

EQUILIBRI QUÍMIC

1. *Principi de Le Chatelier II*

Considereu la reacció de dissociació: $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g}) \quad \Delta H^\circ = 58,2 \text{ kJ/mol}$.

Raoneu com variaria el grau de dissociació si:

- a) S'augmenta la temperatura : El sistema la voldrà disminuir, i això és el que fa una reacció endotèrmica anant cap a la dreta. El grau de dissociació serà major.
- b) Es disminueix la pressió : El sistema la voldrà augmentar anant cap a on hi hagi més mols de gasos: la dreta. El grau de dissociació serà major.
- c) S'hi afegeix diòxid de nitrogen : Augmenta la concentració i el sistema la voldrà disminuir anant cap a l'esquerra. El grau de dissociació serà menor.
- d) Hi posem un catalitzador : No passa res perquè els catalitzadors no afecten l'equilibri.

2. *Principi de Le Chatelier II*

Considereu la reacció de síntesi de l'amoníac: $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -91,2 \text{ kJ/mol}$.

Raoneu com variarien el rendiment i la K_p si:

- a) S'augmenta la temperatura : La reacció, exotèrmica, augmenta la temperatura i el sistema la voldrà disminuir anant cap a l'esquerra. El rendiment i la K són menors.
- b) S'augmenta el volum : Disminueix la pressió i el sistema la voldrà augmentar anant cap a on hi ha més mols: l'esquerra. El rendiment disminueix però la K no!

3. *Principi de Le Chatelier II**

Sabent que les densitats del diamant i del grafit són $3,5$ i $2,2 \text{ g/cm}^3$, en quines condicions de pressió i temperatura serà més fàcil la transformació del grafit en diamant? : molt alta pressió i temperatures relativament baixes (però compatibles amb una velocitat suficient) de l'ordre dels $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, perquè $\Delta H^\circ_{1273} < 0$ i la reacció és exotèrmica encara que $\Delta H^\circ_{298} > 0$.

4. *Càlcul de la constant d'equilibri K_C II*

El iode i l'hidrogen es combinen segons: $\text{I}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI} (\text{g})$. En un recipient tancat de 10 litres i a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ es mesclen 2 mols de iode i 2 mols d'hidrogen i s'observa que a l'equilibri s'han format 3,12 mols de iodur d'hidrogen. Deduïu:

- a) K_C a $450 \text{ }^\circ\text{C}$: 50,28.
- b) K_C a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ si el recipient fos d'1 litre : 50,28.

5. *Càlcul de la constant d'equilibri K_C II*

A $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ el triòxid de sofre es descompon segons: $\text{SO}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2 (\text{g}) + 1/2 \text{O}_2 (\text{g})$. En un recipient d'1 litre i a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ s'han introduït 0,8112 g de triòxid de sofre i s'observa que a l'equilibri s'han format 0,2596 g de diòxid de sofre. Deduïu:

- a) K_C a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$: $0,03 \text{ mol}^{1/2} \cdot \text{dm}^{-3/2}$.
- b) K_C a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ per a la reacció multiplicada per 2 : $0,0009 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

6. Càlcul de la constant d'equilibri K_P II

A la reacció: $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ s'observa que una mescla determinada en equilibri està formada per 0,96 mol de NO_2 , 0,04 mol de NO i 0,02 mol d' O_2 , a 700 K i 0,2 atm de pressió total. Calculeu K_P a 700 K : $6,8 \cdot 10^{-6}$ atm.

7. Càlcul de la constant d'equilibri K_P II

A la reacció de dissociació: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ se sap que si introduïm 0,53 mols de PCl_5 a 250 °C en un recipient de 12 litres es descomponen en un 60,377 %. Calculeu K_C i K_P a 250 °C : 0,0406 mol·dm⁻³ i 1,74 atm.

8. Equilibri homogeni K_C II

Considerem la reacció: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ que té una $K_C = 16$ a 1000 K.

Si introduïm 2,5 mols de cada un dels quatre gasos en un recipient de 10 L i a 1000 K, quants mols de cada substància hi haurà quan s'assoleixi l'equilibri? : 1, 1, 4 i 4 mols.

9. Equilibri homogeni K_C II

A 400 °C la K de la reacció : $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ val 57. Si col·loquem 0,1 mol de iodur d'hidrogen en un matràs de 5 dm³ a 400 °C, quines seran les concentracions finals de cada substància ? : hidrogen i iode 0,0021 mol/dm³, iodur d'hidrogen 0,0158 mol/dm³.

10. Equilibri homogeni K_C II

El tetraòxid de dinitrogen es dissocia a 200 °C segons la reacció: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ amb una K_C de 18 mol/L.

En un recipient de 2 litres s'introdueixen 920 g de tetraòxid de dinitrogen gas a la temperatura de 200 °C. Calculeu els mols de cada substància a l'equilibri : 4 i 12 mols.

11. Equilibri homogeni K_C II

La constant d'equilibri de la descomposició del fosgen: $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ a 1000 K és $K_C = 0,329$ mol·dm⁻³. Si introduïm un mol de fosgen en un recipient de 100 litres a 1000 K, determineu la quantitat que quedarà sense descompondre's : 0,0287 mol.

12. Equilibri homogeni K_P II

La K_P de la següent reacció: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ val 5 atm a 27 °C. En un recipient d'11,808 dm³ s'introdueixen 1 mol de PCl_5 i 1 mol de PCl_3 en estat gasós a 27 °C. calculeu la composició de la mescla a l'equilibri : 0,4 1.6 i 0,6 mols.

13. Equilibri homogeni K_P II

A 1000 K la K_P de la descomposició de l'età: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ val 0,307 atm. Quin és el grau de dissociació de l'età a 1 atm de pressió total i 1000 K? : 0,485.

14. Equilibri homogeni K_P II

A 400 K la K_P de la descomposició de l'amoníac: $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ val 0,0244 atm². Quin és el grau de dissociació de l'amoníac a 2 atm de pressió total i 400 K? : 23,8 %.

15. Equilibri homogeni K_P II (equació de tercer grau)

El clorur de nitrosil es descompon: $2 \text{NOCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ amb una K_P de 0,0142 atm a 500 K. Calculeu les pressions a l'equilibri si en un recipient tancat a 500 K introduïm NOCl a una pressió inicial d'1 atm : 0,748 , 0,252 i 0,126 atm.

16. *Equilibri homogeni K_P II**

A 400 °C la K_P de la reacció de síntesi de l'amoniac: $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ val "exactament" $1,8728852 \cdot 10^{-6} \text{ atm}^{-2}$. Si partim d'una mescla de nitrogen i hidrogen en proporció estequiomètrica i arribem a l'equilibri a 400 °C amb una pressió total de 1000 atm, calculeu:

- Les pressions parcials de cada gas a l'equilibri : 187,5 atm, 562,5 atm i 250 atm respectivament.
- El rendiment de la reacció : 40 %.

17. *Equilibri homogeni condensat II*

Si es mescla un mol d'etanol amb un mol d'àcid acètic a 25 °C es formen 2/3 mol d'acetat d'etil i 2/3 mol d'aigua, tot en estat líquid i homogeni. Calculeu:

- La constant d'equilibri : K = 4.
- Els mols d'èster que es formaran si barregem 3 mol d'alcohol i 1 mol d'àcid : 0,9028 mol d'èster.

18. *Equilibri homogeni condensat II*

La reacció entre l'1-pentè i l'àcid tricloroacètic: $\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{l}) + \text{CCl}_3\text{-COOH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CCl}_3\text{-COO-C}_5\text{H}_{11}(\text{l})$ que es realitza a 100 °C i en estat líquid té una constant d'equilibri de 5,508. Si partim de 2,15 mols d'1-pentè i 1 mol d'àcid, quants mols d'èster es formaran? : 0,762.

19. *Equilibri homogeni dissolució II*

La hidròlisi de l'àcid cianhídric: $\text{HCN}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCONH}_2(\text{aq})$ té una K = 0,8 a 10 °C.

Si es dissolen 2,7 g d'àcid cianhídric en aigua donant un volum de 100 ml, calculeu la quantitat de formamida que s'obtindrà : 2,0 g.

20. *Equilibri homogeni dissolució II*

La reacció d'"inversió" del sucre: $\text{sacarosa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{glucosa}(\text{aq}) + \text{fructosa}(\text{aq})$ té a 50 °C una K = 0,28. Si es dissolen 0,01 mols de sucre (sacarosa) en aigua donant un volum de 100 ml, calculeu la concentració final de glucosa : 0,0782 M.

21. *Equilibri heterogeni II*

Considereu la reducció del sulfur estannós amb hidrogen: $\text{SnS}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{l}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$, que té una constant d'equilibri de 1,16 a 540 °C. Calculeu el rendiment de la reacció : 53,7 %.

22. *Equilibri heterogeni II*

Per a la reacció: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{grafit}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$, se sap que a 1000 °C i a una pressió total de 20 atm la mescla gasosa en equilibri conté un 13 % de diòxid de carboni en volum. Deduïu:

- La K_P a 1000 °C : 116 atm.
- El percentatge en volum de diòxid de carboni a 1000 °C i 1 atm : 0,8 %.
- Justifiquem la variació amb el principi de Le Chatelier : Al disminuir la pressió el sistema la vol augmentar i evoluciona cap a la dreta, perquè hi ha més mols de gasos.

23. *Equilibri heterogeni II*

El sofre reacciona amb el monòxid de carboni: $2 \text{CO}(\text{g}) + \text{S}(\text{ròmbic}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + 2 \text{C}(\text{grafit})$, amb una constant d'equilibri de 270 atm^{-1} a 60 °C. Introduïm CO fins a una pressió de 2 atm en un recipient tancat que conté sofre sòlid en excés. Calculeu:

- El grau de reacció : 0,97.
- La pressió total final : 1,03 atm.

Els indicadors I i II es refereixen als cursos primer o segon, * indica una certa dificultat i () coneixements necessaris. Els resultats poden variar lleugerament segons la font d'on s'obtinguin les dades necessàries.

24. *Equilibri heterogeni II (pressió de vapor)*

Considerem l'equilibri següent: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O (s)} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \text{(s)} + 5 \text{H}_2\text{O (g)}$. La constant d'equilibri K_P a 25 °C val $2,4761 \cdot 10^{11} \text{ Pa}^5$. La pressió de vapor de l'aigua a 25 °C és 3,17 kPa. Si deixem oberta, a 25 °C, una ampolla que contingui sulfat de coure anhidre (CuSO_4) un dia amb un 60 % d'humitat, s'hidratarà? : Sí, perquè $Q_P = 2,49 \cdot 10^{16} \text{ Pa}^5 > K_P$ i l'equilibri es desplaça cap al primer membre.

25. *Constant d'equilibri i entalpia lliure II*

Calculeu el valor de la constant d'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 25 °C : $5,15 \cdot 10^5 \text{ atm}^{-2}$.

26. *Constant d'equilibri i entalpia lliure II*

La constant d'equilibri K_P per a la reacció: $2 \text{NO}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 \text{(g)}$ és $0,091 \text{ kPa}^{-1}$ a 25 °C. Calculeu **sense taules** ΔG° d'aquesta reacció : $-5,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

27. *Constant d'equilibri i entalpia lliure II*

Calculeu el valor de la constant d'equilibri per a la reacció: $\text{SO}_2 \text{(g)} + \text{NO (g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3 \text{(g)} + \text{NO}_2 \text{(g)}$ a 25 °C : $2,12 \cdot 10^{18}$.

28. *Constant d'equilibri i entalpia lliure II*

Calculeu la constant d'equilibri K_C per a la reacció: $\text{Cl}_2\text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons 2 \text{HCl (g)} + \text{CO}_2 \text{(g)}$ a 25 °C : $8,8 \cdot 10^{24} \text{ mol/L}$.

29. *Constant d'equilibri i temperatura II*

La constant d'equilibri de la reacció: $\text{NO (g)} + 1/2 \text{O}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_2 \text{(g)}$ és $K = 1,3 \cdot 10^6$ a 298 K. L'entalpia normal de la reacció és $\Delta H^\circ = -56,48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Calculeu **sense taules** el valor de la constant d'equilibri a 598 K suposant constants l'entalpia i l'entropia de reacció : 14.

30. *Constant d'equilibri i temperatura II*

L'aigua, encara que és molt estable, es pot dissociar segons: $\text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{H}_2 \text{(g)} + 1/2 \text{O}_2 \text{(g)}$. Calculeu el valor de la constant d'equilibri a 3000 K suposant constants l'entalpia i l'entropia de reacció : 0,0127.

31. *Constant d'equilibri i temperatura II**

Calculeu per a la descomposició del monòxid de carboni: $2 \text{CO (g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \text{(g)} + \text{C (grafit)}$:

- L'entalpia de reacció estàndard : $-172,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entalpia de reacció a 500 °C : $-178,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entropia de reacció estàndard : $-176,1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entropia de reacció a 500 °C : $-188 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entalpia lliure de reacció estàndard : $-120,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entalpia lliure de reacció a 500 °C, suposant constants ΔH° i ΔS° : $-36,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'entalpia lliure de reacció a 500 °C : $-32,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- La constant d'equilibri termodinàmica estàndard : $1,1 \cdot 10^{21}$.
- La constant d'equilibri termodinàmica a 500 °C, suposant constants ΔH° i ΔS° : 277.
- La constant d'equilibri termodinàmica a 500 °C: 166.
- La temperatura d'inversió de l'espontaneïtat, suposant constants ΔH° i ΔS° : 978 K.
- La temperatura d'inversió de l'espontaneïtat : 947 K.

32. *Constant d'equilibri i temperatura II*

A quina temperatura la pressió de vapor de l'aigua, que és la K_P de: $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)}$, val 760 torr, suposant constants ΔH° i ΔS° ? : 97 °C.

33. *Equilibri i entalpia lliure II*

L'alcohol normal es pot obtenir a partir de l'etilè: $\text{CH}_2=\text{CH}_2_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}_{(g)}$.

En un recipient de 2 m³ que es manté a 25 °C introduïm 1 mol d'etilè, 1 mol d'aigua i 1 mol d'etanol, tots en estat gasós. Calculeu la composició quan s'arribi a l'equilibri : $K = 25,2$; 1,4, 1,4 i 0,6 mols

34. *Equilibri i entalpia lliure II*

El clorur amònic es descompon segons: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(g)} + \text{HCl}_{(g)}$. Calculeu la pressió parcial de l'amoniac en la descomposició del clorur amònic a 25 °C : $K = 7,3 \cdot 10^{-17}$, $P = 8,5 \cdot 10^{-9}$ atm.

35. *Equilibri i entalpia lliure II*

Considereu la següent reacció: $\text{CO}_{(g)} + \text{Fe}_2\text{O}_3_{(s)} \rightleftharpoons \text{CO}_2_{(g)} + 2 \text{FeO}_{(s)}$. Quants mols de cada substància hi haurà a l'equilibri si es fa reaccionar 1 mol de CO i 1 mol de Fe_2O_3 en condicions estàndard? : $K = 7,52$; 0,12, 0,12, 0,88 i 1,76 mols.

36. *Equilibri i entalpia lliure II**

L'amoniac reacciona amb el iode sòlid: $2 \text{NH}_3_{(g)} + 3 \text{I}_2_{(s)} \rightleftharpoons \text{N}_2_{(g)} + 6 \text{HI}_{(g)}$.

En un recipient tancat introduïm amoniac a 1 atm de pressió i un excés de iode sòlid tot a 25 °C. Calculeu el grau de reacció quan s'assoleixi l'equilibri : $K = 8,3 \cdot 10^{-8}$, 4,1 %.