri:

- (a) S'afegeixen 2 mols de PCl_5 .
- (b) Es redueix el volum a 5 L.
- (c) S'afegeixen 2 mols de Cl_2 .

- 39 [EBAU, Extremadura 2020] En un recipient de 500 mL es posen 0.6 mols del compost A(g) i quan la temperatura és de 600 K, s'arriba a l'equilibri: $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$, sent el grau de dissociació d'A(g) del 65 %.

- a) Troba els valors de K_c i K_p .
- b) Calcula la pressió total a la qual s'arriba a l'equilibri.
- c) Si augmenta el volum, justificar cap a on es desplaça l'equilibri.

$$R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

- 40 [EBAU, Extremadura 2018] a) Donada la reacció $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{B}(\text{g})$, la K_c de la qual val 0.3, a 300 K. Indica, raonant la resposta, en quin sentit es desplaçarà la reacció si en un reactor de 2 L hi ha 2.5 mol d'A i 3 mol de B en un moment donat, a 300 K.

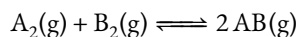
b) Per a la reacció anterior, un cop s'ha arribat a l'equilibri, en augmentar la temperatura s'observa que augmenta la concentració de B. Raona si la reacció és exotèrmica o endotèrmica.

- 41 [EBAU, Extremadura 2019] En un recipient de 200 mL es col·loquen 0.40 g de tetraòxid de dinitrogen (N_2O_4). Es tanca el recipient i s'escalfa a 45 °C, produint-se la dissociació del N_2O_4 en un 41.6 %.

- a) Calcular les constants K_c i K_p per l'equilibri: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$.
- b) Justifica com canviaran les concentracions relatives d'ambdós compostos si, a 45 °C, s'augmenta la pressió a l'interior del recipient.
- c) Justifica com ha de variar la temperatura perquè augmenti la concentració N_2O_4 , tenint en compte que la reacció és endotèrmica.

$$R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}; \text{Masses atòmiques (u): } N = 14; O = 16.$$

- 42 [EBAU, Extremadura 2017] Una mescla gasosa composta per 7 mol de A_2 i 5 mol de B_2 s'introdueix en un reactor de 40 L de volum. El reactor s'escalfa a 350 °C. Un cop s'ha arribat a l'equilibri, s'han format 9 mol de producte gasós AB:



- a) Calcula el valor de les constants d'equilibri K_c i K_p .
- b) Si per a la reacció anterior $\Delta H = -15.7 \text{ kJ mol}^{-1}$, raona com es desplaçarà l'equilibri si s'augmenta la pressió i la temperatura (considera cada efecte per separat).

$$R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}; \text{Masses atòmiques (u): } N = 14; O = 16.$$

- 43 [PAU, Extremadura 2011] Per al següent equilibri: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$.

Indica, raonadament, el sentit en el qual es desplaçarà l'equilibri si:

- a) S'agrega clor gasós a la mescla en equilibri. c) S'augmenta la pressió del sistema.
b) S'augmenta la temperatura. d) Es disminueix el volum.

- 44 [PAU, Extremadura 2012] a) Indica, justificant la resposta, quines condicions ha de complir un sistema en equilibri perquè els seus valors de K_c i K_p siguin iguals.

b) Indica en quin sentit (formació de productes o de reactius) evolucionarà una reacció química quan el seu quocient de reacció val 3, sabent que la seva constant d'equilibri, K_c és igual a 4. Justifica la resposta.

- 45 [PAU, Extremadura 2014] Per a un determinat equilibri químic, en fase gasosa, se sap que un augment de la temperatura produeix el desplaçament de la reacció cap a l'esquerra, mentre que un augment de la pressió provoca el desplaçament de la reacció cap a la dreta. Indicar, raonadament, de quin d'aquests tres equilibris es tracta:

a) $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, exotèrmica; b) $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$, endotèrmica; c) $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$, exotèrmica.

- 46 [EBAU, Extremadura 2021] L'equilibri $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ s'aconsegueix quan la temperatura és de 200°C , sent la pressió total 2 atm i el grau de dissociació del 30 %.

- (a) Determinar les pressions parcials de cada substància en l'equilibri.
(b) Calcular K_c i K_p .
(c) Si la temperatura roman constant, com evolucionarà l'equilibri si disminueix el volum?

Datos: $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- 47 [EBAU, Extremadura 2021] En un recipient de 6 litres es produeix la reacció $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$. Quan a 400°C s'aconsegueix l'equilibri hi ha 0.02 mols de A, 0.02 mols de B i 0.15 mols de C.

- (a) Trobar les constants d'equilibri K_c i K_p .
(b) Calcular la pressió parcial de cada component en l'equilibri.
(c) Com evolucionarà l'equilibri en disminuir la pressió total, si es manté constant la temperatura? Raonar la resposta.
(d) Com evolucionarà el sistema en afegir B, suposant constant la temperatura? Raonar la resposta.

Dades: $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

PROBLEMES DE SOLUBILITAT I PRECIPITACIÓ

..... Solubilitat i constant del producte de solubilitat

- 48 [EBAU, Extremadura 2012] a) Què s'entén per solubilitat d'un compost?
b) Dedueix una expressió que relacioni la solubilitat i la constant del producte de solubilitat per a una sal de tipus $A_m B_n$.
- 49 [EBAU, Extremadura 2019] Tenim tres sals de AgCl, AgBr i AgI.
a) Calculau la solubilitat de les tres sals, expressant-les en g L^{-1} .
b) Ordenau les tres sals de major a menor solubilitat.
 K_{ps} : AgCl = 1.7×10^{-10} ; AgBr = 5.6×10^{-13} ; AgI = 1.1×10^{-16}
Masses atòmiques (u): Ag=107.9; Br=79.9; I=126.9; Cl=35.5
- 50 [EBAU, Comunitat Valenciana 2008] Ordenau raonadament les següents sals de major a menor solubilitat en aigua: BaSO₄, ZnS, CaCO₃, AgCl.
Dades. Productes de solubilitat, K_s : BaSO₄ = 1.10×10^{-10} ; ZnS = 2.50×10^{-22} ; CaCO₃ = 9.00×10^{-9} ; AgCl = 1.10×10^{-10}
- 51 [EBAU, Extremadura 2012] Per a preparar 500 mL de dissolució saturada de AgBrO₃ es van usar 900 mg d'aquesta sal. Calculeu la K_{ps} del bromat de plata.
Masses atòmiques (u): Ag=107.9; Br=79.9; O=16

Solució: $K_{ps} = 5.83 \times 10^{-5}$

- 52 [EBAU, Comunitat Valenciana 2005] El producte de solubilitat a 25 °C de l'hidroxid d'alumini, Al(OH)₃, és $K_s = 2.0 \times 10^{-32}$. Calculeu:
a) La solubilitat molar del compost.
b) La quantitat en grams de Al³⁺, que hi ha en un mil·lilitre de dissolució saturada del compost.
Massa atòmica (o): Al=27

Solució: $s = 5.22 \times 10^{-9} \text{ M}$; $m = 1.41 \times 10^{-10} \text{ g}$

..... Efecte de l'ió comú

- 53 [EBAU, Extremadura 2018] Calculeu la solubilitat del AgBr a 25 °C, expressada en g/L:
(a) en aigua pura.
(b) en una dissolució aquosa 0.1 M de NaBr, sabent que $K_s \text{AgBr}(25 \text{ °C}) = 7.7 \times 10^{-13}$.
Masses atòmiques (u): Ag=107.9; Br=79.9
- 54 [EBAU, Extremadura 2018] Se sap que, a una certa temperatura, la solubilitat del PbI₂ en aigua pura és 0.65 g L⁻¹. Determineu:
a) La constant del producte de solubilitat.
b) La solubilitat (en g L⁻¹) de PbI₂ en presència d'una dissolució 0.15 M de KI, a la mateixa temperatura.
Masses atòmiques (u): Pb=207.2; I=126.9
- 55 [EBAU, Extremadura 2020] La constant de solubilitat, K_{ps} , del difluorur de calci (CaF₂) val 3.5×10^{-11} .
a) Calculeu la solubilitat del CaF₂ en aigua pura, expressada en mol L⁻¹.
b) Determineu la solubilitat del CaF₂ en presència d'una dissolució de CaCl₂ 0.5 M.
c) Justifiqueu la diferència de solubilitat entre les condicions que s'indiquen en els apartats a) i b).
- 56 [EBAU, Extremadura 2019] Sabent que la constant del producte de solubilitat (K_{ps}) del Ag₂CO₃ val 8.5×10^{-12} , calculeu la solubilitat del Ag₂CO₃ (expressada en mol L⁻¹) a 25 °C en cadascuna de les següents situacions:
a) en aigua pura;
b) en presència d'una dissolució de AgNO₃ 0.22 mol L⁻¹;
c) en presència d'una dissolució de Na₂CO₃ 0.22 mol L⁻¹.
d) Raoneu quina de les dues substàncies (AgNO₃ o Na₂CO₃) és més efectiva per a reduir la solubilitat del Ag₂CO₃.

Solució: $s = 1.65 \times 10^{-4} \text{ g/L}$; $s' = 1.45 \times 10^{-9} \text{ g/L}$ Solució: $K_{ps} = 1.12 \times 10^{-8}$; $s' = 2.29 \times 10^{-4} \text{ g/L}$

57 [EBAU, Extremadura 2021] Una dissolució saturada de PbCl_2 té a una certa temperatura una solubilitat de 0.835 g/L.

- Calculeu la constant del producte de solubilitat (K_{ps}) del PbCl_2 .
- Quina serà la concentració d'ió Cl^- en aquesta dissolució a la mateixa temperatura?
- Si s'afegeix KCl a la dissolució de PbCl_2 , què li succeirà a la solubilitat? Raoneu la resposta.

Dades: *Masses atòmiques* (u): $\text{Pb} = 207$; $\text{Cl} = 35.5$

..... **Precipitació**

58 La solubilitat del PbI_2 en aigua pura, 25 °C, 0.70 g/L. Determineu:

- El valor de la constant del producte de solubilitat.
- Si aquesta sal precipitarà quan s'afegeixin 2.0 g de iodur de sodi a 100 mL d'una dissolució 0.012 M de nitrat de plom(II).

Masses atòmiques (u): $\text{Pb}=207.2$; $\text{I}=126.9$; $\text{Na}=23$

Solució: $K_{ps} = 1.4 \times 10^{-8}$; Precipita

59 A 100 mL d'una dissolució que conté 0.194 g de cromat de potassi i 0.117 g de clorur de sodi s'afegeix una altra que conté ions plata, així podria precipitar clorur de plata i cromat de plata. Justifica quina sal precipitarà primer.

Dades: $K_s(\text{AgCl})=1.7 \times 10^{-10}$; $K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)=1.9 \times 10^{-12}$. *Masses atòmiques* (u): $\text{K}=39.1$; $\text{Cr}=52$; $\text{O}=16$; $\text{Na}=23$; $\text{Cl}=35.5$

Solució: precipita abans AgCl .

60 [EBAU, Extremadura 2020] Es mesclen 20 mL d'una dissolució aquosa de BaCl_2 de concentració 0.5 molar amb 80 mL d'una dissolució aquosa de CaSO_4 de concentració 0.04 molar. Supposeu volums additius.

- Raoneu si es formarà precipitat de BaSO_4 .
- Calculeu la solubilitat en aigua del BaSO_4 , expressada en g L^{-1} .

$K_{ps} \text{BaSO}_4 = 1.1 \times 10^{-10}$; *Masses atòmiques* (u): $\text{Ba}=137.3$; $\text{S}=32.1$; $\text{O}=16.0$

61 [EBAU, Extremadura 2017] S'afegeixen 20 mL d'una dissolució 0.01 M de AgNO_3 a 80 mL d'una altra dissolució 0.05 M de K_2CrO_4 . Si la K_{ps} del Ag_2CrO_4 és 3.9×10^{-12} .

- Raoneu si es produirà precipitat en la mescla anterior.
- Calculeu la solubilitat (g L^{-1}) del Ag_2CrO_4 en aigua pura.

Masses atòmiques (u): $\text{O}=16$; $\text{Cr}=52.1$; $\text{Ag}=108$

62 [EBAU, Extremadura 2019] a) Una dissolució conté una $[\text{Ca}^{2+}] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Trobeu la concentració d'ió fluorur mínima perquè comenci a precipitar el CaF_2 , la K_{ps} del CaF_2 és 3.9×10^{-11}

- Calculeu la solubilitat en aigua pura del CaF_2 , expressada en g L^{-1} .

Masses atòmiques (u): $\text{Ca}=40$; $\text{F}=19$

Solució: $[\text{F}^-] = 1.975 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$; $s = 2.14 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

63 En diversos països la fluoració de l'aigua de consum humà és utilitzada per a prevenir la càries dental.

- Si el producte de solubilitat, K_{ps} , del CaF_2 és 10^{-10} , calculeu basant-vos en les reaccions corresponents la solubilitat del CaF_2 .
- Quina quantitat de NaF cal afegir a 1 L d'una dissolució que conté 20 mg L^{-1} de Ca^{2+} perquè comenci a precipitar CaF_2 ?

Dades: masses atòmiques relatives $\text{F}=19$; $\text{Na}=23$ y $\text{Ca}=40$.

Solució: $s = 2.92 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$; $m_{\text{NaF}} = 18.8 \text{ mg}$

..... **Factors que afecten la solubilitat**

64 Indiqueu, raonadament, si per a augmentar la solubilitat del PbCl_2 en aigua caldria:

- Afegir més aigua.
- Afegir HCl .
- Augmentar la temperatura.

65 [EBAU, Andalusia reserva 2021] Es prepara una dissolució de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ en aigua, quedant en el fons del recipient una part del sòlid sense dissoldre. Justifiqueu com afecta a la solubilitat del compost:

- a) L'addició de FeCl_2 .
- b) Un augment del pH.
- c) L'addició d'aigua.

SELECTIVITAT

- 66 [EBAU, Andalusia reserva 2021] La descomposició del cianur d'amoni a 11 °C en un recipient de 2 L aconsegueix una pressió total de 0.3 atm quan s'estableix el següent equilibri: $\text{NH}_4\text{CN(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{(g)} + \text{HCN(g)}$

a) Determineu K_C i K_P .

b) Si es parteix de 1.0 g de cianur d'amoni, calculi la massa que queda sense descompondre en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

Masses atòmiques (u): $N=14$; $C=12$; $H=1$

Solució: a) $K_P = 0.0225$; $K_C = 4.46 \times 10^{-5}$; b) 0.44 g NH_4CN

- 67 [EBAU, Andalusia reserva 2021] S'introdueix una certa quantitat d'A(s) en un matràs de 2 L. A 100 °C, l'equilibri $\text{A(s)} \rightleftharpoons \text{B(s)} + \text{C(g)} + \text{D(g)}$ s'aconsegueix quan la pressió és de 0.962 atm. Calculeu:

a) La constant K_P d'aquest equilibri.

b) La massa d'A(s) que es descompon.

Dades: $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; massa molar d'A = 84 g mol^{-1}

- 68 [EBAU, Andalusia reserva 2021] S'escalfa $\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$ pur a 240 °C en un recipient d'1 L, establint-se el següent equilibri: Sabent que la pressió total en l'equilibri és d'1 atm i la pressió parcial de NOCl és de 0.64 atm:

a) Calculeu les pressions parcials de NO i Cl_2 en l'equilibri.

b) Determineu K_C i K_P .

Dada: $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- 69 [EBAU, Andalusia 2021] Donada la reacció a 25 °C i 1 atm de pressió $\text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)}$; $\Delta H = 180.2 \text{ kJ}$, raoneu si són vertaderes o falses les següents afirmacions:

a) La constant d'equilibri K_P es duplica si es duplica la pressió.

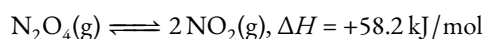
b) El sentit de la reacció s'afavoreix cap a l'esquerra si s'augmenta la temperatura.

c) El valor de la constant d'equilibri per a aquest procés depèn del catalitzador utilitzat.

- 70 [EBAU, Andalusia 2020] Justifiqueu la veracitat o falsedat de les següents afirmacions:

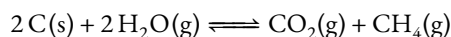
a) Per a un equilibri, K_P mai pot ser més petita que K_C .

b) Per a augmentar la concentració de NO_2 en l'equilibri:



haurem d'escalfar el sistema.

c) Un increment de la pressió en el següent equilibri:



augmenta la producció de metà gasós.

- 71 [EBAU, Comunitat Valenciana 2019] L'hidrogenocarbonat de sodi, $\text{NaHCO}_3\text{(s)}$, s'utilitza en alguns extintors químics secs ja que els gasos produïts en la seva descomposició extingeixen el foc. L'equilibri de descomposició del $\text{NaHCO}_3\text{(s)}$ pot expressar-se com: $2 \text{NaHCO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3\text{(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$

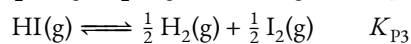
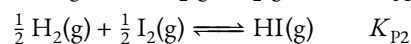
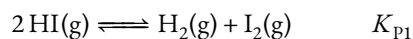
Per a estudiar aquest equilibri en el laboratori, 200 g de $\text{NaHCO}_3\text{(s)}$ es van dipositar en un recipient tancat de 25.0 L de volum, en el qual prèviament s'ha fet el buit, que es va escalfar fins a aconseguir la temperatura 110 °C. La pressió a l'interior del recipient, una vegada aconseguit l'equilibri, era de 1.646 atm. Calculeu:

a) La quantitat (en g) d' $\text{NaHCO}_3\text{(s)}$ que queda en l'extintor després d'aconseguir-se l'equilibri a 110 °C.

b) El valor de les constants d'equilibri K_P i K_C a aquesta temperatura.

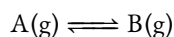
Dada. Constant dels gasos, $R = 0.082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- 72 [PAU, Comunitat Valenciana 1997] Les següents reaccions han aconseguit l'equilibri a una mateixa temperatura:



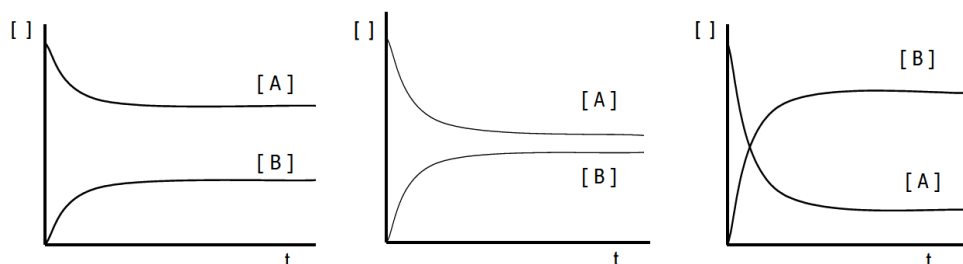
Calculeu el valor de les constants K_{p1} , K_{p2} i K_{p3} .

- 73 [PAU, Comunidad Valenciana 1998] Per a una hipotètica reacció, l'equació química de la qual és:



es plantegen com a possibles gràfiques Concentració = $f(t)$

MODIFICAR



Justifiqueu quina gràfica correspondrà a cadascun dels següents casos:

a) $K_C \gg \gg \gg 1$

b) $K_C \ll \ll \ll 1$

c) $K_C \approx 1$

- 74 [EBAU, Andalusia reserva 2021] Es dissol hidròxid de cadmi, $\text{Cd}(\text{OH})_2$, en aigua fins a obtenir una dissolució saturada a una temperatura donada. Sabent que la concentració d'ions OH^- és $3.68 \times 10^{-5} \text{ M}$, calculeu:

a) La solubilitat de l'hidròxid de cadmi i el valor de la constant del producte de solubilitat del compost a aquesta temperatura.

b) Si a 100 mL de la dissolució anterior se li afegeixen 0.5 g de NaOH, quina serà la concentració molar d'ions Cd^{2+} en la dissolució?

Dades: Masses atòmiques relatives: Na= 23; O= 16; H= 1

- 75 [EBAU, Andalusia reserva 2021] La solubilitat del cromat de plata (Ag_2CrO_4) en aigua a 25 °C és 0.0435 g/L.

a) Doneu l'equilibri de solubilitat en aigua del cromat de plata i calculeu el producte de solubilitat de la sal a 25 °C.

b) Calculeu si es formarà precipitat quan es barregen 20 mL de cromat de sodi (Na_2CrO_4) 0.08 M amb 30 mL de nitrat de plata (AgNO_3) $5 \times 10^{-3} \text{ M}$. Considereu els volums additius.

Dades: Masses atòmiques relatives: O= 16; Cr= 52; Ag= 107,8

- 76 [EBAU, Andalusia reserva 2021] Justifiqueu si les següents afirmacions són vertaderes o falses:

a) Per a una dissolució saturada d'hidròxid d'alumini, $\text{Al}(\text{OH})_3$, es compleix que: $K_s = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]$

b) En una dissolució saturada de fluorur de bari, BaF_2 , es compleix que $[\text{Ba}^{2+}] = 2[\text{F}^-]$

c) El producte de solubilitat (K_s) del MgF_2 disminueix en afegir $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ a una dissolució aquosa de MgF_2 .

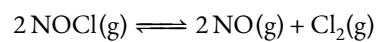
- 77 [EBAU, Cantabria 2021] En la taula adjunta es recullen els valors, a diferents temperatures, de la constant d'equilibri químic: $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

T(K)	298	400	600	800	1000
K_p	2.82×10^{-25}	1.78×10^{-16}	1.98×10^{-8}	1.29×10^{-3}	2.64×10^{-1}

(a) Justifiqueu si la reacció anterior és endotèrmica o exotèrmica.

(b) Expliqueu com afecta a l'equilibri un augment de la pressió, mantenint constant la temperatura.

- 78 [EBAU, País Basc 2022] S'introdueixen 131 g de clorur de nitrosil (NOCl) en un matràs de 1 L i el recipient s'escalfa a 450 °C. El clorur de nitrosil es dissocia un 33 % segons l'equació:



- (a) Calculeu la constant K_c .
- (b) Calculeu la constant K_p .
- (c) Com canvia (augmenta, disminueix o no s'altera) la concentració de Cl_2 si s'afegeix un gas inert (Ar) a la mescla en equilibri del matràs a volum i temperatura constant?