



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

Equilíbrio Químico

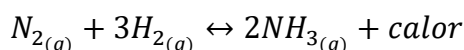
1. O que caracteriza o equilíbrio químico?
2. Explique a diferença entre uma reação direta e uma reação indireta no equilíbrio químico.
3. No equilíbrio químico:
 - a. As reações param?
 - b. As concentrações de reagentes e produtos são sempre iguais?
4. Sobre a constante de equilíbrio (K):
 - a. O que acontece quando se aumenta a temperatura de uma reação endotérmica?
 - b. O que acontece quando se aumenta a temperatura de uma reação exotérmica?
 - c. Numa reação quando $K > 1$, quem predomina? Justifique.
 - d. Numa reação quando $K < 1$, quem predomina? Justifique.
 - e. Numa reação quando $K = 1$, quem predomina? Justifique
5. Se $K_c = 1000$, o sistema favorece:
 - a. Reagentes
 - b. Produtos
 - c. Nem reagentes nem produtos
 - d. Apenas gases
 - e. Apenas sólidos
6. Se $K_c = 0,001$, o equilíbrio favorece:
 - a. Produtos
 - b. Reagentes
 - c. Nem reagentes nem produtos
 - d. Apenas gases
 - e. Apenas sólidos
7. Sobre os sólidos puros:
 - a. Entram em K_c
 - b. Entram em K_p
 - c. Não entram na expressão de equilíbrio
 - d. Sempre aumentam K
 - e. Diminuem K



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

8. Segundo o princípio de Le Chatelier, quando um sistema em equilíbrio sofre uma perturbação:
- O equilíbrio é destruído
 - O sistema não reage
 - O sistema se ajusta para minimizar a perturbação
 - A reação para
 - O valor de K muda sempre
9. Adicionar reagente em um sistema em equilíbrio provoca:
- Deslocamento para reagentes
 - Deslocamento para produtos
 - Parada da reação
 - Diminuição de K
 - Aumento de K
10. Adicionar reagente em um sistema em equilíbrio provoca:
- Deslocamento para reagentes
 - Deslocamento para produtos
 - Diminuição de K
 - Aumento de pressão
 - Parada da reação

(Questões 11 - 18) A síntese da amônia é descrita pela seguinte reação química em fase gasosa:



Essa reação é a base do processo Haber-Bosch e ocorre em condições controladas de pressão e temperatura até que o sistema atinja o equilíbrio químico. Com base do princípio de Le Chatelier, responda às questões a seguir, indicando o que acontece com o equilíbrio quando ocorre cada perturbação.

11. O aumento da pressão desloca o equilíbrio para:
- Reagentes
 - Produtos
 - Não altera
 - Depende do catalisador
 - Depende do volume
12. O aumento da temperatura provoca:
- Deslocamento para produtos
 - Deslocamento para reagentes
 - Não altera o equilíbrio



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

- d. Aumento da pressão
- e. Aumento de K

13. A adição de NH_3 provoca:

- a. Deslocamento para produtos
- b. Deslocamento para reagentes
- c. Aumento de K
- d. Diminuição de K
- e. Parada da reação

14. A remoção de H_2 provoca:

- a. Deslocamento para produtos
- b. Deslocamento para reagentes
- c. Não altera o equilíbrio
- d. Aumenta K
- e. Diminui K

15. Se o volume do recipiente diminui, o equilíbrio:

- a. Vai para reagentes
- b. Vai para produtos
- c. Não muda
- d. Aumenta K
- e. Diminui K

16. Se o sistema é resfriado:

- a. Desloca para reagentes
- b. Desloca para produtos
- c. Não muda
- d. Diminui pressão
- e. Aumenta volume

17. Qual fator não desloca o equilíbrio?

- a. Temperatura
- b. Pressão
- c. Concentração
- d. Catalisador
- e. Volume

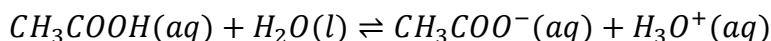
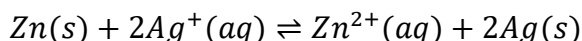
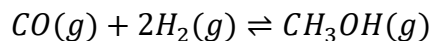
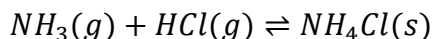
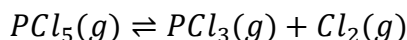
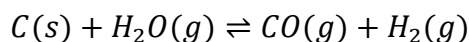
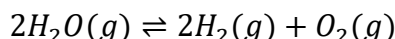
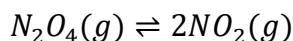
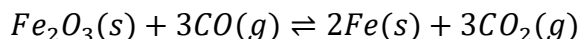
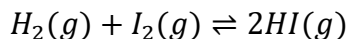
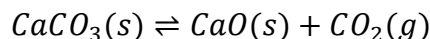
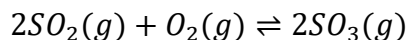
18. Se o número de mols gasosos dos reagentes fosse igual ao dos produtos, a pressão:

- a. Deslocaria para reagentes
- b. Deslocaria para produtos
- c. Não alteraria o equilíbrio
- d. Aumentaria K
- e. Diminuiria K



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

19. Escreva expressões gerais, para K_c e K_p , de cada um dos seguintes sistemas:



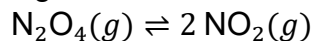
20. Sobre os fatores de perturbação do equilíbrio

- a. Explique o que acontece com o equilíbrio quando a concentração de um reagente aumenta.
- b. Explique o que acontece com o equilíbrio quando a concentração de um reagente diminui.
- c. Explique o que ocorre com o equilíbrio quando a pressão aumenta em um sistema gasoso.
- d. Explique o que ocorre com o equilíbrio quando a pressão diminui em um sistema gasoso.
- e. Descreva o efeito do aumento da temperatura em uma reação exotérmica
- f. Descreva o efeito da diminuição da temperatura em uma reação endotérmica.



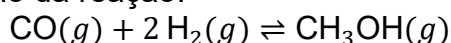
Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

- 21.** O tetróxido de dinitrogênio gasoso, utilizado como propelente de foguetes, dissocia-se em dióxido de nitrogênio, um gás irritante para os pulmões, que diminui a resistência às infecções respiratórias. O tetróxido de dinitrogênio se decompõe em dióxido de nitrogênio, de acordo com a equação:



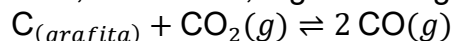
Considerando que, no equilíbrio a 60 °C, a pressão parcial do tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4) é 1,4 atm e a pressão parcial do dióxido de nitrogênio (NO_2) é 1,8 atm, a constante de equilíbrio K_p será?

- 22.** A constante de equilíbrio da reação:



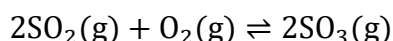
Tem valor 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nessa temperatura em condições de equilíbrio, sendo, respectivamente, 0,145 mol·L⁻¹ e 1,0 mol·L⁻¹. Com base nesses dados, qual será a concentração de hidrogênio, em mol·L⁻¹?

- 23.** A produção de grafita artificial vem crescendo significativamente, uma vez que a grafita natural de boa qualidade para uso industrial é escassa. Em atmosferas ricas em dióxido de carbono, a 1 000 °C, a grafita reage segundo a reação:



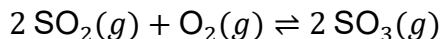
A 1 000 °C, no estado de equilíbrio, as pressões parciais de CO e CO₂ são 1,50 atm e 1,25 atm, respectivamente. Calcule o valor da constante de equilíbrio K_p para a reação nessa temperatura.

- 24.** Para o equilíbrio:



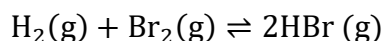
No equilíbrio medem-se: $[\text{SO}_2] = 0,30 \text{ M}$, $[\text{O}_2] = 0,20 \text{ M}$, $[\text{SO}_3] = 0,10 \text{ M}$. Calcule K_c .

- 25.** Um equilíbrio envolvido na formação da chuva ácida está representado pela equação:



Em um recipiente de 1 litro, foram misturados 6 mol de dióxido de enxofre e 5 mol de oxigênio. Depois de algum tempo, o sistema atingiu o equilíbrio, e o número de mols de trióxido de enxofre medido foi 4. O valor aproximado da constante de equilíbrio é:

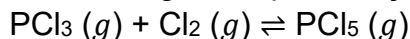
- 26.** Um mol de mol de H₂ e um mol de Br₂ são colocados em um recipiente de 10 L de capacidade, a 575 °C. Atingindo-se o equilíbrio, a análise do sistema mostrou que 0,20 mol de HBr está presente. Calcule o valor de K_c , a 575 °C, para a reação:





Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

- 27.** O pentacloreto de fósforo é um reagente muito importante em Química Orgânica. Ele é preparado em fase gasosa pela reação:



Um frasco de 3 L contém as seguintes quantidades no equilíbrio, a 200 °C: 0,120 mol de PCl_5 , 0,600 mol de PCl_3 e 0,0120 mol de Cl_2 . Calcule o valor da constante de equilíbrio a essa temperatura.

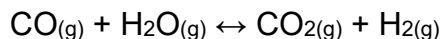
- 28.** Na esterificação de 1 mol de ácido acético com 1 mol de álcool etílico, a 25 °C, o equilíbrio é atingido com $K_c = 4$. Quais são as quantidades em mols das substâncias presentes no equilíbrio? (Resolva através de Bhaskara)

- 29.** Considere o equilíbrio a 25 °C:



Conhecendo-se as concentrações iniciais: $[\text{PCl}_5(g)] = 0,100 \text{ mol/L}$; $[\text{Cl}_2(g)] = 0,200 \text{ mol/L}$; $[\text{PCl}_3(g)] = 0$ e a constante de equilíbrio ($K_c = 0,030 \text{ mol/L}$) para a decomposição do PCl_5 à mesma temperatura, a concentração de PCl_5 no equilíbrio é igual a? (Resolva através de Bhaskara)

- 30.** Em um recipiente de 5 L, a uma temperatura T, são misturados 5 mol de $\text{CO}(g)$ e 5 mol de $\text{H}_2\text{O}(g)$. Quando o equilíbrio é atingido, coexistem 3,325 mol de $\text{CO}_2(g)$ e 3,325 mol de $\text{H}_2(g)$. Calcule o valor de K_c , na temperatura T, para o seguinte equilíbrio:





Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

GABARITO

1. É quando a velocidade da reação direta é igual à da reação inversa, mantendo as concentrações constantes.
2. Na reação direta os reagentes transformam-se em produtos, enquanto na reação inversa os produtos transformam-se em reagentes
3. A. Não, o equilíbrio é dinâmico: as reações continuam ocorrendo nos dois sentidos.
B. Não, elas permanecem constantes, mas não necessariamente iguais.
4. A. K aumenta
B. K diminui
C. Predomina os produtos, ou seja, o equilíbrio está deslocado para a direita, significando que a concentração de produtos é muito maior que a de reagentes; a reação direta é favorecida.
D. Predomina os reagentes, ou seja, o equilíbrio está deslocado para a esquerda, significando que a concentração de reagentes é muito maior que a de produtos. A reação inversa é favorecida.
E. As concentrações de produtos e reagentes são comparáveis quando o sistema atinge o equilíbrio.
5. B
6. B
7. C
8. C
9. B
10. B
11. B
12. B
13. B
14. B
15. D
16. B
17. B
18. C
19. -
20. A. Quando a concentração de um reagente aumenta, o sistema passa a ter excesso dessa substância. Para compensar essa perturbação, o equilíbrio se desloca no sentido de consumir o reagente, favorecendo a formação dos produtos.
B. Quando a concentração de um reagente diminui, o sistema percebe a falta dessa substância. Para compensar, o equilíbrio se desloca no sentido de produzir mais reagente, ou seja, para o lado dos reagentes.



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

C. O aumento da pressão ocorre, geralmente, pela diminuição do volume. Para compensar essa perturbação, o sistema favorece o lado da reação que possui menor número de mols gasosos, pois isso reduz a pressão interna.

D. Quando a pressão diminui, o sistema tende a aumentá-la. Para isso, o equilíbrio se desloca para o lado da reação que possui maior número de mols gasosos, pois isso aumenta a pressão interna.

E. Em uma reação exotérmica, o calor é liberado. Quando a temperatura aumenta, é como se calor estivesse sendo adicionado ao sistema. Para compensar esse excesso, o equilíbrio se desloca para o lado dos reagentes, consumindo o calor.

F. Em uma reação endotérmica, o calor é absorvido. Quando a temperatura diminui, há falta de calor no sistema. Para compensar essa redução, o equilíbrio se desloca para o lado dos reagentes, onde ocorre a liberação de calor.

21. 2,31

$$21. \quad K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{(P_{\text{N}_2\text{O}_4})} = \frac{(1,8)^2}{(1,4)} = \frac{3,24}{1,4} = 2,31$$

22. 0,1 mol/L

$$\begin{aligned} 22. \quad K_c &= \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} \\ 14,5 &= \frac{0,145}{1 \cdot [\text{H}_2]^2} \\ [\text{H}_2]^2 &= \frac{0,145}{14,5} \\ [\text{H}_2]^2 &= 0,01 \\ [\text{H}_2] &= \sqrt{0,01} \\ [\text{H}_2] &= 10^{-2} \text{ mol/L ou } 0,1 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

23. 1,8

$$23. \quad K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{(P_{\text{CO}_2})} = \frac{(1,50)^2}{1,25} = \frac{2,25}{1,25} = 1,8$$

24. 0,56

24.
$$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(0,10)^2}{(0,30)^2 (0,20)} = \frac{0,01}{0,09 \cdot 0,20}$$

$$K_c = \frac{0,01}{0,018} = 0,56$$

25. 1,33

25. $V = 1L$

	$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$		
Balançamento	2	1	2
Início	6 mol	5 mol	0
Variação	-4 mol	-2 mol	+4 mol
Equilíbrio	2 mol	3 mol	4 mol
Concentração (mol/L) no equilíbrio	2 mol/L	3 mol/L	4 mol/L

∇ Variação de $SO_3(g)$
 $4 \text{ mol} = 0 - x$
 $x = 4$

∇ Quantidade de SO_2 que reagiu / variou
 $2SO_2 \xrightarrow{x} 2SO_3$
 $x \quad \quad \quad 4 \text{ mol}$
 $2 \cdot x = 2 \cdot 4$
 $2x = 8$
 $x = \frac{8}{2} = 4 \text{ mol}$

∇ quantidade de SO_2 no equilíbrio:
 $6 - 4 = 2 \text{ mol}$

∇ Quantidade de O_2 que reagiu / variou
 $1O_2 \xrightarrow{x} 2SO_3$
 $x \quad \quad \quad 4 \text{ mol}$
 $2 \cdot x = 1 \cdot 4$
 $x = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol}$

∇ quantidade de O_2 no equilíbrio:
 $5 - 2 = 3 \text{ mol}$

2/9



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

→ Concentração no equilíbrio:

$$[SO_2] = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ mol/L}$$

$$[O_2] = \frac{3 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 3 \text{ mol/L}$$

$$[SO_3] = \frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 4 \text{ mol/L}$$

→ $K_c = ?$

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(4)^2}{(2)^2 (3)} = \frac{16}{4 \cdot 3} = \frac{16}{12} = 1,33$$

26. 0,0493

26.

$$V = 10 \text{ L}$$

	$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2 HBr(g)$		
Balanciamento	1	1	2
Início	1 mol	1 mol	0
Variacões	0,1 mol	0,1 mol	0,20 mol
Equilíbrio	0,9 mol	0,9 mol	0,20 mol
Concentração (mol/L) no equilíbrio	0,09 mol/L	0,09 mol/L	0,02



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

↪ Variação de HBr(g)

$$0,2 \text{ mol} = 0 - x$$
$$x = 0,20 \text{ mol}$$

↪ Quantidade de Br_2 que reagiu / variou

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ Br}_2 & \times & 2 \text{ HBr} \\ x & = & 0,2 \text{ mol} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} 2 \cdot x = 1 \cdot 0,2 \\ x = \frac{0,2}{2} = \underline{0,1 \text{ mol}} \end{array}$$

↪ Quantidade de Br_2 no equilíbrio:

$$1 - 0,1 = \underline{0,9 \text{ mol}}$$

↪ Quantidade de H_2 que reagiu / variou

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ H}_2 & \times & 2 \text{ HBr} \\ x & = & 0,2 \text{ mol} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} 2 \cdot x = 1 \cdot 0,2 \\ x = \frac{0,2}{2} = \underline{0,1 \text{ mol}} \end{array}$$

↪ Quantidade de H_2 no equilíbrio:

$$1 - 0,1 = \underline{0,9 \text{ mol}}$$

↪ Concentração no equilíbrio:

$$[\text{H}_2] = \frac{0,9 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,09 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Br}_2] = \frac{0,9 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,09 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HBr}] = \frac{0,2 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,02 \text{ mol/L}$$

↪ $K_c = ?$

$$K_c = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]} = \frac{(0,02)^2}{(0,09)(0,09)} = \frac{0,0004}{0,0081} = 0,0493 \text{ ou } 4,93 \times 10^{-2}$$

27. 50

27. $K_c = ?$
 $V = 3L$

	$PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$		
Equilíbrio	0,600	0,0120	0,120
Concentração (mol/L) no equilíbrio	0,2	0,004	0,04

$$[PCl_3] = \frac{0,600}{3} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$[Cl_2] = \frac{0,0120}{3} = 0,004 \text{ mol/L}$$

$$[PCl_5] = \frac{0,120}{3} = 0,04 \text{ mol/L}$$

$$K_c = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]} = \frac{0,04}{0,2 \cdot 0,004} = 50$$

28. 0,33mol para os reagentes e 0,66mol para os produtos.

28. $K_c = 4$.

$$K_c = \frac{[C_4H_8O_2][H_2O]}{[C_2H_4O_2][C_2H_5OH]} \therefore K_c = \frac{[\text{éster}][\text{água}]}{[\text{ácido}][\text{álcool}]}$$



inicial	1 mol	1 mol	0	0
variação	-x	-x	+x	+x
equilíbrio	1-x	1-x	+x	+x

$$4 = \frac{(x)(x)}{(1-x)(1-x)} \rightarrow 4 = \frac{x^2}{(1-x)^2}$$

$$\rightarrow x^2 = 4(1 - 2x + x^2)$$

$$\rightarrow x^2 = 4 - 8x + 4x^2$$

$$\rightarrow 4x^2 - x^2 - 8x + 4 = 0$$

$$\rightarrow \underline{3x^2 - 8x + 4 = 0}$$

$$x = \frac{-(-8) \pm \sqrt{(-8)^2 - 4(3)(4)}}{2 \cdot 3}$$

$$x = \frac{8 \pm \sqrt{16}}{6} \quad \begin{cases} \rightarrow x' = \frac{8+4}{6} = 2 \\ \rightarrow x'' = \frac{8-4}{6} = 0,66 \end{cases}$$

$\hookrightarrow x = 2$ não poderia ser utilizado, devido a estequiometria da reação, pois o valor de mol seria negativo ($1 - 2 = -1$).

$\hookrightarrow$ Será utilizado $x = 0,66$ ($1 - 0,66 = 0,33$)

Logo no equilíbrio terá 0,33 mol para cada reagente e 0,66 mol para cada produto.

29. $[PCl_5] = 0,065$

29.

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

$$K_c = 0,03$$

	$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$		
início	0,1	0	0,02
variação	$-x$	x	$+x$
equilíbrio	$0,1 - x$	x	$0,02 + x$

$$0,03 = \frac{(x)(0,02 + x)}{0,1 - x}$$

$$\rightarrow 0,02x + x^2 = 0,03(0,1 - x)$$

$$\rightarrow 0,02x + x^2 = 0,003 - 0,03x$$

$$\rightarrow x^2 + 0,02x + 0,03x - 0,003 = 0$$

$$\hookrightarrow x^2 + 0,05x - 0,003 = 0$$

$$x = \frac{-0,05 \pm \sqrt{(0,05)^2 - 4(1)(-0,003)}}{2 \cdot 1}$$

$$x = \frac{-0,05 \pm \sqrt{0,0115}}{2} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow x' = \frac{-0,05 + 0,12}{2} \\ x' = \frac{0,07}{2} = 0,035 \\ x'' = \frac{-0,05 - 0,12}{2} \\ x'' = \frac{-0,17}{2} = -0,085 \end{array} \right.$$

* Descarta x'' devido a ser um número negativo e aplica somente o valor encontrado em x' .

$$[PCl_5] = 0,1 - 0,035 = 0,065$$



Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - CCQFA
Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo
Monitora: Taina Fernanda Nunes

30. 3,94

30.

	$\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$			
inicial	5 mol	5 mol	0	0
reação e volume	3,325	3,325	3,325	3,325
equilíbrio	$5 - 3,325$ $= 1,675$	$5 - 3,325$ $= 1,675$	3,325	3,325
[] em mol/L no equilíbrio	0,335	0,335	0,665	0,665

$[\text{CO}] \text{ e } [\text{H}_2\text{O}] = \frac{1,675}{5} = 0,335 \text{ mol/L}$

$[\text{CO}_2] \text{ e } [\text{H}_2] = \frac{3,325}{5} = 0,665 \text{ mol/L}$

8/9

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{0,665 \cdot 0,665}{0,335 \cdot 0,335} = 3,94$$