



Deslocamento de Equilíbrio

Deslocar um equilíbrio significa, por meio de um fator externo, fazer uma das duas reações ser favorecida, fazendo $v_1 \neq v_2$.

PRINCÍPIO DE LE CHATELIER

“Quando se aplica uma força externa num sistema em equilíbrio, este tende a reajustar-se no sentido de fugir à ação dessa força.”

FATORES QUE DESLOCAM UM EQUILÍBRIO

1. CONCENTRAÇÃO

Quando aumentamos a concentração de uma substância num sistema em equilíbrio, deslocamos o equilíbrio para o lado oposto em que se encontra a substância.

2. TEMPERATURA

Um aumento da temperatura sobre um sistema desloca o equilíbrio no sentido da reação endotérmica.

3. PRESSÃO

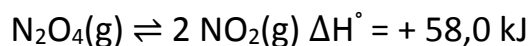
Um aumento de pressão no sistema gasoso desloca o equilíbrio no sentido da reação que ocorre com contração de volume.

4. EFEITO CATALISADOR

“O catalisador não desloca equilíbrio, ele altera o tempo em que o equilíbrio é atingido.”

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

01 (EFEI-MG) Considere o seguinte equilíbrio a 25°C:



O gás tetróxido de dinitrogênio é um gás incolor, enquanto o dióxido de nitrogênio é um gás marrom castanho. Numa mistura desses gases em equilíbrio, a cor visível é, portanto, a cor castanha, mas esta pode “clarear” ou “escurecer”, conforme o equilíbrio é deslocado.

Explique como mudará a cor de uma seringa de vidro fechada (volume constante) contendo uma mistura dos dois gases em equilíbrio quando:

- algum N_2O_4 é adicionado;
- todo NO_2 original é removido;
- a pressão total é aumentada, pela admissão de gás inerte, nitrogênio (N_2), por exemplo;
- a seringa for colocada num copo com água gelada.

02 (MACKENZIE-SP) $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$

- 1: sentido de formação do HCl
- 2: sentido de decomposição do HCl

Relativamente à reação em equilíbrio, acima equacionada, são feitas as afirmações:

- I) A expressão matemática da constante de equilíbrio é $K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]}$
- II) Retirando-se HCl, o equilíbrio desloca-se no sentido 1.
- III) Aumentando-se a pressão total, o equilíbrio desloca-se no sentido 2.
- IV) Adicionando-se um catalisador, o equilíbrio desloca-se no sentido 2 com mais facilidade.
- V) Retirando-se H_2 , o equilíbrio desloca-se no sentido 1.

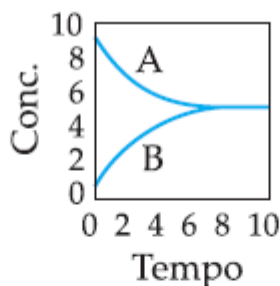
Das afirmações, são corretas somente

- a) I e II.
- b) II, IV e V.
- c) II e IV.
- d) IV e V.
- e) I, II e III.

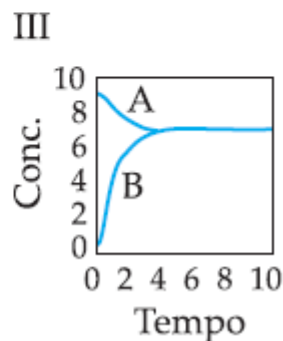
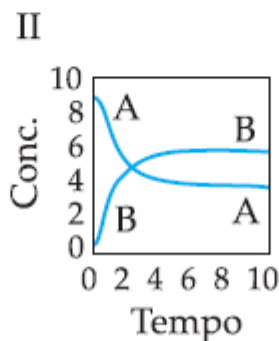
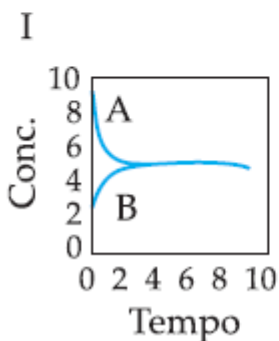
03 (FUVEST-SP) No equilíbrio $\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$, a transformação de A em B é endotérmica. Esse equilíbrio foi estudado, realizando-se três experimentos.

Experimento	Condições
X	a 20 °C, sem catalisador
Y	a 100 °C, sem catalisador
Z	a 20 °C, com catalisador

O gráfico abaixo mostra corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, para o experimento X.



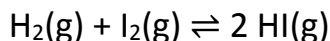
Examine os gráficos abaixo.



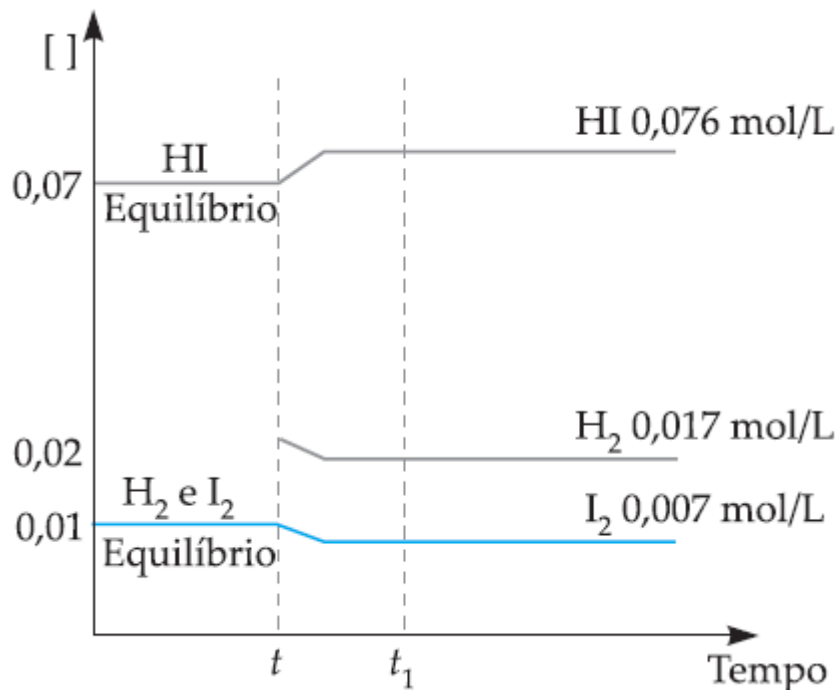
Aqueles que mostram corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, nos experimentos Y e Z são, respectivamente,

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e I.
- d) II e III.
- e) III e I.

04 (UNIUBE-MG) Dentro de um recipiente de 1 L, contendo inicialmente H₂(g) e I₂(g), ocorre o seguinte processo a 450 °C:

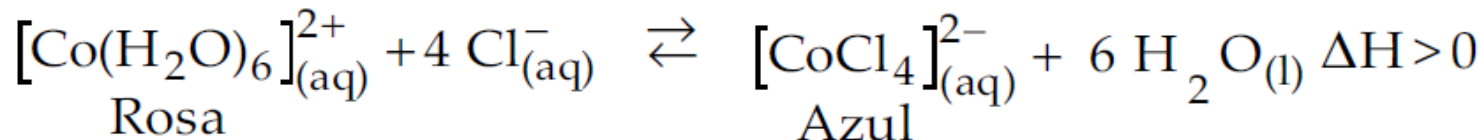


Com base em dados experimentais, foi construído o gráfico que mostra a variação das concentrações de H₂(g), I₂(g) e HI(g) em função do tempo.



- a) Analisando o gráfico, procure explicar o que ocorre entre os instantes t e t₁, sabendo que a temperatura e a pressão, durante o experimento, foram mantidas constantes.
 b) Calcule os valores da constante K_c nos instantes t e t₁. Justifique os resultados encontrados.

05 (UFSCAR-SP) Quando se dissolve cloreto de cobalto (II) em ácido clorídrico, HCl(aq), ocorre o seguinte equilíbrio:



À temperatura ambiente, a cor dessa solução é violeta.

- a) O que acontece com a cor da solução quando ela é aquecida? Justifique a resposta.
 b) O que acontece com a cor da solução quando se adiciona mais ácido clorídrico? Justifique a resposta.

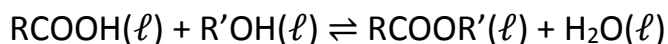
06 (Mauá) Considere a equação de equilíbrio entre os gases oxigênio e ozônio.



Justificando a resposta, dê o sentido do deslocamento do equilíbrio causado por:

- a) aumento da temperatura;
 b) diminuição da pressão.

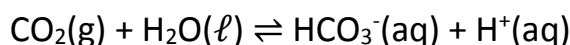
07 (UFRJ-RJ) A reação entre um ácido carboxílico e um álcool é chamada de esterificação e pode ser genericamente representada pela equação a seguir:



- Explique por que a adição de um agente desidratante aumenta a formação de éster.
- Em um recipiente de 1 litro, foram adicionados 1 mol de ácido e 1 mol de álcool. Sabendo que nestas condições $K_c = 4$, calcule a concentração de éster no equilíbrio.
- Se R é o radical propil e R' é o radical isopropil, dê o nome do éster formado.

08 (UNICAMP-SP) Água pura, ao ficar em contato com o ar atmosférico durante um certo tempo, absorve gás carbônico, CO_2 , o qual pode ser eliminado pela fervura.

A dissolução do CO_2 na água doce pode ser representada pela seguinte equação química:

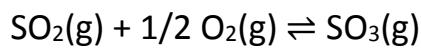


O azul de bromotimol é um indicador ácido-base que apresenta coloração amarela em soluções ácidas, verde em soluções neutras e azul em soluções básicas.

Uma amostra de água pura foi fervida e, em seguida, exposta ao ar durante longo tempo. A seguir, dissolveu-se nessa água o azul de bromotimol.

- Qual a cor resultante da solução?
- Justifique sua resposta.

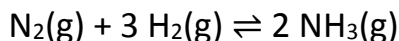
09 (VUNESP-SP) Em uma das etapas da fabricação do ácido sulfúrico ocorre a reação:



Sabendo-se que a constante de equilíbrio da reação diminui com o aumento da temperatura e que o processo de fabricação do ácido sulfúrico ocorre em recipiente fechado, conclui-se que a reação anterior

- é favorecida pelo aumento do volume do recipiente.
- é desfavorecida pelo aumento da pressão total exercida sobre o sistema.
- é exotérmica.
- não é afetada pelo aumento parcial de SO_3 .
- tem seu rendimento do equilíbrio que é estabelecido em presença de um catalisador.

10 (PUC-SP) O processo Haber-Bosch, para a síntese da amônia, foi desenvolvido no início desse século, sendo largamente utilizado hoje em dia. Nesse processo, a mistura de nitrogênio e hidrogênio gasosos é submetida a elevada pressão, na presença de catalisadores em temperatura de 500°C . A reação pode ser representada a seguir:

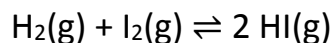


$\Delta H = -100 \text{ kJ}$; $P = 200 \text{ atm}$

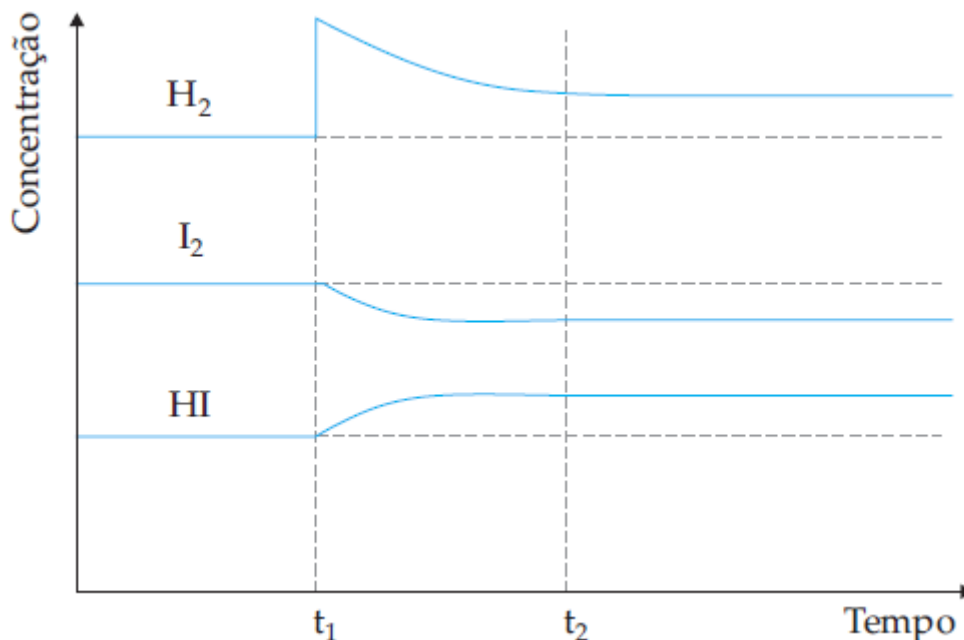
Com relação ao processo Haber-Bosch é **incorreto** afirmar que:

- a alta temperatura tem como objetivo aumentar a concentração de amônia obtida no equilíbrio.
- o uso do catalisador e a alta temperatura permitem que a reação ocorra em uma velocidade economicamente viável.
- a alta pressão desloca o equilíbrio no sentido de produzir mais amônia.
- o catalisador não influi na concentração final de amônia obtida após atingido o equilíbrio.
- para separar a amônia dos reagentes resfriam-se os gases, obtendo amônia líquida a -33°C , retornando o H_2 e o N_2 que não reagiram para a câmara de reação.

11 (CESGRANRIO-RJ) O gráfico a seguir refere-se ao sistema químico:



ao qual se aplica o Princípio de Le Chatelier.



Analise-o e assinale a opção correta.

- a) A adição de $\text{I}_2(\text{g})$ em t_1 aumentou a concentração de $\text{HI}(\text{g})$.
- b) A adição de $\text{H}_2(\text{g})$ em t_2 aumentou a concentração de $\text{I}_2(\text{g})$.
- c) A adição de $\text{H}_2(\text{g})$ em t_2 levou o sistema ao equilíbrio.
- d) A adição de $\text{H}_2(\text{g})$ em t_1 aumentou a concentração de $\text{HI}(\text{g})$.
- e) A adição de $\text{HI}(\text{g})$ em t_2 alterou o equilíbrio do sistema.

12 (UCDB-MS) O Prêmio Nobel de Medicina de 1988 foi concedido a três pesquisadores que mostraram a ação do óxido nítrico (NO) no organismo humano. Ele é formado pela decomposição do trióxido de nitrogênio, conforme o seguinte equilíbrio:



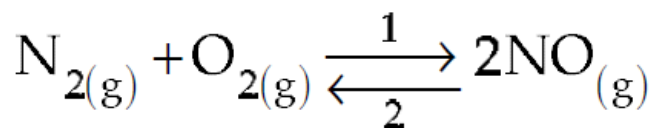
Sobre esta reação afirma-se o seguinte:

- I. O aumento da pressão desloca o equilíbrio para a esquerda.
- II. O aumento da concentração de NO desloca o equilíbrio para a esquerda.
- III. O aumento da pressão não altera o equilíbrio.
- IV. O aumento da pressão desloca o equilíbrio para a direita.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente I está correta.
- b) Somente I e II estão corretas.
- c) Somente II está correta.
- d) Somente III está correta.
- e) Somente III e IV estão corretas.

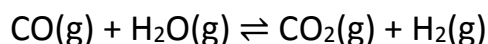
13 (PUC-PR) No seguinte sistema em equilíbrio químico, em que o sentido 1 significa a direção da reação endotérmica e sentido 2 significa a direção da reação exotérmica:



quando aumenta a temperatura acontece o seguinte fenômeno:

- a) o equilíbrio se desloca da direita para a esquerda.
- b) o equilíbrio se desloca da esquerda para a direita.
- c) o equilíbrio não se altera.
- d) há diminuição do volume do NO.
- e) há aumento do volume do N₂.

14 (UEL-PR) Considere o seguinte equilíbrio, estabelecido à temperatura T:



Sem alterar a temperatura, é possível aumentar a concentração de dióxido de carbono, deslocando o equilíbrio:

- I. acrescentando mais monóxido de carbono à mistura em equilíbrio.
- II. acrescentando um gás inerte à mistura em equilíbrio.
- III. aumentando a pressão da mistura em equilíbrio.

- a) Somente I é certa.
- b) Somente II é certa.
- c) Somente III é certa.
- d) Todas erradas.
- e) Outra combinação.

15 (UFPE-PE) Os antiácidos mais indicados devem ser aqueles que não reduzam demais a acidez no estômago. Quando a redução da acidez é muito grande, o estômago secreta excesso de ácido. Este efeito é conhecido como a "revanche ácida". Qual dos itens abaixo poderia ser associado a esse efeito?

- a) A Lei da Conservação da Energia.
- b) O Princípio da Exclusão de Pauli.
- c) O Princípio de Le Chatelier.
- d) O Primeiro Princípio da Termodinâmica.
- e) O Princípio da Incerteza de Heisenberg.

16 (UFRN-RN) Indique em qual das reações abaixo o aumento de pressão deslocará o equilíbrio para a direita:

1. $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(g)$
2. $\text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(s)$
3. $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$

- a) 1, 2, 3
- b) 1, 2
- c) 1, 3
- d) 2, 3
- e) Todas as reações estarão deslocadas à esquerda.

17 (UCDB-MS) No equilíbrio $2 \text{NOCl}(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g)$, o valor da constante K_c é $4,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$. Com o aumento da concentração de NO, mantendo-se $T = \text{cte}$:

- a) o valor de K_c aumenta.
- b) o valor de K_c diminui.
- c) o equilíbrio se desloca para o sentido da formação dos produtos.
- d) não há deslocamento de equilíbrio.
- e) o valor de K_c não se altera.

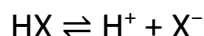
18 (VUNESP-SP) O equilíbrio gasoso representado pela equação:



é deslocado no sentido de formação de NO, se:

- a) a pressão for abaixada.
- b) N_2 for retirado do sistema.
- c) a temperatura for aumentada.
- d) for adicionado um catalisador sólido ao sistema.
- e) o volume do recipiente for diminuído.

19 (UFPI-PI) Um determinado indicador HX, em solução aquosa, apresenta o seguinte equilíbrio:

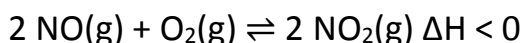


onde HX possui cor azul e X^- , cor amarela.

Para tornar a solução azulada, deveríamos adicionar:

- a) NH_3
- b) HCl
- c) NaOH
- d) H_2O
- e) NaCl

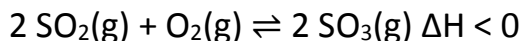
20 (UNIRIO-RJ) Abaixo é apresentada uma reação química em equilíbrio:



Com o objetivo de deslocar esse equilíbrio no sentido da formação de dióxido de nitrogênio, deve-se:

- a) diminuir a pressão e a temperatura.
- b) aumentar a pressão e a temperatura.
- c) aumentar a pressão e diminuir a temperatura.
- d) aumentar a pressão e diminuir as concentrações de NO e O_2 .
- e) aumentar a temperatura e as concentrações de NO e O_2 .

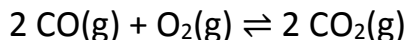
21 (UCDB-MS) Na preparação do ácido sulfúrico, em uma das etapas do processo ocorre a seguinte reação de equilíbrio:



Para aumentar o rendimento da reação, é conveniente:

- a) aumentar a temperatura e a pressão sobre o sistema.
- b) diminuir a temperatura e a pressão sobre o sistema.
- c) diminuir a temperatura e aumentar a pressão sobre o sistema.
- d) aumentar a temperatura e diminuir a pressão sobre o sistema.
- e) deixar a temperatura constante e diminuir a pressão sobre o sistema.

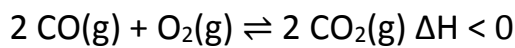
22 (CESGRANRIO-RJ) O decréscimo da massa do monóxido de carbono no sistema em equilíbrio:



pode ser obtido através da seguinte modificação imposta ao sistema:

- a) decréscimo na pressão total, à temperatura constante.
- b) aquecimento da mistura gasosa, à pressão constante.
- c) adição de um catalisador sólido.
- d) adição de hidróxido de sódio sólido.
- e) adição de dióxido de carbono gasoso.

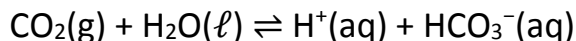
23 (UFG-GO) Com relação ao equilíbrio estabelecido:



se, separadamente:

- a) aumentarmos a pressão, à temperatura constante;
 - b) adicionarmos LiOH (adsorvente de CO_2);
 - c) diminuirmos a temperatura, à pressão constante;
 - d) adicionarmos um catalisador, haverá deslocamento do equilíbrio?
- Se houver, diga, para cada alteração, como ele se efetuará.

24 (UNIFOR-CE) O equilíbrio químico:



pode ser deslocado para a direita pela adição de:

- a) hidróxido de sódio.
- b) ácido clorídrico.
- c) benzeno.
- d) sacarose.
- e) nitrato de potássio.

25 (Unicamp-SP) A reação de transformação do dióxido de carbono em monóxido de carbono, representada pela equação abaixo, é muito importante em alguns processos metalúrgicos.



A constante de equilíbrio dela pode ser expressa, em termos de pressões parciais, como: $K_p = \frac{(\text{pCO})^2}{(\text{pCO}_2)}$

Qual é o efeito sobre este equilíbrio quando se:

- adiciona carbono sólido?
- aumenta a temperatura?
- introduz um catalisador?

Justifique suas respostas.

26 (UFC-CE) No estudo da ação do gás venenoso COCl_2 , usado como arma química, observa-se o processo de decomposição do mesmo de acordo com a reação:



Partindo de uma situação de equilíbrio, adicionou-se 0,10 mol de CO e o sistema, após algum tempo, chegou a uma nova situação de equilíbrio.

Marque a opção que indica como as novas concentrações do equilíbrio estão relacionadas com as antigas.

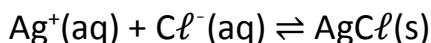
	[COCl ₂]	[CO]	[Cl ₂]
a)	nova > antiga	nova > antiga	nova < antiga
b)	nova > antiga	nova > antiga	nova > antiga
c)	nova < antiga	nova > antiga	nova < antiga
d)	nova > antiga	nova < antiga	nova < antiga
e)	mesma	mesma	mesma

27 (ITA-SP) As opções abaixo referem-se a equilíbrios químicos que foram estabelecidos dentro de cilindros providos de êmbolos.

Se o volume interno em cada cilindro for reduzido à metade, à temperatura constante, em qual das opções abaixo o ponto de equilíbrio será alterado?

- $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$
- $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- $\text{PbS}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g})$
- $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$

28 (ITA-SP) Num copo, estabelece-se o seguinte equilíbrio heterogêneo:



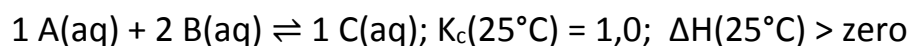
Com relação à possibilidade de se deslocar este equilíbrio para a direita, mantendo-se a temperatura constante, são feitas as seguintes sugestões:

- I. acrescentar $\text{AgCl}(\text{s})$;
- II. retirar uma parte do $\text{AgCl}(\text{s})$;
- III. acrescentar um pouco de $\text{NaCl}(\text{s})$;
- IV. acrescentar água;
- V. evaporar parte da água;

Das sugestões acima, irá (irão) deslocar, efetivamente, o equilíbrio no sentido desejado apenas:

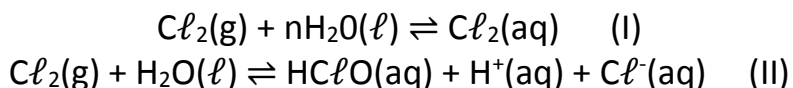
- a) III.
- b) I e IV.
- c) II e III.
- d) III e V.
- e) II, III e V.

29 (ITA-SP) Qual das opções abaixo contém a afirmação correta a respeito de uma reação química representada pela equação:



- a) O valor de K_c independe da temperatura.
- b) Mantendo-se a temperatura constante (25°C), K_c terá valor igual a 1,0, independentemente da concentração de A e/ou de B.
- c) Como o valor da constante de equilíbrio não é muito grande, a velocidade da reação nos dois sentidos não pode ser muito grande.
- d) Mantendo-se a temperatura constante (25°C), a adição de água ao sistema reagente não desloca o ponto de equilíbrio da reação.
- e) Mantendo-se a temperatura constante (25°C), o ponto de equilíbrio da reação não é deslocado pela duplicação da concentração de B.

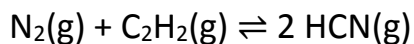
30 (UNICAMP-SP) Com a finalidade de esterilização, o gás cloro, Cl_2 , é dissolvido na água destinada ao consumo humano. As reações que ocorrem podem ser representadas por:



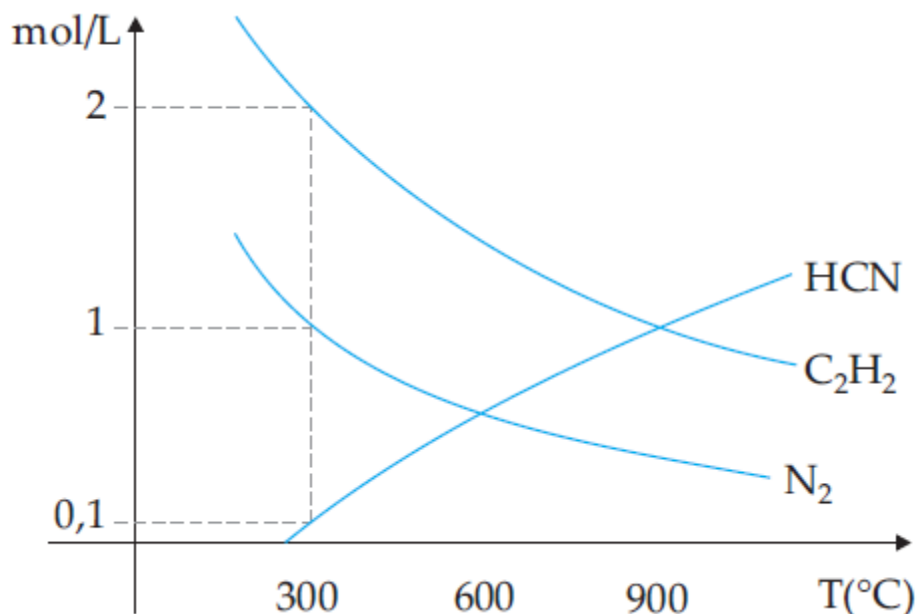
Obs.: $n\text{H}_2\text{O}(\ell)$ indica uma grande quantidade de água.

A adição de hidróxido de sódio, NaOH , à água, alterará a quantidade de $\text{Cl}_2(\text{g})$ que nela se dissolve? Justifique.

31 (UFRJ-RJ) Um método de produção de cianeto de hidrogênio é a nitrogação do acetileno em fase gasosa, de acordo com a equação:

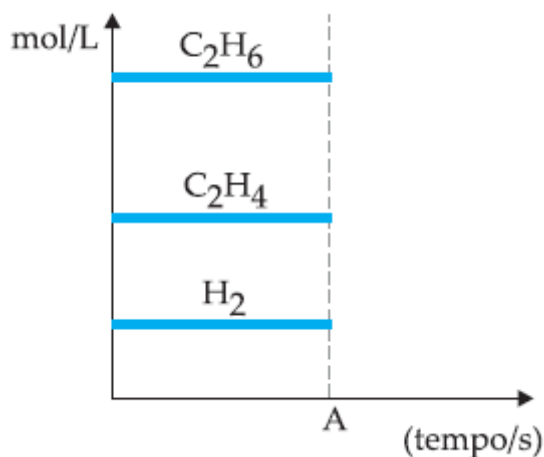
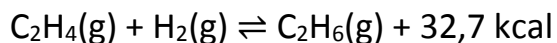


O diagrama a seguir indica os valores das concentrações (em mol/L) dos compostos N_2 , C_2H_2 e HCN em equilíbrio, a várias temperaturas diferentes, e mostra que a temperaturas distintas correspondem diferentes condições de equilíbrio.



- Determine a constante de reação K_c da equação de formação de HCN , à temperatura de 300°C .
- Explique por que a reação de produção de HCN é endotérmica.
- Um aumento de Pressão ($T = \text{cte}$) afetará o equilíbrio? Justifique.

32 (FUVEST-SP) A figura abaixo representa o sistema em equilíbrio:



- Complete a figura, a partir do instante A, observando o efeito de uma diminuição na temperatura do sistema em equilíbrio.
- Qual o princípio utilizado?

33 (VUNESP-SP) Os corais, animais marinhos encontrados unicamente em mares tropicais, são dotados de um esqueleto formado por carbonato de cálcio. O carbonato de cálcio é capaz de reagir com água e com o gás carbônico nela dissolvido, para formar o sal solúvel bicarbonato de cálcio.

a) Escreva a equação balanceada de dissolução de carbonato de cálcio, segundo a reação mencionada, indicando o estado físico de cada reagente.

b) Sabendo que a dissolução de dióxido de carbono em água é um processo exotérmico, justifique por que não existem corais em mares frios.

34 (UFRJ-RJ) Na fabricação de cerveja, adiciona-se gás carbônico durante o processo de engarrafamento (parte do CO₂ já é produzida durante a fermentação). Isto faz com que o produto final apresente uma acidez maior. Por outro lado, o CO₂ em solução fica em equilíbrio com o CO₂, não-solubilizado, como representado a seguir:



Suponha que a geração de espuma esteja relacionada à quantidade de gás liberado durante a abertura da garrafa de cerveja. Se duas cervejas são abertas no mesmo bar, uma a 6°C e outra a 25°C, qual apresentará a maior quantidade de espuma? Justifique sua resposta.

Explique por que o CO₂, em solução aquosa, pode ser considerado um ácido.

35 (FATEC-SP) Na decomposição:

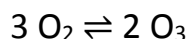


Explique o que acontece com a constante de equilíbrio K e que alterações sofrerá o equilíbrio químico se:

a) diminuirmos a temperatura do sistema;

b) aumentarmos o volume do recipiente onde ocorre o equilíbrio químico.

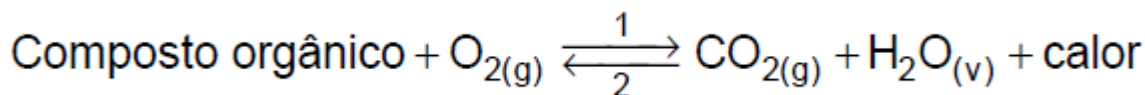
36 (UNICAMP-SP) Na alta atmosfera ou em laboratório, sob a ação de radiações eletromagnéticas (ultravioleta, ondas de rádio etc.), o ozônio é formado através da reação endotérmica:



a) O aumento da temperatura favorece ou dificulta a formação do ozônio?

b) E o aumento da pressão? Justifique as respostas.

37 (UFRJ) Uma das causas de incêndios em florestas é a combustão espontânea dos compostos orgânicos, genericamente representada pela equação abaixo:



Observe que o deslocamento do ponto de equilíbrio da reação pode tornar a combustão mais intensa.

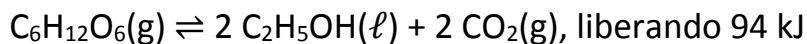
Dois fatores, entre outros, que podem contribuir para tal fato são:

1º) o aumento da pressão parcial do O₂(g);

2º) a baixa umidade relativa do ar em dias quentes.

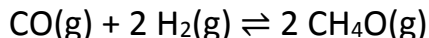
Explique por que esses dois fatores deslocam o equilíbrio da equação no sentido da combustão.

38 (Mauá-SP) A produção de cerveja baseia-se na fermentação de carboidratos (cevada, malte, etc), pela ação de leveduras, obtendo-se etanol. O processo total pode ser representado pela equação de reação exotérmica:



Em cervejarias, os vasos de fermentação são atravessados por tubos de cobre, por onde passa água para resfriar a mistura durante o processo. Exponha o motivo desse resfriamento.

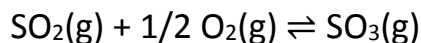
39 (Mauá-SP) A constante de equilíbrio em termos de pressão (K_p) para o sistema:



é $1,5 \cdot 10^{-3}$ e $3,1 \cdot 10^{-4}$ a 260°C e 300°C , respectivamente.

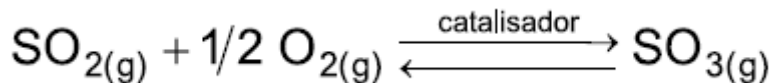
Pergunta-se: o processo de síntese indicado é exotérmico? Por quê?

40 (UNICAMP-SP) Num recipiente fechado, é realizada a seguinte reação à temperatura constante:



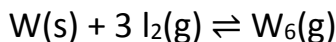
- a) Sendo V_1 a velocidade da reação direta e V_2 a velocidade da reação inversa, qual a relação V_1/V_2 no equilíbrio?
b) Se o sistema for comprimido mecanicamente, ocasionando um aumento de pressão, o que acontecerá com o número total de moléculas?

41 (FUVEST-SP) A obtenção de $\text{SO}_3(\text{g})$ pode ser representada por:



A formação de $\text{SO}_3(\text{g})$, por ser exotérmica, é favorecida a baixas temperaturas (temperatura ambiente). Entretanto, na prática, a obtenção de $\text{SO}_3(\text{g})$, a partir de $\text{SO}_2(\text{g})$ e $\text{O}_2(\text{g})$, é realizada a altas temperaturas (420°C). Justifique esta aparente contradição.

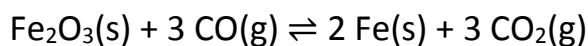
42 (UNICAMP-SP) Nas lâmpadas comuns, quando estão acesas, o tungstênio do filamento sublima, depositando-se na superfície interna do bulbo. Nas chamadas “lâmpadas halógenas” existe, em seu interior, iodo para diminuir a deposição de tungstênio. Estas, quando acesas, apresentam uma reação de equilíbrio que pode ser representada por:



Na superfície do filamento (região de temperatura elevada), o equilíbrio está deslocado para a esquerda. Próximo à superfície do bulbo (região mais fria), o equilíbrio está deslocado para a direita.

- a) Escreva a expressão para a constante de equilíbrio.
b) A formação do $\text{W}_6(\text{g})$, a partir dos elementos, conforme a equação acima, é exotérmica ou endotérmica? Justifique a resposta.

43 (VUNESP-SP) A obtenção de ferro metálico a partir de um minério envolve a etapa de equilíbrio representada pela equação



- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio da reação.
b) Discuta o efeito da retirada de ferro metálico sobre a posição do equilíbrio, quando a reação é realizada em condições de temperatura e volume constantes.

44 (UNICAMP-SP) O CoCl_2 é um sal de cor azul que se hidrata facilmente, passando a $\text{CoCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, de cor rosa. Enfeites como “gatinhos”, “galinhos” e outros bibelôs são recobertos com esse sal e mudam de cor em função da umidade do ar.

- a) Escreva a equação química que representa o equilíbrio entre o sal anidro e o hidratado.
b) Indique qual a cor dos bibelôs em função do tempo úmido ou seco. Justifique.

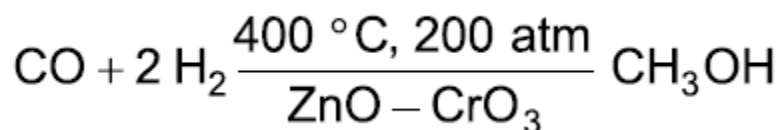
45 (VUNESP-SP) Há dois sistemas gasosos em equilíbrio, cujas constantes de equilíbrio são dadas pelas expressões (I) e (II):

$$\frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]} \quad (\text{I}) \quad \frac{[\text{CH}_4] \cdot [\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{CS}_2] \cdot [\text{H}_2]^4} \quad (\text{II})$$

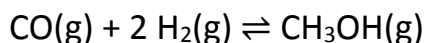
Nessas condições:

- a) escreva a equação química para cada um dos sistemas em equilíbrio;
b) qual será o efeito do aumento de pressão sobre cada um dos sistemas? Justifique.

46 (UFRJ-RJ) O metanol, usado como aditivo do álcool combustível, apresenta uma toxidez mais acentuada que o seu homólogo etanol, e pode provocar náusea, vômito, perturbação visual e mesmo cegueira. O metanol é produzido industrialmente pela hidrogenação do monóxido de carbono, em um processo de altíssima eficiência, conforme a equação:

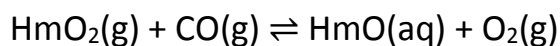


Em condições mais brandas de temperatura e pressão, e na ausência de catalisador, a conversão em metanol diminui consideravelmente, fazendo que o processo deixe de ter interesse industrial. Para essa nova situação, a equação pode ser representada por:



- a) Aumentando-se a pressão total do sistema, o equilíbrio se desloca no sentido da formação do metanol. Justifique essa afirmativa.
b) Qual é a expressão da constante de equilíbrio (K_c) dessa reação?

47 (UFFS-BA) O equilíbrio entre a hemoglobina, Hm, o monóxido de carbono e o oxigênio pode ser representado pela equação:



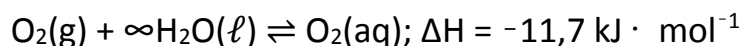
sendo a constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[\text{HmCO}] \cdot [\text{O}_2]}{[\text{HmO}_2] \cdot [\text{CO}]} = 210$$

A partir dessa informação, pode-se afirmar:

1. O CO é perigoso, porque forma uma espécie mais estável com a hemoglobina que o O₂.
2. O valor 210 significa que a reação ocorre mais no sentido dos reagentes.
3. O CO seria um veneno mais perigoso, se K_c fosse menor que 1.
4. O envenenamento pode ser evitado, diminuindo-se a concentração do O₂.
5. A reação desloca-se para a direita, retirando-se o CO.

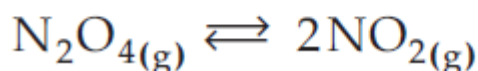
48 (Unicamp-SP) O processo de dissolução do oxigênio do ar na água é fundamental para a existência de vida no planeta. Ele pode ser representado pela seguinte equação química:



Observação: O símbolo ∞ significa grande quantidade de substância.

- a) Considerando que a altitude seja a mesma, em que lago há mais oxigênio dissolvido: em um de águas a 10°C ou em outro de águas a 25°C? Justifique.
- b) Considerando uma mesma temperatura, onde há mais oxigênio dissolvido, em um lago no alto da cordilheira dos Andes ou em outro em sua base? Justifique.

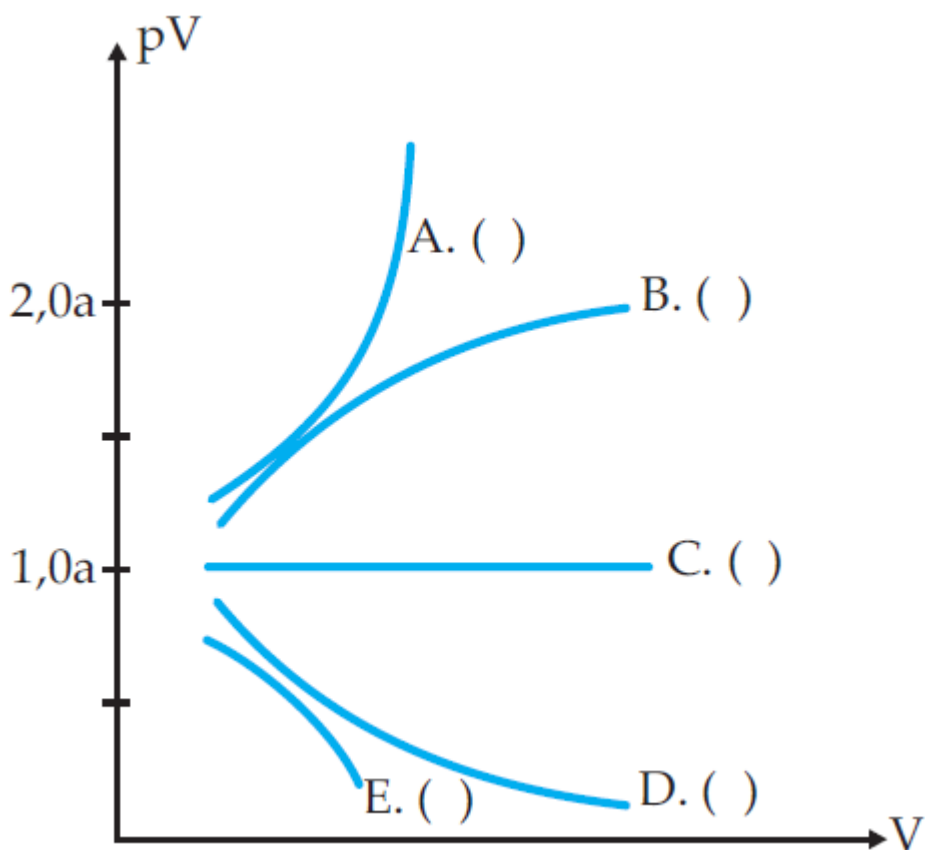
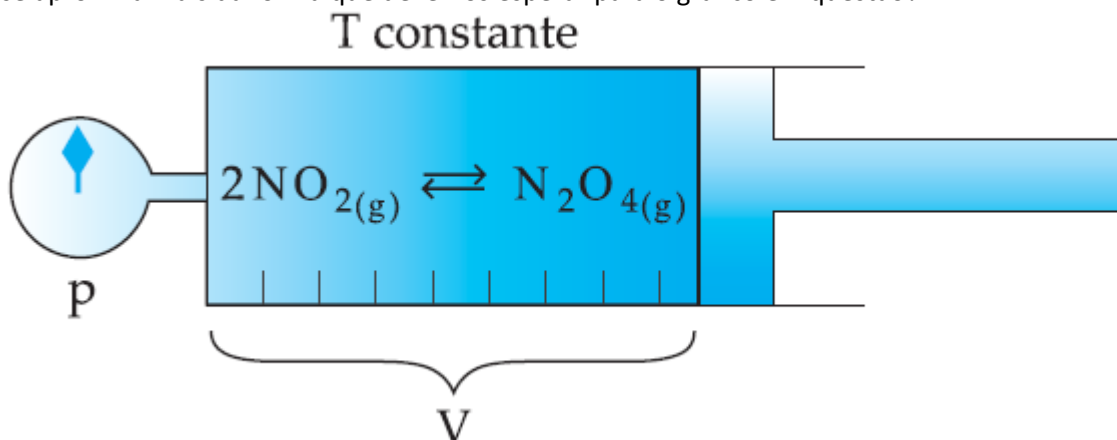
49 (UCB-DF) Num cilindro com pistão móvel, provido de torneira, conforme a figura, estabeleceu-se o equilíbrio abaixo, sendo que a temperatura foi mantida constante.



De acordo com os dados apresentados e seus conhecimentos sobre equilíbrio químico, assinale V para as alternativas verdadeiras e F para as falsas.

- 1- () Reduzir o volume, por deslocamento do pistão, acarretará maior produção de NO₂(g) dentro do cilindro.
- 2- () Introduzir mais NO₂(g) pela torneira, o pistão permanecendo fixo, acarretará maior produção de N₂O₄(g) dentro do cilindro.
- 3- () Introduzir mais N₂O₄(g) pela torneira, o pistão permanecendo fixo, acarretará um deslocamento do equilíbrio no sentido direto, de formação de NO₂(g), até o mesmo ser restabelecido.
- 4- () Aumentar o volume, por deslocamento do pistão, acarretará um deslocamento do equilíbrio para a esquerda, havendo maior produção de N₂O₄(g).
- 5- () Introduzir ar pela torneira, o pistão permanecendo fixo, não desloca o equilíbrio porque nenhum de seus componentes participa da reação.

50 (ITA-SP) Sob temperatura constante, um cilindro graduado provido de pistão móvel e manômetro, conforme mostrado na figura abaixo, contém uma mistura gasosa de N_2O_4 e NO_2 em equilíbrio. Para cada nova posição do pistão, esperamos o equilíbrio restabelecer e anotamos os valores de p e V . Feito isso, fazemos um gráfico do produto pV versus V . Qual das curvas abaixo se aproxima mais da forma que devemos esperar para o gráfico em questão?



GABARITO

01-

- a) N_2O_4 é reagente; como o princípio de Le Chatelier diz que o equilíbrio será deslocado no sentido de consumo de reagente, a mistura escurecerá, devido ao aumento de NO_2 .
- b) NO_2 é o produto; neste caso retira-se o gás castanho, mas este é gerado pelo deslocamento do equilíbrio, que tende a repor o produto. Ou seja, parte do N_2O_4 é convertida em NO_2 . Como a concentração de NO_2 diminuiu, a cor ficará mais clara.
- c) Gases inertes (que não estão envolvidos na equação de equilíbrio) nada afetam o equilíbrio. Portanto, na admissão de gás nitrogênio, houve aumento de pressão total, mas a cor permanece inalterada.
- d) Redução de temperatura desloca o equilíbrio no sentido exotérmico. Como a reação está escrita no sentido endotérmico, o equilíbrio será deslocado no sentido de formação de N_2O_4 . Portanto, a mistura ficará mais clara.

02- Alternativa A

I) (V) A expressão matemática da constante de equilíbrio é $K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2].[Cl_2]}$

II) (V) Retirando-se HCl , o equilíbrio desloca-se no sentido 1.

III) (F) Aumentando-se a pressão total, o equilíbrio não será deslocado pois a variação do número de mols é zero.

IV) (F) Adicionando-se um catalisador, o equilíbrio não será deslocado.

V) (F) Retirando-se H_2 , o equilíbrio desloca-se no sentido 2.

03- Alternativa C

y = aumento da temperatura, desloca o equilíbrio para os produtos, aumentando a [B] e diminuindo a [A] no equilíbrio.

z = a adição de catalisador somente diminui o tempo para atingir o equilíbrio.

04-

a) Entre t e t_1 ocorre aumento na concentração de H_2 , deslocando o equilíbrio para os produtos.

b) $K_c \cong 49$ em t e t_1 . A variação na concentração não altera o valor de K_c .

05-

a) Havendo aquecimento, o equilíbrio desloca-se para o lado direito, pois o aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, e a solução passa a adquirir a cor azul, devido a um aumento da concentração da espécie $[CoCl_4]^{2-}(aq)$.

b) Ao adicionarmos mais ácido clorídrico (HCl), estaremos aumentando a concentração molar de Cl^- (efeito do íon comum); o equilíbrio se deslocará para o lado direito, e a solução irá adquirir a cor azul.

06-

a) Desloca equilíbrio para a direita, no sentido da reação endotérmica.

b) Desloca equilíbrio para a esquerda, no sentido do maior volume gasoso.

07-

a) O agente desidratante retira água, deslocando o equilíbrio no sentido da produção de éster.

b)

	$R\text{COOH} + R'\text{OH} \rightleftharpoons R\text{COOR}' + \text{H}_2\text{O}$			
Início	1 mol/L	1 mol/L	0	0
Reage	x mol/L	x mol/L	x mol/L	x mol/L
Equilíbrio	(1-x) mol/L	(1-x) mol/L	x mol/L	x mol/L

$$K_c = \frac{[R\text{COOR}'] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[R\text{COOH}] \cdot [R'\text{OH}]}$$

$$4 = \frac{(x) \cdot (x)}{(1-x) \cdot (1-x)} \Rightarrow \sqrt{4} = \sqrt{\frac{x^2}{(1-x)^2}} \Rightarrow 2 = \frac{x}{1-x} \Rightarrow x = 2/3 \text{ mol}$$

c) butanoato de isopropila

08-

a) Cor amarela pois o equilíbrio apresenta caráter ácido devido a presença dos íons H^+ .

b) A água exposta ao ar absorve gás carbônico. O CO_2 absorvido reage com a água produzindo íons H^+ que torna amarelo o azul de bromotimol.

09- Alternativa C

Sabendo-se que a constante de equilíbrio da reação diminui com o aumento da temperatura, com isso concluímos que a reação de fabricação do ácido sulfúrico é favorecida pela diminuição de temperatura, ou seja, é exotérmica.

10- Alternativa A

A temperatura elevada desloca-se no sentido endotérmico (para a esquerda), diminuindo a concentração de NH_3 .

11- Alternativa D

No tempo t_1 , a adição de H_2 deslocou o equilíbrio para a direita, ou seja, consumo de I_2 e formação de HI .

12- Alternativa B

(V) I. aumento de pressão (desloca para a esquerda), menor volume.

(V) II. aumento do NO , desloca para a esquerda, lado do consumo de NO .

(F) III. há variação de volume.

(F) IV. vide item I.

13- Alternativa B

O aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, ou seja, desloca o equilíbrio para a direita (sentido 1) formando mais NO .

14- Alternativa A

Para aumentar a concentração de dióxido de carbono, ou seja, desloca do equilíbrio para a direita:

I. (V) acrescentando mais monóxido de carbono à mistura em equilíbrio.

II. (F) acrescentando um gás inerte à mistura em equilíbrio, o equilíbrio não é alterado.

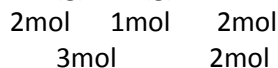
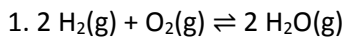
III. (F) aumentando a pressão da mistura em equilíbrio, o equilíbrio não é alterado pois a variação do número de mols é nula.

15- Alternativa C

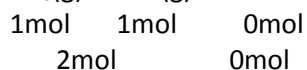
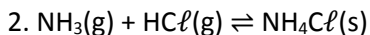
Efeito "revanche ácida": Quando se ingere um antiácido, o mesmo vai consumir o ácido do suco gástrico, com isso o sistema nervoso central recebe a informação do que o ácido do suco gástrico está acabando e manda produzir mais ácido para repor o ácido consumido (Princípio da ação e reação – Le Chatelier).

16- Alternativa B

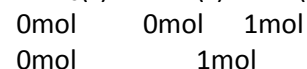
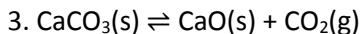
Aumentando a pressão o equilíbrio será deslocado no sentido onde há uma diminuição do número de mols (contração de volume):



↑pressão: \longrightarrow



↑pressão: \longrightarrow



↑pressão: \longleftarrow

17- Alternativa E

Constante do equilíbrio só é afetada por alteração de temperatura.

18- Alternativa C

A reação de formação de NO é endotérmica, ou seja, favorecida pelo aumento de temperatura.

19- Alternativa B

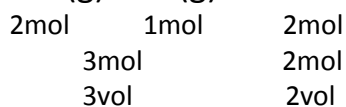
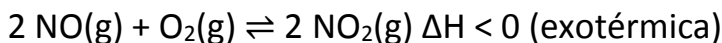
Para tornar a solução azulada deveremos deslocar o equilíbrio para a esquerda com a adição de um ácido. A adição do ácido aumenta a concentração dos íons H^+ do equilíbrio, pelo efeito do íon comum, deslocando-o para a esquerda predominando a coloração azul.

20- Alternativa C

Para deslocar o equilíbrio para a direita deveremos:

Aumentar a pressão (desloca o equilíbrio no sentido onde o volume é menor)

Diminuir a temperatura que favorece a reação exotérmica (reação direta)

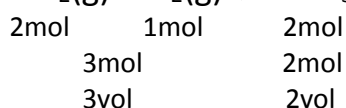
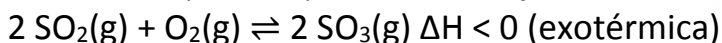


21- Alternativa C

Para deslocar o equilíbrio para a direita (aumentar o rendimento da reação) deveremos:

Aumentar a pressão (desloca o equilíbrio no sentido onde o volume é menor)

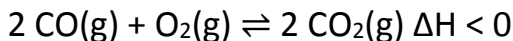
Diminuir a temperatura que favorece a reação exotérmica (reação direta)



22- Alternativa D

A adição de NaOH consome CO_2 (óxido ácido) do equilíbrio, deslocando-o para a direita, provocando um decréscimo na concentração de CO: $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

23-



2mols	1mol	2mols
3mol		2mols
3vol		2vol

a) aumentarmos a pressão, à temperatura constante; \longrightarrow

O aumento da pressão desloca o equilíbrio onde há contração de volume

b) adicionarmos LiOH (adsorvente de CO₂); \longrightarrow

LiOH consome o CO₂ (óxido ácido) do equilíbrio, deslocando-o para a direita: $2 \text{LiOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

c) diminuirmos a temperatura, à pressão constante; \longrightarrow

A diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica ($\Delta H < 0$)

d) adicionarmos um catalisador, haverá deslocamento do equilíbrio? O equilíbrio não será deslocado

Catalisador diminui o tempo em que o equilíbrio será estabelecido.

24- Alternativa A

A adição dos íons OH⁻ provenientes da base, consomem os íons H⁺ do equilíbrio, deslocando-o para a direita.

25-

a) adiciona carbono sólido? O equilíbrio não será deslocado pois a concentração do sólido é constante.

b) aumenta a temperatura? O aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, deslocando o equilíbrio para a direita.

c) introduz um catalisador? O equilíbrio não será deslocado, pois o catalisador atua de forma idêntica na reação direta e na reação inversa, sendo que o equilíbrio é atingido num tempo menor.

26- Alternativa A

A adição de CO consome a substância Cl₂ do equilíbrio, diminuindo a concentração de Cl₂, deslocando o equilíbrio para a esquerda produzindo mais COCl₂, aumentando a concentração de COCl₂.

27- Alternativa B

Se o volume for reduzido à metade, a pressão sobre o sistema dobrará, e com isso o equilíbrio será deslocado no sentido onde há uma diminuição do volume (menor número de mols).

28- Alternativa D

I. acrescentar AgCl(s);

O equilíbrio não será deslocado pois a concentração do sólido se mantém constante (sal insolúvel).

II. retirar uma parte do AgCl(s);

O equilíbrio não será deslocado pois a concentração do sólido se mantém constante (sal insolúvel).

III. acrescentar um pouco de NaCl(s);

O NaCl (sal solúvel) em presença de água se dissocia em íons Na⁺ e Cl⁻, desta forma aumenta a concentração de íons Cl⁻ do equilíbrio, deslocando-o para a direita.

IV. acrescentar água;

Não deslocará o equilíbrio.

V. evaporar parte da água;

Quando a água evaporar, a solubilidade do AgCl diminuirá favorecendo a sua precipitação, ou seja, deslocando o equilíbrio para a direita.

29- Alternativa B

Constante do equilíbrio (K_c) modifica somente por alteração de temperatura.

30-

A presença dos íons OH^- da base NaOH consomem os íons H^+ do equilíbrio II, deslocando-o para a direita, ocorrendo um consumo de $\text{Cl}_2(\text{aq})$ com diminuição da concentração. Como as duas reações estão relacionadas, o equilíbrio I será deslocado para a direita para repor o $\text{Cl}_2(\text{aq})$ consumido e com isso haverá uma diminuição da concentração de $\text{Cl}_2(\text{g})$ para repor o $\text{Cl}_2(\text{aq})$ consumido.

31-

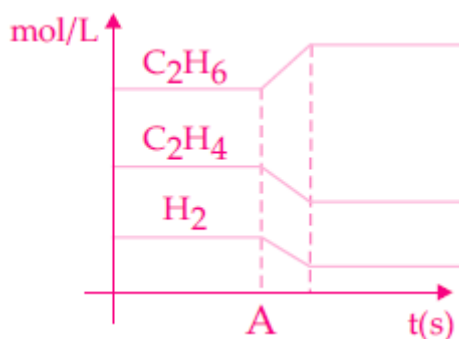
$$\text{a) } K_c = \frac{[\text{HCN}]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{C}_2\text{H}_2]} = \frac{(0,1)^2}{(1,0) \cdot (2,0)} = 5 \cdot 10^{-3}$$

b) Pela análise do gráfico, observamos que a produção do HCN é favorecida pelo aumento de temperatura que por sua vez beneficia a reação endotérmica.

c) O aumento de pressão sobre o sistema não deslocará o equilíbrio pois a variação de volume é nula.

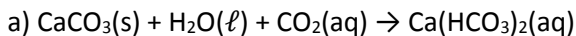
32-

a) Uma diminuição na temperatura desloca o equilíbrio no sentido exotérmico (para a direita), formação do etano e consumo do C_2H_4 e H_2 .

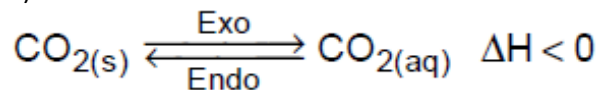


b) Princípio de Le Chatelier.

33-



b)

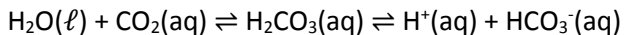


Uma diminuição da temperatura desloca o equilíbrio para a direita, $\text{CO}_2(\text{aq})$, facilitando a formação de bicarbonato solúvel (item a).

34-

A formação de espuma é devido a liberação de $\text{CO}_2(\text{g})$, ou seja, o equilíbrio químico é deslocado para a esquerda, favorecido pelo aumento de temperatura (reação endotérmica). Desta forma, podemos afirmar que houve maior formação de espuma na temperatura de 25°C .

A solução aquosa de CO_2 é ácida devido a reação com a água formando ácido carbônico:



35-

a) A diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica, deslocando o equilíbrio para a esquerda produzindo mais H_2 , aumentando sua concentração e diminuindo o valor da constante do equilíbrio que é inversamente proporcional à

$$\text{concentração de } \text{H}_2: \downarrow K_c = \frac{[\text{H}]^2}{\uparrow [\text{H}_2]}$$

b) A constante do equilíbrio não será alterada. Constante do equilíbrio só modifica com a alteração de temperatura.

36-

a) O aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, ou seja, desloca o equilíbrio para a direita, favorecendo a formação do O_3 .

b) O aumento de pressão desloca o equilíbrio no sentido onde há uma contração de volume (menor número de mols), ou seja, para a direita favorecendo a formação do O_3 .

37-

1º) Aumento da concentração de O_2 no foco do incêndio quando está ventando, favorece a reação de combustão consumindo o composto orgânico mais rapidamente.

2º) Baixa umidade relativa do ar, diminui a concentração de vapor de água na atmosfera e também no equilíbrio, deslocando-o para a direita, favorecendo a combustão.

38-

A diminuição da temperatura (resfriamento) favorece a reação exotérmica (para a direita), produzindo álcool etílico e CO_2 em maior concentração.

39-

O processo é exotérmico, pois o aumento de temperatura desloca o equilíbrio no sentido dos reagentes, já que a constante de equilíbrio (K_p) diminuiu.

40-

a) Quando o equilíbrio é estabelecido, a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa, sendo assim

$$\text{temos: } \frac{V_1}{V_2} = 1$$

b) Um aumento de pressão ($T = \text{cte}$) desloca o equilíbrio no sentido de menor volume (para a direita), ou seja, diminuirá o número de moléculas.

41-

Embora um aumento de temperatura favoreça a reação endotérmica (para a esquerda), o novo equilíbrio é alcançado mais rapidamente, pois um aumento de temperatura aumenta a velocidade da reação.

42-

$$a) K_p = \frac{(pWI_6)}{(pI_2)^3} \text{ e } K_c = \frac{[WI_6]}{[I_2]^3}$$

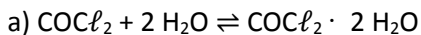
b) O aumento da temperatura desloca o equilíbrio para os produtos (sentido da reação endotérmica).

43-

$$a) K_p = \frac{(pCO_2)^3}{(CO)^3} \text{ e } K_c = \frac{[CO_2]^3}{[CO]^3}$$

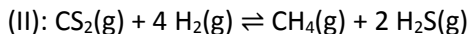
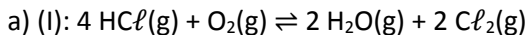
b) Como a $Fe(\text{sólido}) = \text{cte}$, o equilíbrio não será afetado; $(P, T) = \text{cte}$.

44-



b) Tempo seco = azul, desloca o equilíbrio para a esquerda; tempo úmido = rosa, desloca o equilíbrio para a direita.

45-



b) Ambos terão o equilíbrio deslocado no sentido dos produtos (menor volume).

46-

a) Aumentando-se a pressão, o equilíbrio se desloca no sentido de menor volume (para a direita), ou seja, formação do metanol.

$$b) K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2}$$

47-

V, F, F, F, F

48-

a) A 10°C, pois, como a dissolução é exotérmica, uma diminuição de temperatura desloca o equilíbrio para a direita (maior solubilidade do O₂(aq)).

b) Em sua base, pois a pressão atmosférica é maior e desloca o equilíbrio para a direita (menor volume), aumentando a solubilidade do O₂(aq).

49-

1- (F) Reduzir o volume, através do aumento de pressão, por deslocamento do pistão, desloca o equilíbrio no sentido onde há uma diminuição do número de mols, ou seja, para a esquerda, acarretará maior produção de N₂O₄(g) dentro do cilindro.

2- (V) Introduzir mais NO₂(g) pela torneira, o pistão permanecendo fixo, acarretará maior produção de N₂O₄(g) dentro do cilindro.

3- (V) Introduzir mais N₂O₄(g) pela torneira, o pistão permanecendo fixo, acarretará um deslocamento do equilíbrio no sentido direto, de formação de NO₂(g), até o mesmo ser restabelecido.

4- (F) Aumentar o volume, através da diminuição da pressão, por deslocamento do pistão, desloca o equilíbrio onde há um aumento do número de mols, ou seja, desloca o equilíbrio para a direita, havendo maior produção de NO₂(g).

5- (V) Introduzir ar pela torneira, o pistão permanecendo fixo, não desloca o equilíbrio porque nenhum de seus componentes participa da reação.

50- Alternativa B

Pressão e volume são grandezas inversamente proporcionais e o produto P.V será constante para um sistema que apresenta uma única substância. Porém, no caso deste equilíbrio, a medida que a pressão aumenta o sistema se desloca para a direita (menor volume) o que diminui o número de mols, logo: P.V= n.R.T

Como **RT** é constante, pode-se dizer que a medida que a pressão aumenta o produto **P.V** irá diminuir. Por outro lado, se a pressão diminuir o produto P.V aumenta, logo: b.