

**QUÍMICA 4 - Prof Emanuele**  
**Aula 02 - LISTA DE EXERCÍCIOS 01**

**ASSUNTOS:** EQUILÍBRIO QUÍMICO: Constante de equilíbrio em termos da concentração (Kc). Constante de equilíbrio em termos de pressão (Kp). Deslocamento do equilíbrio.

1) Escreva a expressão da constante de equilíbrio em função da concentração das seguintes reações:

- a)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$
- b)  $3 \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$
- c)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$

2) A uma dada temperatura, a reação  $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  apresenta as seguintes concentrações no equilíbrio:

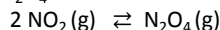
$$[\text{HI}] = 2,2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2] = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{I}_2] = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Calcular a constante de equilíbrio, Kc, dessa reação.

3) A 127 °C, em um recipiente de 500 mL encontram-se, em equilíbrio, 0,46 g de  $\text{NO}_2$  e 1,84 g de  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Calcular as constantes de equilíbrio Kc e Kp da reação:



Dados: Massas molares (g/mol):  $\text{NO}_2 = 46$ ;  $\text{N}_2\text{O}_4 = 92$ ;  $R = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

4) Na reação  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ , a constantes Kc vale 32,8 a 727 °C. Em um recipiente estão em equilíbrio  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  de  $\text{PCl}_5$  e  $2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$  de  $\text{Cl}_2$ . Calcular:

- a) A concentração molar do  $\text{PCl}_3$  nesse equilíbrio.
- b) O valor da constante de equilíbrio Kp.

5) No sistema em equilíbrio  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ , a 27°C, as pressões parciais de cada gás são:  $p_{\text{N}_2} = 0,4 \text{ atm}$ ,  $p_{\text{H}_2} = 1,0 \text{ atm}$  e  $p_{\text{NH}_3} = 0,2 \text{ atm}$ . Calcular as constantes de equilíbrio Kp e Kc desse equilíbrio, na temperatura dada.

6) A uma dada temperatura, 2 mol de  $\text{H}_2$  e 1,5 mol de  $\text{I}_2$  foram colocados em um balão de 10 litros. Estabelecido o equilíbrio  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ , encontra-se no balão 1 mol de HI. Calcular a constante de equilíbrio Kc do sistema.

7) A 458 °C, o equilíbrio  $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  apresenta  $K_c = 2,0 \cdot 10^{-2}$ . Numa experiência realizada naquela temperatura, 1,0 mol de HI é colocado num recipiente de 5,0 litros. Quais são as concentrações molares de HI,  $\text{I}_2$  e  $\text{H}_2$  depois de estabelecido o equilíbrio?

8) Em um recipiente de 1 litro, colocou-se 1,0 mol de  $\text{PCl}_5$ . Supondo o equilíbrio  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  em temperatura tal que o  $\text{PCl}_5$  esteja 80% dissociado, calcular a constante de equilíbrio Kc.

9) Sob determinadas condições, 1 mol de HI gasoso encontra-se 20% dissociado em  $\text{H}_2$  e  $\text{I}_2$  segundo a equação de reação:  $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ . Calcule a constante de equilíbrio Kc da reação.

10) Para o equilíbrio  $2 \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  o valor da constante de equilíbrio Kc é  $4,8 \times 10^{-3}$  a 700 °C. Se, no recipiente, as concentrações das três substâncias acima são:  $[\text{SO}_3] = 0,60 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{SO}_2] = 0,15 \text{ mol/L}$  e  $[\text{O}_2] = 0,025 \text{ mol/L}$ , de que maneira estas concentrações mudarão, à medida que o sistema se aproxima do equilíbrio, se a temperatura for mantida a 700 °C?

11) Para a reação  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$   $K_c = 1,77$ , a 250 °C.

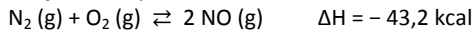
Um recipiente de 4,5 litros contém 2,57 mol de  $\text{PCl}_5$ , 6,39 mol de  $\text{PCl}_3$  e 3,20 mol de  $\text{Cl}_2$ , a 250 °C. O sistema está em equilíbrio?

12) Considere a reação  $2 \text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 4 \text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta H = + 113 \text{ kJ}$

Admita que o sistema está em equilíbrio. O que ocorrerá ao número de mols de  $\text{H}_2\text{O}$  no recipiente se:

- a) for adicionado  $\text{O}_2(\text{g})$ .
- b) for adicionado  $\text{Cl}_2(\text{g})$ .
- c) for retirado  $\text{HCl}(\text{g})$ .
- d) o volume do recipiente for diminuído.
- e) a temperatura for diminuída.

13) Dada a reação em equilíbrio:



Determine o que ocorre com esse equilíbrio se:

- for adicionado  $\text{N}_2(\text{g})$ .
- for retirado  $\text{NO}(\text{g})$ .
- for aumentada a temperatura.
- for aumentada a pressão.

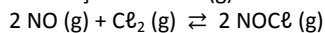
14) A obtenção do ferro metálico nas usinas siderúrgicas, a partir da hematita, envolve o equilíbrio  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$

a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio dessa reação em função das concentrações.

b) Sabendo-se que o valor de  $K_c = 1,33 \times 10^3$ , sob determinada temperatura T, indique as substâncias predominantes no equilíbrio nessa temperatura.

c) Pode-se dizer que a adição de um catalisador aumenta o valor da constante de equilíbrio porque aumenta a velocidade da reação direta? Justifique.

15) A reação para a formação do  $\text{NOCl}(\text{g})$ :

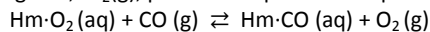


foi estudada a  $25^\circ\text{C}$ . Nesta temperatura, e a partir de determinadas condições iniciais, as pressões encontradas no equilíbrio foram:  $p_{\text{NOCl}} = 1,2 \text{ atm}$ ;  $p_{\text{NO}} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ atm}$ ; e  $p_{\text{Cl}_2} = 3,0 \times 10^{-1} \text{ atm}$ .

a) Calcule o valor de  $K_p$  para essa reação a  $25^\circ\text{C}$ .

b) Utilizando o resultado do item "a", calcule o  $K_c$  para essa reação. ( $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

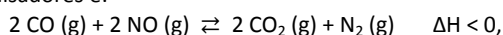
16) O equilíbrio entre a hemoglobina, Hm, o monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ , e o oxigênio,  $\text{O}_2(\text{g})$ , pode ser representado pela equação:



sendo a constante de equilíbrio,  $K_c = 210$ .

Estima-se que os pulmões de um fumante sejam expostos a uma concentração de monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ , igual a  $2,2 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$  e de oxigênio,  $\text{O}_2(\text{g})$ , igual a  $8,8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ . Nesse caso, qual a razão entre a concentração de hemoglobina ligada ao monóxido de carbono,  $[\text{Hm}\cdot\text{CO}]$ , e a concentração de hemoglobina ligada ao oxigênio,  $[\text{Hm}\cdot\text{O}_2]$ ?

17) Os catalisadores usados em automóveis visam diminuir a liberação de gases tóxicos para a atmosfera, provenientes da queima incompleta do combustível, dentre eles os óxidos de nitrogênio,  $\text{NOx}(\text{g})$ , e o monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ . Uma das reações que ocorre nos catalisadores é:



que, embora seja espontânea, é muito lenta.

Para acelerar a reação, a mistura gasosa passa por condutores de cerâmica impregnados de óxido de alumínio,  $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ , e uma liga de

paládio e ródio. Em relação a esta reação em equilíbrio, responda os itens abaixo.

a) Em um recipiente de 10 L a  $27^\circ\text{C}$  foram colocados, inicialmente, 5 mol de  $\text{CO}(\text{g})$  e 2 mol de  $\text{NO}(\text{g})$ . O equilíbrio foi estabelecido quando 90% de  $\text{NO}(\text{g})$  reagiu. Qual a pressão parcial de cada gás no sistema em equilíbrio químico?

b) Calcule a constante de equilíbrio em função das pressões parciais.

c) Calcule a constante de equilíbrio em função das concentrações molares.

d) Em que sentido o equilíbrio químico se desloca quando a temperatura aumenta?

18) Para a reação  $2 \text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2(\text{g})$ , as pressões parciais de  $\text{CO}(\text{g})$  e  $\text{O}_2(\text{g})$  são, respectivamente, 0,2 atm e 0,4 atm. A pressão total do sistema é de 1,4 atm. Calcule a constante de equilíbrio em função das pressões parciais para esta reação.

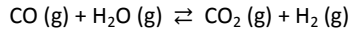
19) O composto  $\text{A}_2\text{B}_4(\text{g})$  dissocia-se a  $200^\circ\text{C}$  em  $\text{AB}_2(\text{g})$  exclusivamente com um  $K_c = 14$ . Coloca-se 1 mol de  $\text{A}_2\text{B}_4(\text{g})$  em um recipiente de 1 litro e aquece-se a  $200^\circ\text{C}$ . Após a reação atingir o equilíbrio, qual é a porcentagem de dissociação do  $\text{A}_2\text{B}_4(\text{g})$ ?

20) 3,4 g de  $\text{NH}_3(\text{g})$  são aquecidos a  $727^\circ\text{C}$  num recipiente indeformável de 0,82 L de capacidade. Estabelecido o equilíbrio, verifica-se que pressão total no sistema é igual a 21,2 atm. Calcule a porcentagem de dissociação térmica do  $\text{NH}_3(\text{g})$ , nas condições acima.

Equação de dissociação:  $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$

Massa molar do  $\text{NH}_3(\text{g}) = 17 \text{ g/mol}$

21) Considere o equilíbrio, em fase gasosa:

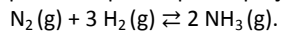


cujas constantes  $K_c$ , à temperatura de 430 °C, é igual a 4. Em um frasco de 1,0 L, mantido a 430 °C, foram misturados 1,0 mol de CO, 1,0 mol de H<sub>2</sub>O, 3,0 mol de CO<sub>2</sub> e 3,0 mol de H<sub>2</sub>. Esperou-se até o equilíbrio se atingido.

a) Em qual sentido, no de formar mais CO ou de consumi-lo, a rapidez da reação é maior, até se igualar no equilíbrio? Justifique.

b) Calcule as concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas.

22) O processo industrial Haber-Bosch de obtenção da amônia se baseia no equilíbrio químico expresso pela equação:



Nas temperaturas de 25 °C e de 450 °C, as constantes de equilíbrio  $K_p$  são  $3,5 \times 10^8$  e 0,16, respectivamente.

a) Com base nos seus conhecimentos sobre equilíbrio e nos dados fornecidos, quais seriam, teoricamente, as condições de pressão e temperatura que favoreceriam a formação de NH<sub>3</sub>? Justifique sua resposta.

b) Na prática, a reação é efetuada nas seguintes condições: pressão entre 300 e 400 atmosferas, temperatura de 450 °C e emprego de ferro metálico como catalisador. Justifique por que essas condições são utilizadas industrialmente para a síntese de NH<sub>3</sub>.

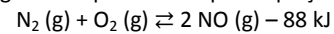
23) Na equação  $aA + bB \rightleftharpoons 2cC + dD$  após atingir o equilíbrio químico, podemos concluir a respeito da constante de equilíbrio que:

- Quanto maior for o valor de  $K_c$ , menor será o rendimento da reação direta.
- $K_c$  independe da temperatura.
- Se as velocidades das reações direta e inversa forem iguais, então  $K$  da reação inversa é igual a 0.
- $K_c$  depende das molaridades iniciais dos reagentes.
- Quanto maior for o valor de  $K_c$ , maior será a concentração dos produtos.

24) Temos o equilíbrio:  $\text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$   
Queremos aumentar a concentração de CO<sub>2</sub>(g) nesse equilíbrio. Para isso ocorrer, devemos:

- Aumentar a pressão sobre o sistema.
- Diminuir a pressão sobre o sistema.
- Adicionar H<sub>2</sub> (g) ao sistema.
- Retirar H<sub>2</sub>O (g) do sistema.
- Adicionar CO (g) ao sistema.

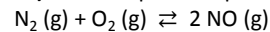
25) O equilíbrio gasoso representado pela equação:



É deslocado no sentido de formação de NO(g), se:

- a pressão for abaixada.
- N<sub>2</sub> for retirado.
- a temperatura for aumentada.
- for adicionado um catalisador sólido ao sistema.
- o volume do recipiente for diminuído.

26) Para o equilíbrio químico



foram encontrados os seguintes valores para a constante  $K_c$ , às temperaturas indicadas:

	Temperatura (K)	$K_c$
I	1800	$1,21 \cdot 10^{-4}$
II	2000	$4,08 \cdot 10^{-4}$
III	2100	$6,86 \cdot 10^{-4}$
IV	2200	$11,0 \cdot 10^{-4}$
V	2300	$16,0 \cdot 10^{-4}$

Há maior concentração molar do NO (g) em:

- I
- II
- III
- IV
- V

#### GABARITO

02)  $5,16 \times 10^{-2}$

03)  $K_c = 100$ ;  $K_p = 3,05$

04) a) 0,246; b) 2689,6

05)  $K_p = 0,1$  ;  $K_c = 60,52$

06) 0,6667

07)  $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 2,2 \times 10^{-2}$ ;  $[\text{HI}] = 0,156$

08) 3,2

09) 0,0156

10) Aumentam  $[\text{SO}_2]$  e  $[\text{O}_2]$ . Diminui  $[\text{SO}_3]$ .

11) Sim

12) a) aumenta; b) diminui; c) diminui; d) aumenta; e) aumenta.

13) a) deslocamento para a direita; b) deslocamento para a direita c) deslocamento

para a esquerda; d) não sofre deslocamento

14) a)  $K_c = [\text{CO}_2]/[\text{CO}]$ ; b) Fe(S) e CO<sub>2</sub>(g); c) Não. O catalisador não altera o estado de equilíbrio.

15) a) 1920; b) 46917,12.

16)  $52,5 \times 10^{-3}$

17) a)  $p_{\text{CO}} = 7,872 \text{ atm}$ ;  $p_{\text{NO}} = 0,492 \text{ atm}$ ;  $p_{\text{CO}_2} = 4,428 \text{ atm}$ ;  $p_{\text{N}_2} = 2,214 \text{ atm}$ ; b)  $K_p = 2,894$ ; c)  $K_c = 71,19$ ; d) deslocamento para a esquerda

18) 40,0 atm

19) 81,25%

20) 6%

21) a) Devido às quantidades dadas, a

reação irá caminhar mais rapidamente para a esquerda, no início, a fim de alcançar o equilíbrio.

b)  $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 4/3 \text{ mol}$  e  $[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 8/3 \text{ mol}$

22) a) Temperaturas baixas e pressões elevadas. b) A temperatura é elevada para aumentar a velocidade da reação e para vencer a energia de ativação. A pressão é elevada para deslocar o equilíbrio no sentido de formação de NH<sub>3</sub>. O catalisador é usado para diminuir a energia de ativação da reação.

23) E. 24) E. 25) C. 26) E.