Equilíbrio Químico

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química

Nível I

PROBLEMA 1.1 2G02

Considere as proposições a respeito de uma reação reversível.

1. Uma reação para quando atinge o equilíbrio.
2. Uma reação em equilíbrio não é afetada pelo aumento da concentração de produtos.
3. Se a reação começa com maior pressão dos reagentes, a constante de equilíbrio será maior.
4. Se a reação começa com concentrações maiores de reagentes, as concentrações de equilíbrio dos produtos serão maiores.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

A 3
B 4
C 1 e 4
D 2 e 4
E 3 e 4

PROBLEMA 1.2 2G03

Considere as proposições a respeito de uma reação reversível.

1. Em uma reação de equilíbrio, a reação inversa só ocorre quando todos os reagentes tiverem sido convertidos em produtos.
2. As concentrações de equilíbrio serão as mesmas se começarmos uma reação com os reagentes puros ou com os produtos puros.
3. As velocidades das reações direta e inversa são iguais no equilíbrio.
4. Se a energia livre de Gibbs é maior do que a energia livre padrão de reação, a reação avança até o equilíbrio.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

A 2
B 3
C 2 e 3
D 1, 2 e 3
E 2, 3 e 4

PROBLEMA 1.3 2G06

A reação a seguir é conduzida sob 1 atm.

$$\mathrm{NiO\,(s) + CO\,(s) \rightleftharpoons Ni\,(s) + CO_2(g)} \quad K = 500$$

Para a manutenção da temperatura constante até a situação de equilíbrio, devem ser retirados do meio reacional 16,10 kJ de energia por mol de óxido de níquel reagido, na forma de calor.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da temperatura em que a reação é conduzida.

A 1150 K
B 1350 K
C 1550 K
D 1750 K
E 1950 K

Dados

- $\mathrm{S^\circ\,(CO, g) = 251\,J\,K^{-1}mol^{-1}}$
- $\mathrm{S^\circ\,(CO_2, g) = 296\,J\,K^{-1}mol^{-1}}$
- $\mathrm{S^\circ\,(Ni, s) = 30\,J\,K^{-1}mol^{-1}}$
- $\mathrm{S^\circ\,(NiO, s) = 38\,J\,K^{-1}mol^{-1}}$

PROBLEMA 1.4 2G08

Considere a reação a 25 °C.

$$\mathrm{\frac{1}{2}\,H_2(g) + \frac{1}{2}\,I_2(g) \rightleftharpoons HI\,(g)}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio dessa reação.

A 5×10^{-3}
B 5×10^{-1}
C 5×10^{1}
D 5×10^{3}
E 5×10^{5}

Dados

- $\mathrm{\Delta G_f^\circ\,(HI, g) = 1{,}7\,kJ\,mol^{-1}}$

PROBLEMA 1.5 2G07

Considere a reação a 25 °C.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio dessa reação.

A $1{,}5 \times 10^{-3}$ **B** $1{,}5 \times 10^{-1}$

C $1{,}5 \times 10^{1}$ **D** $1{,}5 \times 10^{3}$

E $1{,}5 \times 10^{5}$

Dados

- $\Delta H_f^\circ\,(N_2O_4, g) = 9{,}16\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ\,(NO_2, g) = 33{,}2\,kJ\,mol^{-1}$
- $S\,(N_2O_4, g) = 304{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $S\,(NO_2, g) = 240{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$

PROBLEMA 1.6 2G04

Em um cilindro são adicionados 100 bar de SO_2, O_2 e SO_3, respectivamente. O sistema é mantido a 25 °C e ocorre a reação:

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da energia livre da reação.

A $-131\,kJ\,mol^{-1}$ **B** $-142\,kJ\,mol^{-1}$

C $-153\,kJ\,mol^{-1}$ **D** $-164\,kJ\,mol^{-1}$

E $-175\,kJ\,mol^{-1}$

Dados

- $\Delta G_f^\circ\,(SO_2, g) = -300{,}0\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta G_f^\circ\,(SO_3, g) = -371{,}0\,kJ\,mol^{-1}$

PROBLEMA 1.7 2G05

Em um cilindro são adicionados 4,2 bar, 1,8 bar e 20 bar de N_2, H_2 e NH_3, respectivamente. O sitema é mantido a 400 K e ocorre a reação:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \quad K = 40$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da energia livre da reação.

A $-4{,}5\,kJ\,mol^{-1}$ **B** $-3{,}6\,kJ\,mol^{-1}$

C $-2{,}7\,kJ\,mol^{-1}$ **D** $-1{,}8\,kJ\,mol^{-1}$

E $-0{,}9\,kJ\,mol^{-1}$

PROBLEMA 1.8 2G09

Considere as reações a 350 K.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \qquad K_1 = 36$$
$$4\,NH_3(g) \rightleftharpoons 2\,N_2(g) + 6\,H_2(g) \qquad K_2$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio K_2.

A 0,02 **B** 0,16 **C** 1

D 6 **E** 36

PROBLEMA 1.9 2G10

Considere as reações a 350 K.

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g) \qquad K_{c,1} = 1 \times 10^{12}$$
$$SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) \qquad K_{c,2}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio $K_{c,2}$.

A 1×10^{-12} **B** 1×10^{-9}

C 1×10^{-6} **D** 1×10^{6}

E 1×10^{12}

PROBLEMA 1.10 2G11

Considere as reações a 300 K.

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\,HCl(g) \qquad K_1 = 4 \times 10^{31}$$
$$2\,BrCl(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + Cl_2(g) \qquad K_2 = 400$$
$$2\,BrCl(g) + H_2(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + 2\,HCl(g) \qquad K_3$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio K_3.

A $1{,}0 \times 10^{29}$ **B** $1{,}6 \times 10^{29}$

C $1{,}0 \times 10^{34}$ **D** $1{,}6 \times 10^{34}$

E $4{,}0 \times 10^{34}$

PROBLEMA 1.11 2G12

Considere as reações a 500 K.

$$\begin{aligned} H_2(g) + I_2(g) &\rightleftharpoons 2\,HI(g) && K_1 = 160 \\ N_2(g) + 3\,H_2(g) &\rightleftharpoons 2\,NH_3(g) && K_2 = 3{,}6 \times 10^{-2} \\ 2\,NH_3(g) + 3\,I_2(g) &\rightleftharpoons N_2(g) + 6\,HI(g) && K_3 \end{aligned}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio K_3.

A $4{,}4 \times 10^{3}$ **B** $7{,}1 \times 10^{5}$

C $1{,}1 \times 10^{8}$ **D** $3{,}1 \times 10^{9}$

E $8{,}8 \times 10^{10}$

PROBLEMA 1.12 2G13

Considere a reação a 500 K.

$$2\,NOCl(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + Cl_2(g) \quad K = 1{,}8 \times 10^{-2}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio K_c para essa reação.

A $3{,}2 \times 10^{-5}$ **B** $4{,}3 \times 10^{-4}$

C $5{,}4 \times 10^{-3}$ **D** $6{,}5 \times 10^{-2}$

E $7{,}6 \times 10^{-1}$

PROBLEMA 1.13 2G14

Considere a reação a 1073 K.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g) \quad K = 167$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio K_c para essa reação.

A $1{,}9 \times 10^{-2}$ **B** $1{,}9 \times 10^{-1}$

C $1{,}9$ **D** $1{,}9 \times 10^{1}$

E $1{,}9 \times 10^{2}$

PROBLEMA 1.14 2G15

Em um recipiente contendo NH_3, N_2, H_2 a 400 K o equilíbrio é estabelecido:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \quad K = 40$$

No equilíbrio, as pressões de NH_3 e H_2 são 380 torr e 190 torr, respectivamente.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da concentração molar de N_2 no equilíbrio.

A 106 torr **B** 205 torr

C 304 torr **D** 403 torr

E 502 torr

PROBLEMA 1.15 2G16

Em um recipiente contendo HI, H_2, I_2 a 500 K o equilíbrio é estabelecido:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g) \quad K = 160$$

No equilíbrio, as concentrações de HI e I_2 são 40 mmol L^{-1} e 5 mmol L^{-1}, respectivamente.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da concentração molar de H_2 no equilíbrio.

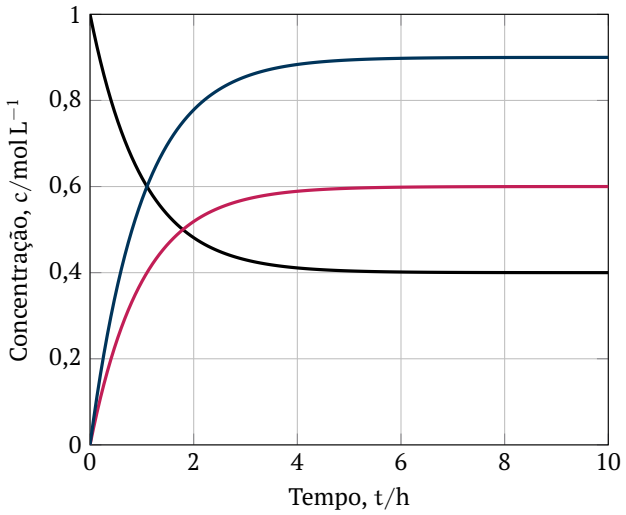
A 1 mmol L^{-1} **B** 2 mmol L^{-1}

C 3 mmol L^{-1} **D** 4 mmol L^{-1}

E 5 mmol L^{-1}

PROBLEMA 1.16 2G17

As concentrações dos reagentes e produtos de uma reação foram monitoradas ao longo do tempo.

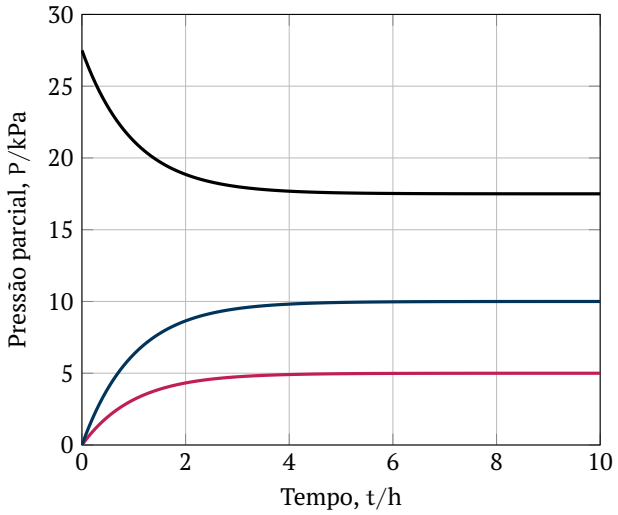


Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio dessa reação balanceada com os menores coeficientes inteiros.

A 1,35 **B** 1,64 **C** 1,86
D 2,03 **E** 2,35

PROBLEMA 1.17 2G18

As pressões parciais dos reagentes e produtos de uma reação foram monitoradas ao longo do tempo.



Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio dessa reação balanceada com os menores coeficientes inteiros.

A 0,016 **B** 0,29 **C** 0,46
D 1,6 **E** 29

PROBLEMA 1.18 2G19

Em um recipiente são adicionados 3,3 mbar de BrCl. O sistema é mantido a 500 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,BrCl\,(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + Cl_2(g) \quad K = 36$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão parcial de Br_2 na mistura em equilíbrio.

A 1,0 mbar **B** 1,5 mbar
C 2,0 mbar **D** 2,5 mbar
E 3,0 mbar

PROBLEMA 1.19 2G20

Uma amostra de 3,12 g de PCl_5, é adicionada em um recipiente de 500 mL. O sistema é mantido a 250 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g) \quad K = 80$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão parcial de PCl_5 na mistura em equilíbrio.

A 10 mbar **B** 20 mbar
C 30 mbar **D** 40 mbar
E 50 mbar

PROBLEMA 1.20 2G21

Uma amostra de 25 g de carbamato de amônio, $NH_4(NH_2CO_2)$, é adicionada em um recipiente de 250 mL. O sistema é mantido a 25 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$NH_4(NH_2CO_2)(s) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) + CO_2(g)$$

No equilíbrio, a massa de dióxido de carbono é 17,4 mg.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio da reação.

A $1{,}6 \times 10^{-8}$ **B** $2{,}3 \times 10^{-8}$
C $1{,}6 \times 10^{-4}$ **D** $2{,}3 \times 10^{-4}$
E $5{,}7 \times 10^{-4}$

PROBLEMA 1.21 2G22

A um recipiente de 5 L são adicionados 2 mol de NH_3, H_2S e de NH_4HS. O sistema é mantido a 35 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$NH_3(g) + H_2S(g) \rightleftharpoons NH_4HS(s) \quad K = 400$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da massa de NH_4HS no equilíbrio.

A 132 g **B** 152 g **C** 172 g
D 192 g **E** 212 g

PROBLEMA 1.22 2G23

Quando $NaHCO_3$ sólido é colocado em um recipiente rígido de 2,5 L e aquecido a 160 °C o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$$

No equilíbrio, a pressão total é 8 bar. Em um segundo experimento, é adicionada a mesma massa de sólido em um recipiente de mesmo volume com 1 bar de CO_2.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão de equilíbrio de CO_2 no segundo experimento.

A 2,5 bar **B** 3,5 bar
C 4,5 bar **D** 5,5 bar
E 6,5 bar

PROBLEMA 1.23 2G24

Considere reação exotérmica em fase gasosa, inicialmente conduzida a 400 °C sob 200 atm.

$$2\,\mathbf{A}(g) + \mathbf{B}(g) \rightleftharpoons \mathbf{C}(g) + \mathbf{D}(g)$$

Considere as proposições.

1. Conduzir a reação a 600 °C gera uma fração maior de **C** e **D**.
2. Conduzir a reação a 600 °C faz com que o equilíbrio seja alcançado em menos de 60 min.
3. Conduzir a reação a uma pressão de 100 atm gera uma fração menor de **C** e **D**.
4. Remover **C** e **D** do meio reacional após o equilíbrio e então retomar a reação permitem obter uma fração total maior de **C** e **D**.

A **2** e **3** **B** **2** e **4**
C **3** e **4** **D** **2**, **3** e **4**
E **1**, **2**, **3** e **4**

PROBLEMA 1.24 2G25

A amônia é produzida em escala industrial pelo processo Haber-Bosch. A reação de formação exotérmica a partir de hidrogênio e nitrogênio é conduzida a 450 °C sob 200 atm. Considere as proposições:

1. O aumento da pressão no reator, mediante adição de um gás inerte, aumenta o rendimento do processo.
2. O uso de um catalisador mais eficiente aumenta o rendimento do processo.
3. Uma vez atingido o equilíbrio, não ocorrem mais colisões efetivas entre moléculas de hidrogênio e nitrogênio.
4. A redução da temperatura no reator diminui a velocidade da reação, mas favorece a formação de amônia.

Assinale a alternativa que relaciona as proprosições *corretas*.

A **3** **B** **4**
C **1 e 4** **D** **2 e 4**
E **3 e 4**

PROBLEMA 1.25 2G26

Em um reator mantido à temperatura constante, PCl_5 encontra-se em equilíbrio com 1 atm de Cl_2 e 2 atm de PCl_3.

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2 \quad K = 4$$

Assinale a alternativa que apresenta a nova pressão de equilíbrio de PCl_5 após adição de mais 2 atm desse gás ao reator.

A 1,0 atm **B** 1,5 atm
C 2,0 atm **D** 2,5 atm
E 3,0 atm

PROBLEMA 1.26 2G27

As pressões parciais de uma mistura de $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$ em equilíbrio são 0,34 atm e 1,2 atm. O volume do recipiente é duplicado mantendo a temperatura constante.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão parcial de N_2O_4 na mistura em equilíbrio.

A 0,06 atm **B** 0,12 atm
C 0,18 atm **D** 0,24 atm
E 0,30 atm

PROBLEMA 1.27 2G28

Considere a reação de síntese da amônia a 298 K:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \quad K_{298\,K} = 6{,}8 \times 10^5$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio da reação a 400 K.

A 5×10^1 **B** 5×10^2 **C** 5×10^3
D 5×10^4 **E** 5×10^5

Dados

- $\Delta H_f^\circ\,(NH_3, g) = -46{,}1\,kJ\,mol^{-1}$

PROBLEMA 1.28 2G29

Considere a reação:

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$$

A constante de equilíbrio dessa reação é 4×10^{24} a 27 °C e $2{,}5 \times 10^{10}$ a 227 °C.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da variação de entalpia da reação.

A $-203\,kJ\,mol^{-1}$ **B** $-74\,kJ\,mol^{-1}$
C $-8\,kJ\,mol^{-1}$ **D** $8\,kJ\,mol^{-1}$
E $203\,kJ\,mol^{-1}$

Nível II

PROBLEMA 2.1 2G31

Um balão de 10 L é preenchido com 4,5 mol de N_2 e 0,8 mol de O_2. O sistema é mantido a 1200 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) \quad K_c = 1 \times 10^{-5}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da quantidade de NO no equilíbrio.

A 2 mmol **B** 4 mmol
C 6 mmol **D** 8 mmol
E 10 mmol

PROBLEMA 2.2 2G32

Um balão é preenchido com amônia. O sistema é mantido a 25 °C e o equilíbrio é estabelecido quando 50% da amônia sofreu decomposição:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \quad K_c = 5{,}3 \times 10^{-5}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão inicial de amônia.

A 10 kPa **B** 20 kPa
C 30 kPa **D** 40 kPa
E 50 kPa

PROBLEMA 2.3 2G33

Sob 1 atm, 0,5% do pentóxido de nitrogênio em um cilindro está decomposto devido a reação:

$$2\,N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4\,NO_2(g) + O_2(g)$$

O volume do cilindro é aumentado em dez vezes.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da fração de N_2O_5 que sofre decomposição devido ao aumento do volume.

A 2% **B** 8% **C** 14%
D 20% **E** 26%

PROBLEMA 2.4 2G34

Um balão de 1 L é preenchido com 2 mol de NO e 1 mol de Cl_2. O sistema é mantido a 35 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,NOCl(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + Cl_2(g) \quad K_c = 1{,}6 \times 10^{-5}$$

Assinale a alternativa que mais se aproxima da quantidade de NO no equilíbrio.

A $10\,mmol\,L^{-1}$ **B** $20\,mmol\,L^{-1}$
C $50\,mmol\,L^{-1}$ **D** $70\,mmol\,L^{-1}$
E $90\,mmol\,L^{-1}$

PROBLEMA 2.5 2G35

Um balão é preenchido com PCl_5. O sistema é mantido a 556 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g) \quad K = 5$$

No equilíbrio a pressão total é 15 atm.
Assinale a alternativa que mais se aproxima do grau de decomposição do PCl_5 no equilíbrio.

A 10% **B** 20% **C** 30%
D 40% **E** 50%

PROBLEMA 2.6 2G36

Um balão de 1 L é preenchido com 0,64 bar de fosfina. O sistema é mantido a 25 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,PH_3(g) \rightleftharpoons 2\,P(s) + 3\,H_2(g)$$

No equilíbrio a pressão total é 0,93 atm.

a. **Determine** a massa de fósforo produzida no equilíbrio.

b. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.

PROBLEMA 2.7 2G37

Um balão é preenchido com 100 torr de NO e 40 torr de Br_2. O sistema é mantido a 300 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,NO(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2\,NOBr(g)$$

No equilíbrio a pressão total é 110 torr.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da constante de equilíbrio para essa reação.

A 0,225 **B** 17,1 **C** 22,5
D 171 **E** 225

PROBLEMA 2.8 2G38

Um balão é preenchido com P_4. O sistema é mantido a 1325 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$P_4(g) \rightleftharpoons 2\,P_2(g) \quad K = 0{,}1$$

No equilíbrio a pressão total é 1 atm.
Assinale a alternativa que mais se aproxima do grau de dissociação de P_4 no equilíbrio.

A 4% **B** 8% **C** 12%
D 16% **E** 20%

PROBLEMA 2.9 2G39

A 5000 K e 1 atm, 83% das moléculas de oxigênio em uma amostra estão dissociadas em oxigênio atômico.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão em que 95% das moléculas de oxigênio estarão dissociadas a 5000 K.

A 0,24 atm **B** 0,48 atm
C 0,72 atm **D** 0,96 atm
E 1,20 atm

PROBLEMA 2.10 2G40

Um balão é preenchido com tetracloreto de carbono. O sistema é mantido a 700 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$CCl_4(g) \rightleftharpoons C(s) + 2\,Cl_2(g) \quad K = 0{,}8$$

No equilíbrio a pressão total é 1,2 atm.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão inicial de tetracloreto de carbono.

A 0,1 atm **B** 0,3 atm
C 0,6 atm **D** 0,9 atm
E 1,2 atm

PROBLEMA 2.11 2G41

Um balão de 1 L é preenchido com 4,8 g de metanol. O sistema é mantido a 250 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$CH_3OH(g) \rightleftharpoons CO(g) + 2\,H_2(g)$$

Após o sistema atingir o equilíbrio, um frasco é preenchido por um pequeno orifício na lateral do balão. A quantidade de hidrogênio que efunde para o frasco é 32 vezes mais que a quantidade de metanol.

a. **Determine** a razão entre a quantidade de hidrogênio e metanol na mistura em equilíbrio.

b. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.

PROBLEMA 2.12 2G42

Um reservatório de 6 L é preenchido com 79,2 g de gelo seco e 30 g de carvão mineral em pó. O sistema é mantido a 1000 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$CO_2(g) + C(g) \rightleftharpoons 2\,CO(g)$$

No equilíbrio a densidade da fase gasosa é $14\,g\,L^{-1}$. A 1100 K a constante de equilíbrio da reação é 22.

a. **Determine** a constante de equilíbrio da reação a 1000 K

b. **Classifique** a reação como endotérmica ou exotérmica.

PROBLEMA 2.13 2G43

Um balão é preenchido com 88 g de SO_3. O sistema é mantido a 600 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g)$$

No equilíbrio a densidade da fase gasosa é $1{,}6\,g\,L^{-1}$ e a pressão total é 1,8 atm.
Determine a constante de equilíbrio dessa reação.

PROBLEMA 2.14 2G44

Um reator equipado com um pistão que se move livremente é preenchido com NOBr. A densidade da gás é $4{,}4\,g\,L^{-1}$. O sistema é mantido a 25 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,NOBr(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + Br_2(g)$$

No equilíbrio a densidade da fase gasosa é $4{,}0\,g\,L^{-1}$.

a. **Determine** a constante de equilíbrio dessa reação.

b. **Explique** o efeito da adição de argônio ao reator

PROBLEMA 2.15 2G45

Em solução de tetracloreto de carbono, o tetracloreto de vanádio sofre dimerização formando V_2Cl_8. Em um experimento, 6,76 g de VCl_4 foram dissolvidos em 100 g de tetracloreto de carbono a 0 °C. Após certo tempo a mistura alcançou o equilíbrio, sendo a densidade $1{,}78\,g\,cm^{-3}$. O ponto de fusão da solução é −30 °C

a. **Determine** o grau de dimerização do tetracloreto de vanádio.

b. **Determine** a constante de equilíbrio de dimerização do cloreto de vanádio.

Dados

- $k_c(CCl_4) = 29{,}8\,K\,kg\,mol^{-1}$
- $T_{fus}(CCl_4) = -23{,}0\,°C$

PROBLEMA 2.16 2G46

Um reator para a produção de metanol é preenchido com uma mistrura de CO e H_2 na proporção 1 : 2. O sistema é mantido a 600 K e o equilíbrio é estabelecido:

$$CO\,(g) + 2\,H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH\,(g)$$

No equilíbrio a pressão total é 50 atm.

a. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.

b. **Determine** o grau de conversão para a formação de metanol.

Dados

- $\Delta H_f^\circ\,(CH_3OH, g) = -201{,}0\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ\,(CO, g) = -111{,}0\,kJ\,mol^{-1}$
- $S\,(CH_3OH, g) = 240{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $S\,(CO, g) = 198{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $S\,(H_2, g) = 131{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$

PROBLEMA 2.17 2G47

Um reator para a produção de cementita é equipado com um pistão que se move livremente contra pressão de 1 atm. O reator é preenchido com ferro metálico e gás hidrogênio. O sistema é mantido a 25 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$CH_4(g) + 3\,Fe(S) \rightleftharpoons Fe_3C\,(s) + 2\,H_2(g)$$

a. **Determine** a constante de equilíbrio para essa reação.

b. **Determine** a fração molar de hidrogênio na fase gasosa no equilíbrio.

c. **Avalie** a viabilidade do processo para a produção de cementita.

Dados

- $S^\circ\,(Fe_3C, s) = 105\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ\,(Fe_3C, s) = 25{,}1\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ\,(CH_4, g) = -74{,}8\,kJ\,mol^{-1}$
- $S\,(CH_4, g) = 186{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $S\,(Fe, s) = 27{,}3\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
- $S\,(H_2, g) = 131{,}0\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$

PROBLEMA 2.18 2G48

A constante de equilíbrio, K, para uma reação é 8,84 a 25 °C e $3{,}25 \times 10^{-2}$ a 75 °C.

a. **Determine** a temperatura em que $K = 1$.

b. **Determine** a entropia de reação.

PROBLEMA 2.19 2G49

Um reator contém uma mistura dos gases metilpropeno, *cis*-but-2-eno e *trans*-but-2-eno em equilíbrio.
Determine a fração de cada composto no equilíbrio.

Dados

- $\Delta G_f^\circ\,(\textit{cis}\text{-but-2-eno}) = 66\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta G_f^\circ\,(\textit{trans}\text{-but-2-eno}) = 63\,kJ\,mol^{-1}$
- $\Delta G_f^\circ\,(\text{metilpropeno}) = 58\,kJ\,mol^{-1}$

PROBLEMA 2.20 2G50

Um reator de 1 L é preenchido com 10 g de bicarbonato de sódio. O sistema é mantido a 125 °C e o equilíbrio é estabelecido:

$$2\,NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O\,(g)$$

a. **Determine** a pressão parcial de CO_2 no equilíbrio.

b. **Determine** a massa de bicarbonato de sódio no equilíbrio.

c. **Determine** o volume mínimo necessário para a decomposição de todo o bicarbonato.

PROBLEMA 2.21 2G51

Quando o carbonato de prata hidratado é seco com uma corrente de ar quente, o ar deve ter uma concentração mínima de CO_2 para evitar a decomposição deste, conforme a reação:

$$Ag_2CO_3(s) \longrightarrow Ag_2O\,(s) + CO_2(g) \quad \Delta H = 80\,kJ\,mol^{-1}$$

A 25 °C, a pressão mínima de CO_2 para não haver decomposição é $6{,}2 \times 10^{-3}$ torr.
Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão mínima de CO_2 para não haver decomposição a 110 °C.

A 2,5 torr **B** 5,0 torr

C 7,5 torr **D** 10,0 torr

E 12,5 torr

Gabarito

Nível I

1. B	**2.** C	**3.** A	**4.** B	**5.** B
6. C	**7.** C	**8.** B	**9.** C	**10.** D
11. D	**12.** B	**13.** C	**14.** C	**15.** B
16. B	**17.** A	**18.** D	**19.** D	**20.** D
21. D	**22.** C	**23.** D	**24.** B	**25.** B
26. B	**27.** D	**28.** A		

Nível II

1. C

2. B

3. A

4. C

5. E

6. a. 720 mg
b. 183

7. D

8. D

9. A

10. D

11. a. 8
b. 0,23

12. a. 8
b. 0,23

13. 0,86

14. a. $2{,}33 \times 10^{-4}$
b. Não há efeito no equilíbrio.

15. a. 85%
b. 33

16. a. $2{,}5 \times 10^{-4}$
b. 28%

17. a. $2{,}5 \times 10^{-4}$
b. 0,6 ppm
c. 28%

18. a. 310 K
b. $310\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$

19. 87% metilpropeno, 3% cis-but-2-eno e 10% trans-but-2-eno.

20. a. 0,5 atm
b. 7,5 g
c. 3,9 L

21. C