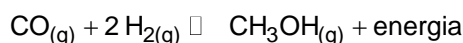


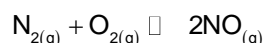
1. (Unicid - Medicina 2016) O metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , é utilizado como solvente, anticongelante, material de partida para outros produtos químicos e também na produção de biodiesel. Considere a seguinte reação:



(<http://qnint.s bq.org.br>. Adaptado.)

- a) Escreva a expressão que representa a constante de equilíbrio ( $K_c$ ) dessa reação e calcule o seu valor para um sistema em que, nas condições de equilíbrio as concentrações de metanol, monóxido de carbono e hidrogênio sejam  $0,145 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  e  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectivamente.
- b) Considerando o princípio de Le Chatelier, o que acontece no sistema em equilíbrio quando a pressão é aumentada? Justifique sua resposta.

2. (Uerj 2011) Em motores de combustão interna, o óxido nítrico é produzido a partir da reação representada pela seguinte equação química:

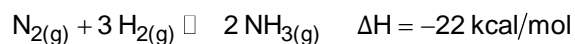


Em condições ambientes, a concentração de NO na atmosfera corresponde a  $10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , sendo a constante de equilíbrio da reação,  $K_c$ , igual a  $5 \times 10^{-31}$ . Entretanto, sob temperatura elevada, como nos motores de veículos, essa concentração é de  $10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Admitindo-se que não há variação nas concentrações de  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$ , calcule o valor de  $K_c$  sob temperatura elevada.

Apresente, ainda, as fórmulas estruturais planas das moléculas apolares presentes na equação química.

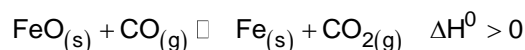
3. (Uerj 2019) Na Copa do Mundo de 2018, os jogadores russos, durante as partidas, inalavam amônia, substância cujo uso não é proibido pela Agência Mundial Antidoping. Segundo o técnico da seleção, essa prática melhorava o fluxo sanguíneo e respiratório dos atletas. Industrialmente, a amônia é obtida a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio, conforme o equilíbrio químico representado pela seguinte equação:



Nomeie a geometria da molécula de amônia e aponte, de acordo com a teoria de Lewis, a característica responsável pelo caráter básico dessa substância.

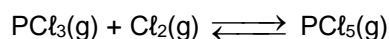
Indique, também, as alterações na pressão e na temperatura do sistema necessárias para aumentar a produção de amônia.

4. (Uftm 2012) Uma forma de obter ferro metálico a partir do óxido de ferro(II) é a redução deste óxido com monóxido de carbono, reação representada na equação:



- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio ( $K_C$ ) da reação apresentada. Como varia essa constante em função da temperatura? Justifique.
- b) De que forma a adição de FeO e o aumento de pressão interferem no equilíbrio representado? Justifique.

5. (Unesp 1990) Para a reação em equilíbrio:



dizer qual é o efeito de cada um dos seguintes fatores sobre o equilíbrio inicial:

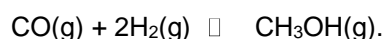
- adição de  $\text{PCl}_3$ ;
- remoção de  $\text{Cl}_2$ ;
- adição de catalisador;
- diminuição do volume do recipiente.

Justificar respostas.

6. (Pucrj 2008) Para a síntese do metanol, foram utilizadas as seguintes concentrações das espécies em quantidade de matéria:

$$[\text{CO}] = 1,75 \text{ mol L}^{-1}, [\text{H}_2] = 0,80 \text{ mol L}^{-1} \text{ e } [\text{CH}_3\text{OH}] = 0,65 \text{ mol L}^{-1}$$

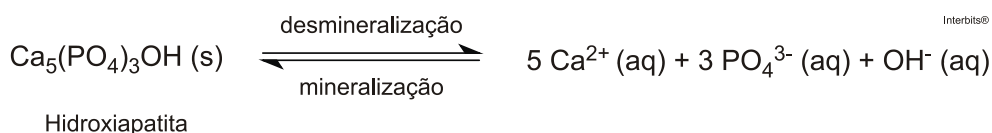
Ao se atingir o equilíbrio químico, numa dada temperatura, constatou-se que a concentração da espécie CO, em quantidade de matéria, estabilizou em  $1,60 \text{ mol L}^{-1}$



Pede-se:

- a expressão da constante de equilíbrio em função das concentrações das espécies em quantidade de matéria;
- o valor numérico da constante de equilíbrio mostrando o encaminhamento por meio dos cálculos necessários;
- o sentido que a reação se desloca quando se aumenta a concentração de monóxido de carbono.

7. (Enem 2011) Os refrigerantes têm-se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença da sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:



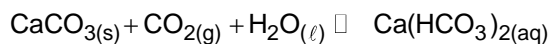
GROISMAN, S. *Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta*. Disponível em: <http://www.isaude.net>. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

Considerando que uma pessoa consuma refrigerantes diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de

- $\text{OH}^{-}$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a direita.
- $\text{H}^{+}$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^{-}$ , deslocando o equilíbrio para a direita.
- $\text{OH}^{-}$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

- d)  $H^+$ , que reage com as hidroxilas  $OH^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.  
 e)  $Ca^{2+}$ , que reage com as hidroxilas  $OH^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

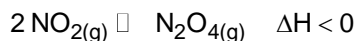
8. (Espcex (Aman) 2017) Os corais fixam-se sobre uma base de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ), produzido por eles mesmos. O carbonato de cálcio em contato com a água do mar e com o gás carbônico dissolvido pode estabelecer o seguinte equilíbrio químico para a formação do hidrogenocarbonato de cálcio:



Considerando um sistema fechado onde ocorre o equilíbrio químico da reação mostrada acima, assinale a alternativa correta.

- a) Um aumento na concentração de carbonato causará um deslocamento do equilíbrio no sentido inverso da reação, no sentido dos reagentes.  
 b) A diminuição da concentração do gás carbônico não causará o deslocamento do equilíbrio químico da reação.  
 c) Um aumento na concentração do gás carbônico causará um deslocamento do equilíbrio no sentido direto da reação, o de formação do produto.  
 d) Um aumento na concentração de carbonato causará, simultaneamente, um deslocamento do equilíbrio nos dois sentidos da reação.  
 e) Um aumento na concentração do gás carbônico causará um deslocamento do equilíbrio no sentido inverso da reação, no sentido dos reagentes.

9. (Upf 2018) O dióxido de nitrogênio é um gás de cor castanha que se transforma parcialmente em tetróxido de dinitrogênio, um gás incolor. O equilíbrio entre essas espécies pode ser representado pela equação:



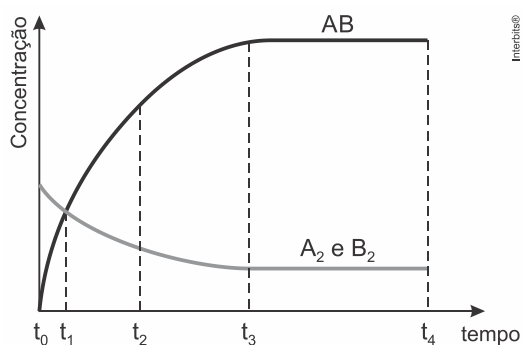
Com base nas informações apresentadas e considerando as seguintes condições reacionais:

- I. Aumento da pressão.  
 II. Aumento da temperatura.  
 III. Adição de  $N_2O_{4(g)}$ .  
 IV. Adição de  $NO_{2(g)}$ .

Marque a alternativa que indica apenas as condições que deslocam o equilíbrio para a direita.

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

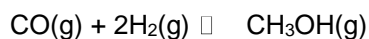
10. (Ufpa 2016) O gráfico abaixo se refere ao comportamento da reação " $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$ ".



Pode-se afirmar que o equilíbrio dessa reação será alcançado quando o tempo for igual a

- a)  $t_0$ .
- b)  $t_1$ .
- c)  $t_2$ .
- d)  $t_3$ .
- e)  $t_4$ .

11. (Ufrgs 2012) A constante de equilíbrio da reação

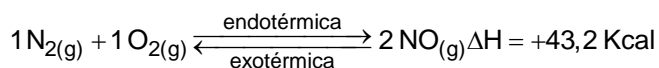


tem o valor de 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nesta temperatura em condições de equilíbrio, encontrando-se, respectivamente,  $0,145 \text{ mol.L}^{-1}$  e  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Com base nesses dados, é correto afirmar que a concentração de hidrogênio, em  $\text{mol.L}^{-1}$ , deverá ser

- a) 0,01.
- b) 0,1.
- c) 1.
- d) 1,45.
- e) 14,5.

12. (Unisc 2016) Considerando a reação a seguir,



O único fator que provoca seu deslocamento para a direita é

- a) a adição do gás NO.
- b) o aumento de pressão sobre o sistema.
- c) a retirada de  $\text{N}_2$  gasoso do sistema.
- d) a diminuição da pressão do sistema.
- e) o aumento da temperatura sobre o sistema.

13. (Enem PPL 2014) A formação de estalactites depende da reversibilidade de uma reação química. O carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) é encontrado em depósitos subterrâneos na forma de pedra calcária. Quando um volume de água rica em  $\text{CO}_2$  dissolvido infiltra-se no calcário, o minério dissolve-se formando íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Numa segunda etapa, a solução aquosa desses íons chega a uma caverna e ocorre a reação inversa, promovendo a liberação de  $\text{CO}_2$  e a deposição de  $\text{CaCO}_3$ , de acordo com a equação apresentada.



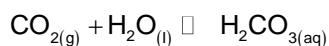
Considerando o equilíbrio que ocorre na segunda etapa, a formação de carbonato será favorecida pelo(a)

- a) diminuição da concentração de íons  $\text{OH}^-$  no meio.
- b) aumento da pressão do ar no interior da caverna.
- c) diminuição da concentração de  $\text{HCO}_3^-$  no meio.
- d) aumento da temperatura no interior da caverna.
- e) aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido.

14. (Mackenzie 2018) Considerando-se o equilíbrio químico equacionado por  $A_{(g)} + 2 B_{(g)} \rightleftharpoons AB_{2(g)}$ , sob temperatura de 300 K, a alternativa que mostra a expressão correta da constante de equilíbrio em termos de concentração em mols por litro é

- a)  $\frac{[AB_2]}{[A] \cdot [B]^2}$   
b)  $\frac{[A] \cdot [B]^2}{[AB_2]}$   
c)  $\frac{[AB_2]}{[A] + [B]^2}$   
d)  $\frac{[A] + [B]^2}{[AB_2]}$   
e)  $\frac{[AB_2]^2}{[A] \cdot [B]^2}$

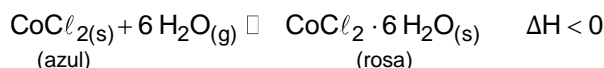
15. (Enem 2ª aplicação 2010) Às vezes, ao abrir um refrigerante, percebe-se que uma parte do produto vaza rapidamente pela extremidade do recipiente. A explicação para esse fato está relacionada à perturbação do equilíbrio químico existente entre alguns dos ingredientes do produto, de acordo com a equação:



A alteração do equilíbrio anterior, relacionada ao vazamento do refrigerante nas condições descritas, tem como consequência a

- a) liberação de  $CO_2$  para o ambiente.  
b) elevação da temperatura do recipiente.  
c) elevação da pressão interna no recipiente.  
d) elevação da concentração de  $CO_2$  no líquido.  
e) formação de uma quantidade significativa de  $H_2O$ .

16. (Enem 2020) Para garantir que produtos eletrônicos estejam armazenados de forma adequada antes da venda, algumas empresas utilizam cartões indicadores de umidade nas embalagens desses produtos. Alguns desses cartões contêm um sal de cobalto que muda de cor em presença de água, de acordo com a equação química:



Como você procederia para reutilizar, num curto intervalo de tempo, um cartão que já estivesse com a coloração rosa?

- a) Resfriaria no congelador.  
b) Borrifaria com *spray* de água.  
c) Envolveria com papel alumínio.  
d) Aqueceria com secador de cabelos.  
e) Embrulharia em guardanapo de papel.

17. (Uerj 2020) Considere as quatro reações químicas em equilíbrio apresentadas abaixo.

- I.  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2 HI_{(g)}$   
II.  $2 SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 SO_{3(g)}$   
III.  $CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + NO_{(g)}$   
IV.  $2 H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2 H_{2(g)} + O_{2(g)}$

Após submetê-las a um aumento de pressão, o deslocamento do equilíbrio gerou aumento também na concentração dos produtos na seguinte reação:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

18. (Ufrgs 2018) Considere os dados termodinâmicos da reação abaixo, na tabela a seguir.



Substância	CO	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NO
$\Delta H_f$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	-110,5	33,2	-393,5	90,3

Com base nesses dados, considere as seguintes afirmações sobre o deslocamento do equilíbrio químico dessa reação.

- I. O aumento da temperatura desloca no sentido dos produtos.
- II. O aumento da pressão desloca no sentido dos produtos.
- III. A adição de CO<sub>2</sub> desloca no sentido dos reagentes.

Quais estão corretas?

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

19. (Udesc 2014) Para a reação em equilíbrio  $\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_{3(g)}$   $\Delta H = -22 \text{ kcal}$ ; assinale a alternativa que **não** poderia ser tomada para aumentar o rendimento do produto.

- a) Aumentar a concentração de H<sub>2</sub>
- b) Aumentar a pressão
- c) Aumentar a concentração de N<sub>2</sub>
- d) Aumentar a temperatura
- e) Diminuir a concentração de NH<sub>3</sub>

**Gabarito:****Resposta da questão 1:**

a) Teremos:

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

$$K_c = \frac{(0,145)}{(1) \cdot (0,1)^2} = 14,5$$

b) O sistema será deslocado no sentido de menor volume molar, nesse caso, no sentido de formação de produto.

**Resposta da questão 2:**

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{O}_2]}$$

Em condições ambientes:

$$K_c = 5 \times 10^{-31} \text{ e } [\text{NO}] = 10^{-13}, \text{ logo}$$

$$5 \times 10^{-31} = \frac{(10^{-13})^2}{[\text{N}_2] \times [\text{O}_2]}$$

$$[\text{N}_2] \times [\text{O}_2] = 2 \times 10^4$$

Sob temperatura elevada:  $[\text{NO}] = 10^{-5}$  e  $[\text{N}_2] \times [\text{O}_2] = 2 \times 10^4$ , logo

$$K_c = \frac{(10^{-5})^2}{2 \times 10^4} = 5 \times 10^{-15}$$

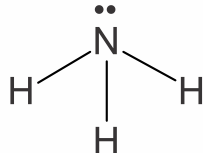
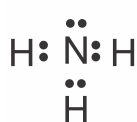
Fórmulas estruturais planas das moléculas apolares presentes na equação:

**Resposta da questão 3:**

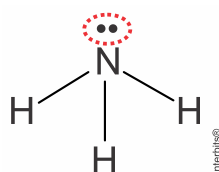
Geometria da molécula de amônia: piramidal.

N: família VA (grupo 15); tem cinco elétrons de valência

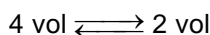
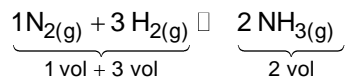
H: família IA (grupo 1); tem um elétron de valência.



Característica, de acordo com a teoria de Lewis, responsável pelo caráter básico dessa substância: par de elétrons não ligantes restantes no átomo de nitrogênio.

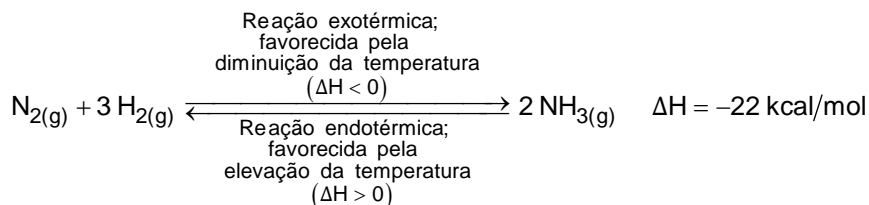


Alterações na pressão e na temperatura do sistema necessárias para aumentar a produção de amônia, ou seja, para a ocorrência de deslocamento para a direita: aumento de pressão e diminuição de temperatura.



$$P \times V = k$$

$P \uparrow \times V \downarrow = k \Rightarrow$  Diminuição de volume: deslocamento para a direita.



#### Resposta da questão 4:

a) Expressão da constante de equilíbrio ( $K_C$ ) da reação apresentada:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$$

Como a variação de entalpia da reação direta é positiva, o valor constante aumenta com a elevação da temperatura (favorecimento da reação endotérmica) e diminui com a diminuição da temperatura (favorecimento da reação exotérmica).

b) A adição de FeO não altera o equilíbrio, pois está no estado sólido e apresenta concentração constante.

O aumento da pressão não interfere no equilíbrio, pois, verifica-se a presença de 1 mol de CO (g) em equilíbrio com 1 mol de CO<sub>2</sub> (g), ou seja, os volumes são iguais.

#### Resposta da questão 5:

a) Desloca o equilíbrio para a direita.

b) Desloca o equilíbrio para a esquerda.

c) Não desloca o equilíbrio.

d) Desloca o equilíbrio para a direita "Princípio de Le Chatelier".

#### Resposta da questão 6:

a)  $K_C = [\text{CH}_3\text{OH}]/[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2$ .

b) 1 mol de CO reage com 2 mols de H<sub>2</sub> e forma 1 mol CH<sub>3</sub>OH.

Se no equilíbrio, restou 1,60 mol de CO, então, 1,75 - 1,60 foi o que dele reagiu; ou seja, 0,15 mol de CO reagiu com 2 × 0,15 mol de H<sub>2</sub> e formou 0,15 mol de CH<sub>3</sub>OH.

Ao se atingir o equilíbrio químico, passamos a ter:  $[\text{CO}] = 1,60 \text{ mol L}^{-1}$

$[\text{H}_2] = 0,80 - 0,30 = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$

e  $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,65 + 0,15 = 0,80 \text{ mol L}^{-1}$ .

$$K_C = ([\text{CH}_3\text{OH}]/[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2) = (0,80/1,60 \cdot 0,50^2) = 2,0$$

c) Um aumento de concentração de reagente no 1º membro desloca a reação para o 2º membro; assim, um aumento de concentração de CO desloca a reação para o sentido de formação do CH<sub>3</sub>OH.



**Resposta da questão 7:**

[B]

Considerando que uma pessoa consuma refrigerante diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de  $H^+$ , que reage com as hidroxilas  $OH^-$ , deslocando o equilíbrio para a direita.

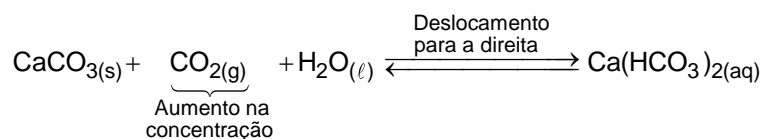
$$V_{\text{mineralização}} = K[Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[OH^-]$$

Como  $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ , os íons  $OH^-$  são consumidos e a velocidade de mineralização diminui, ou seja, o equilíbrio desloca para a direita.

**Resposta da questão 8:**

[C]

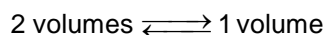
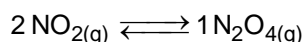
Um aumento na concentração do gás carbônico causará um deslocamento do equilíbrio no sentido direto da reação, o de formação do produto.



**Resposta da questão 9:**

[B]

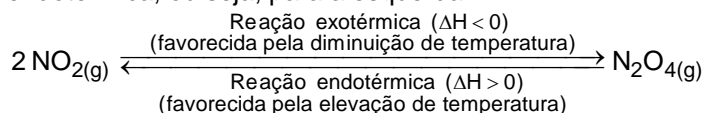
[I] Com o aumento da pressão o equilíbrio será deslocado para a direita, no sentido da diminuição de volume.



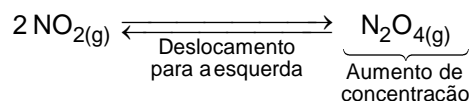
$$P \times V = k$$

$$P \uparrow \times V \downarrow = k \Rightarrow \text{deslocamento para a direita (diminuição de volume)}$$

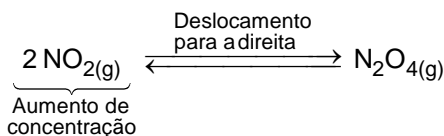
[II] Com o aumento da temperatura o equilíbrio será deslocado no sentido da reação endotérmica, ou seja, para a esquerda.



[III] Com a adição de  $N_2O_{4(g)}$ , o equilíbrio será deslocado no sentido de seu consumo, ou seja, para a esquerda.

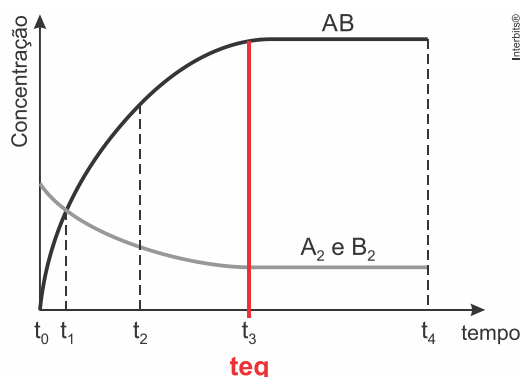


[IV] Com a adição de  $NO_{2(g)}$ , o equilíbrio será deslocado no sentido de seu consumo, ou seja, para a direita.



**Resposta da questão 10:**

[D]



O tempo de equilíbrio irá acontecer com as concentrações dos reagentes e produtos se tornarem constantes, ou seja, a partir de  $t_3$ .

**Resposta da questão 11:**

[B]

A expressão da constante de equilíbrio é:  $K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2}$

Logo:  $[\text{H}_2] = \sqrt{\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot K}}$

Substituindo os valores dados, teremos:  $[\text{H}_2] = \sqrt{\frac{0,145}{1 \cdot 14,5}} = 0,1 \text{ mol/L}$

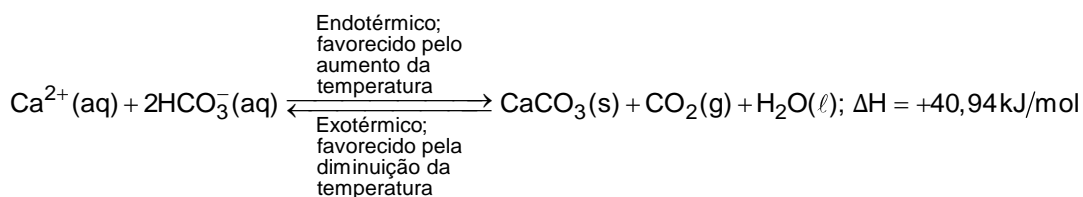
**Resposta da questão 12:**

[E]

O aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, ou seja, no sentido de formação de produto.

**Resposta da questão 13:**

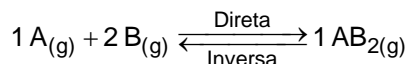
[D]



A formação de carbonato será favorecida pelo aumento da temperatura, ou seja, o equilíbrio será deslocado para a direita.

**Resposta da questão 14:**

[A]



Padrão: equação direita

$$K_e = \frac{[AB_{2(g)}]^1}{[A_{(g)}]^1 \times [B_{(g)}]^2}$$

**Resposta da questão 15:**

[A]

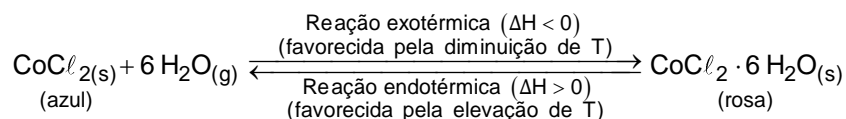
O equilíbrio:

$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$  é deslocado para a esquerda com liberação de  $CO_2$  para o ambiente.

**Resposta da questão 16:**

[D]

Um cartão que estivesse com a coloração rosa indicaria que o equilíbrio estaria deslocado para a direita. Por isso, a temperatura deveria ser elevada para que o equilíbrio, num curto intervalo de tempo, fosse deslocado para a esquerda. Daí o uso do secador de cabelos.

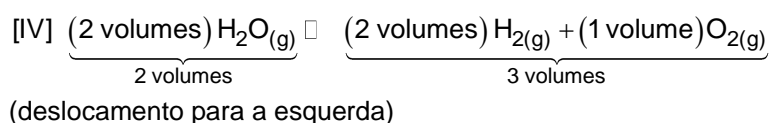
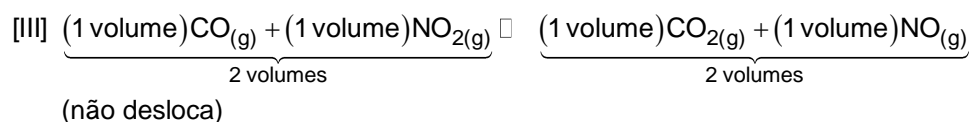
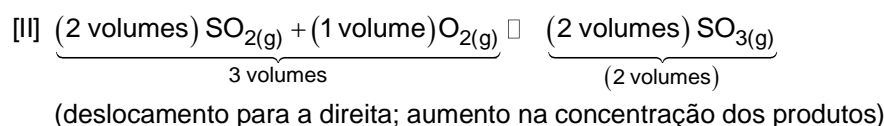
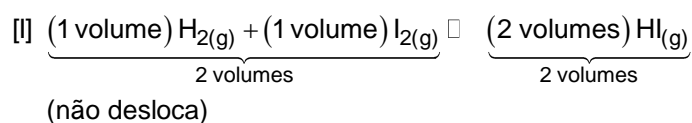


**Resposta da questão 17:**

[B]

$P \uparrow \times V \downarrow = k$

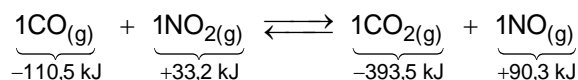
Aumento de pressão implica em diminuição de volume.



**Resposta da questão 18:**

[C]

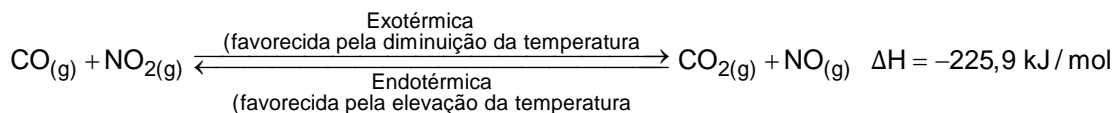
[I] Incorreta. O aumento da temperatura desloca no sentido dos reagentes (reação endotérmica).



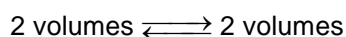
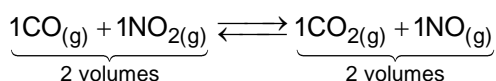
$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H = [-393,5 + 90,3] - [-110,5 + 33,2]$$

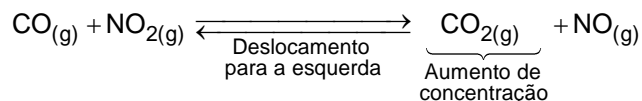
$$\Delta H = -225,9 \text{ kJ}$$



[II] Incorreta. A variação de pressão não desloca o equilíbrio.



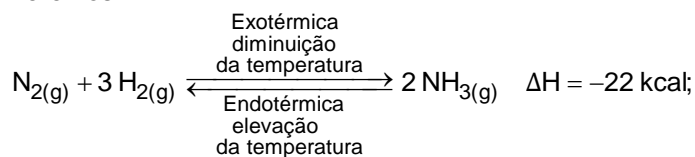
[III] Correta. A adição de  $\text{CO}_2$  desloca no sentido dos reagentes.



**Resposta da questão 19:**

[D]

Teremos:



A elevação da temperatura diminui o rendimento do produto.