

■ CÀLCUL DE CONSTANTS D'EQUILIBRIS HOMOGENIS

1. S'ha realitzat la reacció $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ diverses vegades, amb distintes quantitats, sempre a 134°C . Una vegada s'ha arribat a l'equilibri les concentracions de les dues substàncies en cada mostra foren:

mostra núm.	1	2	3
$[\text{N}_2\text{O}_4]$ (mol/L)	0,29	0,05	
$[\text{NO}_2]$ (mol/L)	0,74		0,3

Completa la taula.

(S: 0,307 mol/L, 0,0476 mol/L)

2. a) Una mescla en equilibri per a la reacció. $2 \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g})$, conté 1,0 mol de H_2S ; 0,20 mol d' H_2 i 0,80 mol de S_2 en un recipient de 2 L. Calcula K_c a la temperatura de la mescla. b) Una altra mescla a la mateixa temperatura conté en un recipient igual 0,1 mol d' H_2 i 0,4 mol de S_2 , calcula quants mols de H_2S hi haurà en la mescla.

(S: a) 0,016 mol/L; b) 0,36 mol)

3. Un recipient conté una mescla de N_2 , H_2 i NH_3 en equilibri. La pressió total en el recipient és 2,8 atm, la pressió parcial de l' H_2 és 0,4 atm i la del N_2 , 0,8 atm. Calcula K_p per a la reacció en fase gasosa $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ a la temperatura de la mescla.

(S: 50 atm^{-2})

4. Quan mesquem 1 mol de N_2 i 3 mol d' H_2 a certa temperatura i a una pressió constant de 10 atm s'obtenen 0,4 mol de NH_3 en l'equilibri. Es demana:

- els mols de cada gas en l'equilibri;
- la pressió parcial de cada gas en l'equilibri;
- K_p per a la reacció $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, a la temperatura en què es féu la reacció.

(S: a) 0,8 mol N_2 , 2,4 mol H_2 , 0,4 mol NH_3 ; b) 2,22 atm, 6,67 atm, 1,11 atm; c) $1,87 \cdot 10^{-3} \text{ atm}^{-2}$)

5. Es mesclen 0,84 mols de PCl_5 i 0,18 mol de PCl_3 en un recipient d'1 litre. Quan s'ha arribat a l'equilibri existeixen 0,72 mol de PCl_5 . Calcula K_c a la temperatura del sistema per a la reacció $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$.

(S: 0,05 mol/L)

6. S'introdueix en un matràs de 2 litres una mescla de 2 mols de gas Br_2 i 2 mols de Cl_2 . A certa temperatura es produeix la reacció: $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{BrCl}(\text{g})$. Quan s'estableix l'equilibri s'ha gastat el 9,8 % de brom. Calculeu la constant d'equilibri per a la reacció.

(S: 0,0474)

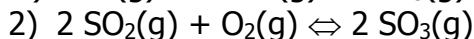
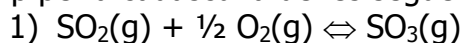
■ RELACIÓ ENTRE LES CONSTANTS K_c I K_p

7. Analitzada una mostra d'un gas tancat en un recipient de 5 L a una temperatura de 600 K que es trobava en equilibri químic, s'observà que era compost per amoníac, nitrogen i hidrogen en concentracions $5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, 0,02 M i 0,02 M, respectivament. A

partir d'aquestes dades, obtingueu els valors de les constants d'equilibri K_c i K_p per a la reacció: $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$.

(S: $K_c = 1,56 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$; $K_p = 6,44 \cdot 10^{-4} \text{ atm}^{-2}$)

8. Formuleu l'expressió de K_p per a cadascuna de les següents equacions químiques:



Compareu ambdues expressions i comenteu les analogies i diferències. ¿Quina és la relació existent entre K_p i K_c per a cadascuna d'aquestes equacions químiques?

9. S'introdueix una mostra de pentaclorur de fòsfor en un flascó a una temperatura de 427°C . El pentaclorur es dissocia parcialment i produeix clor i triclorur de fòsfor: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{PCl}_3(\text{g})$. Si les pressions parcials del clor i del pentaclorur són, respectivament, 0,5 i 0,4 atm, calculeu els valors de K_p i K_c , així com les fraccions molars dels components de la mescla en equilibri.

(S: $K_p = 0,625 \text{ atm}$; $K_c = 1,09 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$; $X(\text{PCl}_5) = 0,286$; $X(\text{PCl}_3) = X(\text{Cl}_2) = 0,357$)

■ CÀLCULS EN L'EQUILIBRI

10. La constant d'equilibri per a la reacció: $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, val 4 a certa temperatura. S'introdueixen 0,6 mols de CO i 0,6 mols de vapor d'aigua en un recipient de 2 L a aquesta temperatura. Calcula el nombre de mols de CO_2 en l'equilibri.

(S: 0,4 mol)

11. Per a la reacció $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, $K = 50$ a 450°C . En un recipient d'un litre s'introdueixen 1 mol d' H_2 , 1 mol d' I_2 i 2 mols d' HI ;

a) determina en quin sentit es produirà reacció;

b) calcula quants mols de cada gas hi haurà quan s'arribi a l'equilibri.

(S: a) $\rightarrow$; b) $n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2) = 0,441 \text{ mol}$, $n(\text{HI}) = 3,118 \text{ mol}$)

12. La K_p per a la reacció $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ té un valor de 66 atm a 134°C . S'introdueix 1 mol de N_2O_4 en un recipient i s'escalfa fins a 134°C . En l'equilibri la pressió és 10 atm. Calcula quants mols de NO_2 hi haurà en la mescla en equilibri.

(S: 1,58 mol)

13. A una temperatura determinada es produeix la reacció: $\text{Xe}(\text{g}) + 2\text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{XeF}_4(\text{g})$.

a) Es mesclen 0,4 mols de Xe amb 0,8 mols de F_2 , en un recipient de 2 L. Quan s'aconsegueix l'equilibri, el 60 % de tot el Xe s'ha convertit en XeF_4 . Trobeu K_c . b) Es mesclen 0,4 mol de Xe amb "y" mol de F_2 en el mateix recipient. Quan s'aconsegueix l'equilibri, el 75 % de tot el Xe s'ha convertit en XeF_4 . Trobeu el valor de "y".

(S: a) $K_c = 58,6 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$; b) 1,05 mol)

14. Un recipient d'un litre conté una mescla en equilibri segons la reacció: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$. Les concentracions d'equilibri són 0,4, 0,2 i 0,1 mol/L, respectivament. a) Calcula K_c . b) Sense modificar el volum, afegim 0,1 mol de Cl_2 , calcula la concentració de PCl_5 quan de nou s'arribi a l'equilibri.

(S: a) $K_c = 0,05 \text{ mol/L}$; b) $[\text{PCl}_5] = 0,45 \text{ mol/L}$)

- 15.** S'ha trobat que la composició d'equilibri per a la següent reacció $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ era 0,1; 0,1; 0,4 i 0,1 mols, respectivament, en un matràs d'1 litre. S'afegiren a la mescla en equilibri (sense modificar el volum) 0,3 mols d' H_2 . Calcula la nova concentració de CO_2 una vegada restablert l'equilibri.

(S: $[\text{CO}_2] = 0,333 \text{ mol/L}$)

- 16.** En un recipient d'1,3 L de capacitat hi ha 2,6 g de tetraòxid de dinitrogen a 27°C . Quan s'arriba a l'equilibri, la pressió en el recipient és de 0,6 atm. Calculeu el grau de dissociació de l'equilibri: $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$.

(S: $\alpha = 0,12$ o bé el 12 %)

EQUILIBRIS HETEROGENIS

- 17.** L'òxid de mercuri(II) en escalfar-se es descompon reversiblement en vapor de mercuri i oxigen. Quan aquesta operació es realitza en un recipient tancat on prèviament s'ha fet el buit, s'aconsegueix una pressió total en l'equilibri de 150 mm Hg a 400°C . Determina el valor de la constant d'equilibri K_p a aquesta temperatura per a la reacció: $2\text{HgO(s)} \rightleftharpoons 2\text{Hg(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$.

(S: $K_p = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ atm}^3$)

- 18.** En un recipient tancat se situa una quantitat de carbamat d'amoni que es descompon segons la reacció: $\text{NH}_4(\text{NH}_2\text{-COO})(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$. Una vegada aconseguit l'equilibri a 20°C , la pressió en el recipient ha augmentat en 0,08 atm. Calcula K_c per a aquesta reacció.

(S: $K_c = 5,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$)

- 19.** En un vas de 200 mL on es troba sofre sòlid, s'introdueixen 1 g d' H_2 i 3,2 g de H_2S . S'escalfa el sistema a 380 K i s'estableix l'equilibri: $\text{H}_2\text{S(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{S(s)}$, que té una $K_c = 7 \cdot 10^{-2}$. Trobeu la pressió parcial d'ambdós gasos a l'equilibri.

(S: $P(\text{H}_2\text{S}) = 86,3 \text{ atm}$; $P(\text{H}_2) = 6,23 \text{ atm}$)

- 20.** A 1000°C la pressió de CO_2 en equilibri amb CaO i CaCO_3 és 0,039 atm.

- Determina K_p per a la reacció $\text{CaCO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons \text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$.
- Si introduïm CaCO_3 en un recipient que conté CO_2 a una pressió de 0,5 atm ¿es produeix reacció?
- Quina serà la pressió final?
- I si la pressió del CO_2 en el recipient fóra de 0,01 atm?

(S: a) 0,039 atm; b) no; c) 0,5 atm; d) 0,039 atm)

- 21.** El sulfat de ferro(II) es descompon segons: $2\text{FeSO}_4\text{(s)} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + \text{SO}_2\text{(g)} + \text{SO}_3\text{(g)}$. Quan es realitza la descomposició a 929°C en un recipient tancat, inicialment buit, la pressió en l'equilibri és 0,9 atm.

- Determina K_p a aquesta temperatura;
- determina la pressió en l'equilibri si el FeSO_4 s'introduïra en un matràs a 929°C que contingués inicialment $\text{SO}_2\text{(g)}$ a una pressió de 0,6 atm.

(S: a) $0,20 \text{ atm}^2$; b) 1,08 atm)

- 22.** Quan el clorur d'amoni s'escalfa a 275°C en un recipient tancat d'1 L, es descompon i produeix clorur d'hidrogen gasós i amoníac gasós aconseguint-se l'equilibri. La constant $K_p = 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ atm}^2$. ¿Quina serà la massa de clorur d'amoni que hi resta

sense descompondre's quan s'arriba a l'equilibri, si en el vas fiquem 0,980 g de sal sòlida?

(S: 0,856 g)

- 23.** En un recipient que conté $\text{NH}_3(\text{g})$ a una pressió de 0,5 atm, posem 5 g de $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$.
 a) Trobeu la pressió total del gas que omplirà el recipient, una vegada que s'haja assolit l'equilibri. b) Trobeu la fracció molar de cada un dels gasos presents en l'equilibri. c) ¿Quin hauria estat el resultat de les dues preguntes anteriors si en lloc de dipositar 5 g de $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$ s'hagueren introduït 10 g? (Dades: $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$; $K_p = 0,11 \text{ atm}^2$).

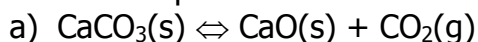
(S: a) 0,830 atm; b) $X(\text{NH}_3) = 0,80$, $X(\text{H}_2\text{S}) = 0,20$; c) el mateix)

- 24.** A 600 K s'introdueix en un matràs 1 mol de CO_2 i C en excés, la pressió total a l'interior del recipient és d'1 atm. Quan s'arriba a l'equilibri mantenint constant la temperatura, la pressió total al recipient és 1,5 atm. Calculeu: a) K_p a 600 K per a l'equilibri $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$; b) nombre de mols de CO_2 i CO presents en l'equilibri.

(S: a) 2 atm; b) $n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 1 \text{ mol}$)

■ PERTORBACIONS DE L'ESTAT D'EQUILIBRI

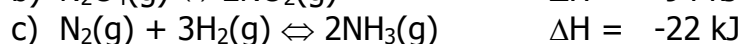
- 25.** Tenim els següents sistemes en equilibri:



Predigueu en quin sentit es produirà la reacció si: 1) afegim CO_2 sense modificar el volum; 2) eliminem CO_2 (fent-lo reaccionar amb NaOH) sense modificar el volum.

(S: 1) : a) $\leftarrow$, b) $\rightarrow$; 2) : al revés)

- 26.** Considereu les següents reaccions:



Expliqueu en quin sentit es produirà reacció si, una vegada aconseguit l'equilibri, s'eleva la temperatura a volum constant.

(S: a) $\leftarrow$; b) $\rightarrow$; c) $\leftarrow$)

- 27.** Considereu el següent equilibri: $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g})$, $\Delta H^\circ = -75 \text{ kJ}$.

Predigueu com es modificarà l'equilibri quan es realitzen els següents canvis:

a) disminució de la temperatura;

b) addició de C(s);

c) disminució de la pressió de H_2 ;

d) disminució del volum del vas on te lloc la reacció.

(S: a) $\rightarrow$; b) =; c) $\leftarrow$; d) $\rightarrow$)

- 28.** En l'obtenció de l'àcid sulfúric, una etapa important és la corresponent a l'oxidació del diòxid de sofre gasós per a formar el triòxid segons la reacció:



- a) ¿Com es modificarà l'equilibri en elevar la temperatura? ¿Canviarà la constant d'equilibri?

b) ¿Què succeirà si es duplica el volum del vas de reacció?

(S: a) $\leftarrow$, la K disminueix; b) $\leftarrow$)

29. Considereu l'equilibri: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$; $\Delta H^\circ = -197 \text{ kJ}$

Indiqueu com variarà la concentració de SO_3 en els casos següents: a) en passar de 25°C a 500°C ; b) en augmentar la pressió total del sistema a temperatura constant; c) en afegir un catalitzador al medi; d) en reduir el volum del recipient a la meitat.

(S: a) disminueix; b) creix; c) es manté igual; d) com en b)

30. Siga el sistema en equilibri: $\text{Xe}(\text{g}) + 2\text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{XeF}_4(\text{g})$ per al qual $\Delta H = -218 \text{ kJ/mol}$.

a) Escriu l'expressió de la constant d'equilibri K_c . b) Prediu quin serà l'efecte que tindrà sobre la composició de la mescla en equilibri cadascuna de les següents operacions, explicant-ho: 1) Augment del volum del recipient. 2) Disminució de la temperatura a volum constant. 3) Addició de $\text{Xe}(\text{g})$ a volum constant.

(S: b): 1) $\leftarrow$; 2) $\rightarrow$; 3) $\rightarrow$)

31. Considereu l'equilibri: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$; $\Delta H^\circ = -92,4 \text{ kJ}$, que es desenvolupa en un recipient de volum fix. Indiqueu com afectarà aquest equilibri cadascuna de les operacions següents: a) Augment de la pressió. b) Augment de la temperatura. c) Addició d'un gas inert que no participe en la reacció, per exemple argó. d) Addició d'hidrogen. Expliqueu les respostes.

(S: a) $\rightarrow$; b) $\leftarrow$; c) a V ct. no l'afecta, però a P ct. augmentarà el V i es desplaça $\leftarrow$; d) $\rightarrow$)

32. Escriviu la constant d'equilibri per a la reacció: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$; $\Delta H = 34,4 \text{ kcal}$, $T = 900 \text{ K}$, $P = 1 \text{ atm}$, i raoneu breument en quin sentit es desplaçarà l'equilibri en produir separatament els següents canvis: a) augment de la temperatura; b) augment de la pressió total; c) augment de la pressió de H_2 .

(S: a) $\rightarrow$; b) $\leftarrow$; c) $\leftarrow$)

33. El bromur amònic és un sòlid cristal·lí que es descompon endotèrmicament segons el següent equilibri: $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HBr}(\text{g})$

a) Expliqueu si, una vegada aconseguit l'equilibri, la pressió del $\text{HBr}(\text{g})$ i la quantitat de $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$ augmenta, disminueix o no es modifica, en cadascun dels següents casos: i) Quan s'introdueix $\text{NH}_3(\text{g})$. ii) En duplicar el volum del recipient.

b) Deduïu si el valor de la constant d'equilibri a 400°C serà major, menor o igual que a 25°C .

(S: a): i) pressió HBr disminueix, quantitat de sòlid creix, ii) quantitat HBr augmenta però no afecta a la concentració ni a la pressió parcial, quantitat de sòlid decreix; b) major)

34. El carbonat de sodi se descompon segons la següent equació termoquímica:



S'escalfa el carbonat de calci. a) ¿En un gresol tancat es descompondrà completament? b) ¿En un gresol obert es descompondrà totalment? Expliqueu el que s'esdevé en ambdós casos.

(S: a) si n'hi ha prou per a produir CO_2 que arribi a la pressió d'equilibri; b) sí)

35. Considereu la descomposició del fosgèn: $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$; $\Delta H^\circ > 0$.

a) Si a temperatura constant es duplica el volum del vas ¿Augmentarà, disminuirà o no es modificarà? i) la quantitat de CO en la mescla; ii) la constant d'equilibri;

iii) la pressió parcial de COCl_2 .

b) Si a P constant es gela el vas de reacció ¿com es modifica la quantitat de CO?

(S: a) : i) augmentarà; ii) no es modifica ; iii) disminuirà ; b) disminueix)

36. A 200°C i un volum V, la següent reacció endotèrmica està en equilibri



Deduiu i justifiqueu si la concentració de NH_3 augmentarà, disminuirà o quedarà constant, quan s'aconsegueix de nou l'equilibri després de: i) introduir $\text{NH}_3\text{(g)}$; ii) introduir $\text{NH}_4\text{HS(s)}$; iii) augmentar la temperatura; iv) duplicar el volum del recipient.

(S: i) augmentarà; ii) constant; iii) augmentarà; iv) augmentarà o quedarà igual si inicialment hi hagués quantitats iguals dels dos gasos)

37. En un recipient de 2 litres, que conté inicialment 3 grams de diòxid d'estany i 0'1 g d'hidrogen s'escalfa fins a 500°C i doncs, s'estableix l'equilibri quan la pressió parcial de l'hidrogen és de 0'975 atm.

a) Calculeu la constant d'equilibri: $\text{SnO}_2\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{Sn(s)} + 2\text{H}_2\text{O(g)}$.

b) Si una vegada aconseguit l'equilibri es reduïra el volum a la meitat, raoneu si es duplicaran o no les concentracions gasoses finals.

(S: a) 0,391; b) ja que $\Delta n(\text{gasos}) = 0$, no s'alteren $n(\text{H}_2)$ ni $n(\text{H}_2\text{O})$, però com el volum es redueix a la meitat, les concentracions es dupliquen)

38. A certa temperatura s'analitza la mescla en equilibri $\text{SO}_2\text{(g)} + \text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3\text{(g)} + \text{NO(g)}$ que hi ha en un matràs i es determina que conté 0,6 mol de SO_3 , 0,45 mol de NO, 0,15 mol de SO_2 i 0,3 mol de NO_2 . Si s'afegeixen a temperatura i volum constants 0,3 mol de SO_3 , calculeu la nova composició de la mescla de gasos, quan s'hi restablesca l'equilibri.

(S: $n(\text{SO}_2) = 0,18$ mol ; $n(\text{NO}_2) = 0,33$ mol ; $n(\text{SO}_3) = 0,87$ mol ; $n(\text{NO}) = 0,42$ mol)