

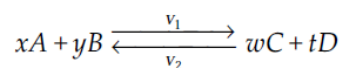


Equilíbrio Químico

1. CONCEITO DE EQUILÍBRIO

Todo sistema que reage reversivelmente procura o equilíbrio espontaneamente.

Seja a reação:



As concentrações de A e B vão diminuindo e, conseqüentemente, diminui a velocidade da reação direta v_1 . As concentrações dos produtos C e D vão aumentando e aumenta a velocidade da reação inversa v_2 .

Quando $v_1 = v_2$, dizemos que foi atingido o equilíbrio.

2. CARACTERÍSTICAS DO EQUILÍBRIO

- A velocidade da reação direta v_1 é igual à velocidade da reação inversa v_2 .
- O equilíbrio é dinâmico, as reações continuam ocorrendo.
- As concentrações de todas as substâncias ficam constantes.
- As propriedades macroscópicas do sistema não mais se alteram.
- A energia armazenada no sistema é a menor possível.
- O equilíbrio existe, portanto, em um sistema fechado.

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

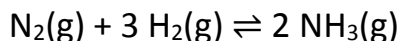
01 (PUC-RS) Dada a expressão da constante de equilíbrio em termos de concentração de produtos e reagentes

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

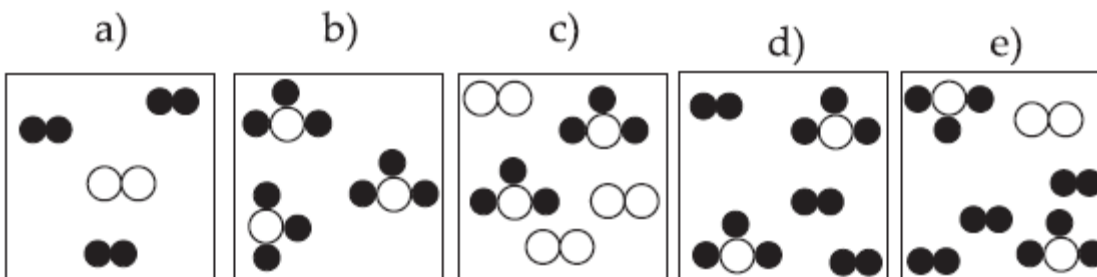
a equação química que pode ser representada por essa expressão é:

- $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$
- $\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$
- $\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$

02 (FUVEST-SP) Em condições industrialmente apropriadas para se obter amônia, juntaram-se quantidades estequiométricas dos gases N_2 e H_2 .

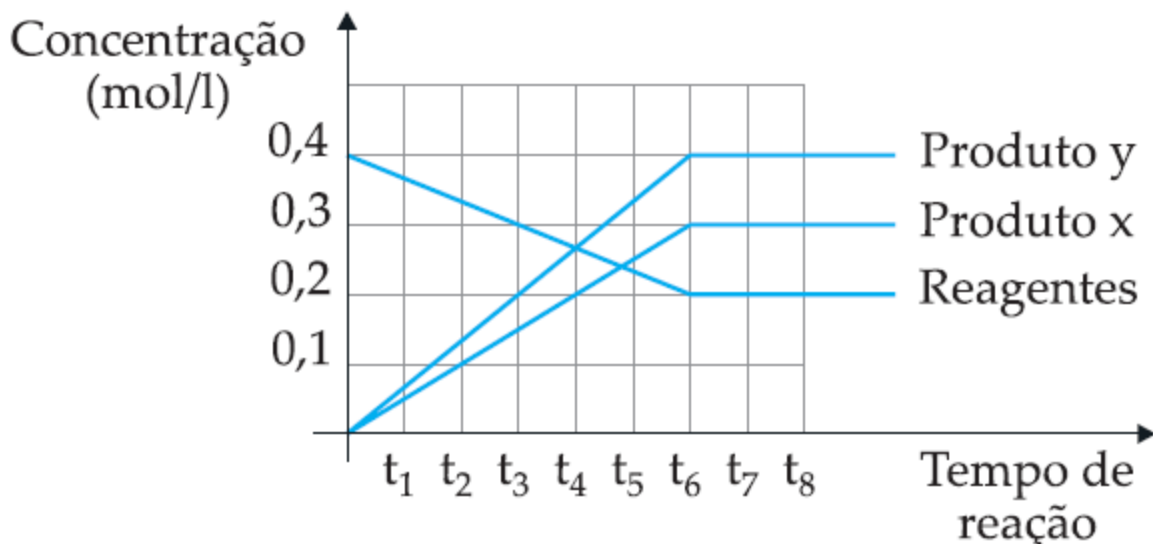


Depois de alcançado o equilíbrio químico, uma amostra da fase gasosa poderia ser representada corretamente por:



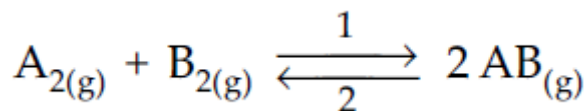
Legenda : N = ○ H = ●

03 (UFPR-PR) Os gases hidrazina (N_2H_4) e dióxido de nitrogênio reagem produzindo vapor d'água e gás dinitrogênio (nitrogênio molecular). O processo da reação de um mol de hidrazina e um mol de dióxido de nitrogênio em um recipiente fechado, à temperatura ambiente, pode ser representado pelo gráfico abaixo.



- Escreva a equação química balanceada para a reação entre a hidrazina e o dióxido de nitrogênio.
- Qual das curvas do gráfico representa as variações da concentração do vapor d'água no tempo? Justifique.
- Qual a coordenada de tempo em que o sistema gasoso atinge o estado de equilíbrio? Justifique.

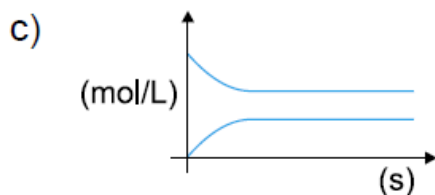
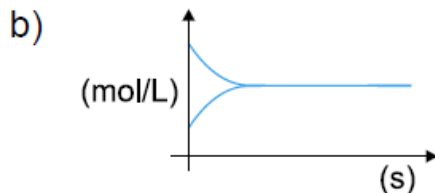
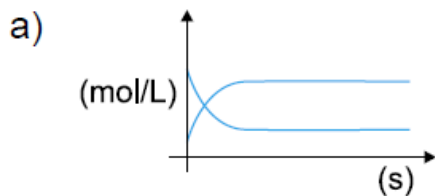
04 (UEL-PR) Num recipiente fechado, misturam-se 2,0 mols de $A_2(g)$ com 3,0 mols de $B_2(g)$. Ocorrem as reações:



Sendo v_1 e v_2 as velocidades das reações indicadas, $[A_2]$ e $[B_2]$ as concentrações dos reagentes em mol/L, pode-se afirmar que o sistema atinge o equilíbrio quando:

- $v_1 = v_2$
- $v_1 = 2 v_2$
- $[A_2] = 0$
- $[B_2] = 0$
- $[A_2] = [B_2]$

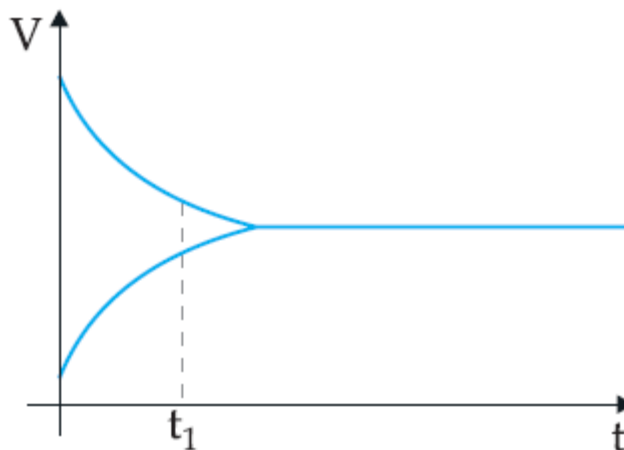
05 (UEPG-PR) Os três gráficos abaixo descrevem o desenvolvimento de reagentes, desde seu início até atingirem equilíbrio químico. Assinale a alternativa correta no que respeita à caracterização de maior concentração de reagentes e menor concentração de produtos após a reação atingir seu equilíbrio.



d) As alternativas a, b e c estão corretas.

e) Somente as alternativas a e c estão corretas.

06 (UFRGS-RS) O gráfico a seguir representa a evolução de um sistema em que uma reação reversível ocorre até atingir o equilíbrio.



Sobre o ponto t_1 , neste gráfico, pode-se afirmar que indica:

a) uma situação anterior ao equilíbrio, pois as velocidades das reações direta e inversa são iguais.

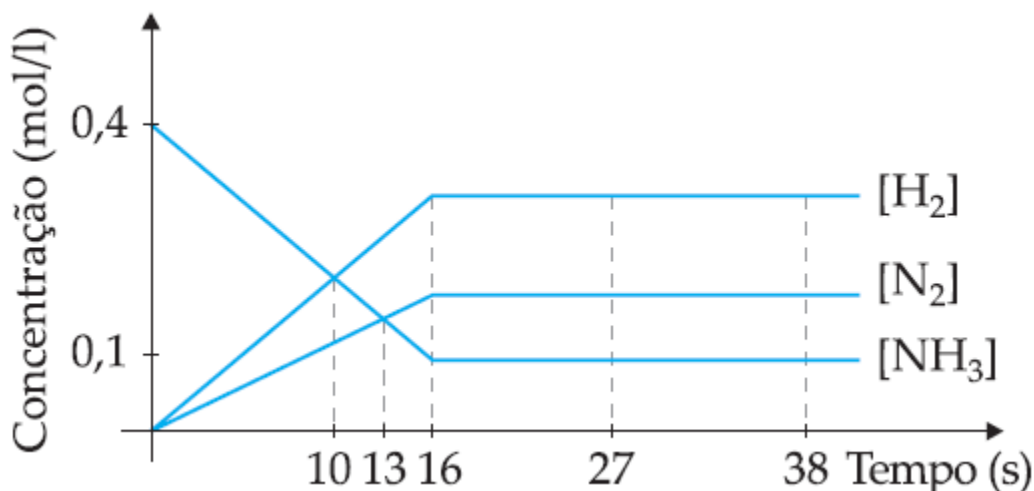
b) um instante no qual o sistema já alcançou equilíbrio.

c) uma situação na qual as concentrações de reagentes e produtos são necessariamente iguais.

d) uma situação anterior ao equilíbrio, pois a velocidade da reação direta está diminuindo e a velocidade da reação inversa está aumentando.

e) um instante no qual o produto das concentrações dos reagentes é igual ao produto das concentrações dos produtos.

07 (UFC-CE) Um estudante introduziu 0,4 mol de NH_3 gasoso em um recipiente fechado de 1,0 L, a 25°C e observou as variações de concentração das espécies que participam do equilíbrio químico: $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$, ilustradas no gráfico abaixo:



Com base nessas observações, é correto afirmar que o equilíbrio é inicialmente estabelecido no tempo:

- $t = 10 \text{ s}$
- $t = 0 \text{ s}$
- $t = 13 \text{ s}$
- $t = 16 \text{ s}$
- $t = 27 \text{ s}$

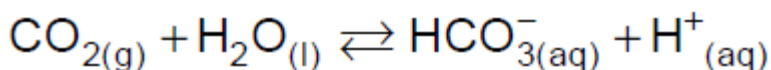
08 (UFRGS-RS) Uma reação química atinge o equilíbrio químico quando:

- ocorre simultaneamente nos sentidos direto e inverso.
- as velocidades das reações direta e inversa são iguais.
- os reagentes são totalmente consumidos.
- a temperatura do sistema é igual à do ambiente.
- a razão entre as concentrações de reagentes e produtos é unitária.

09 (VUNESP-SP) A reação de combustão de monóxido de carbono a dióxido de carbono é um processo de equilíbrio químico homogêneo, gasoso, em um sistema fechado.

- Escreva a equação química balanceada do equilíbrio químico.
- Represente em um gráfico qualitativo as concentrações molares do monóxido de carbono e do dióxido de carbono em função do tempo, até o equilíbrio equimolar dos dois óxidos.

10 (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 no equilíbrio?
- Justifique sua resposta.

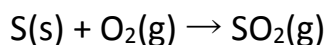
11 (CEFET-PR) Com relação ao equilíbrio químico, afirma-se:

- I. O equilíbrio químico só pode ser atingido em sistema fechado (onde não há troca de matéria com o meio ambiente).
- II. Num equilíbrio químico, as propriedades macroscópicas do sistema (concentração, densidade, massa e cor) permanecem constantes.
- III. Num equilíbrio químico, as propriedades microscópicas do sistema (colisões entre as moléculas, formação de complexos ativados e transformações de umas substâncias em outras) permanecem em evolução, pois o equilíbrio é dinâmico.

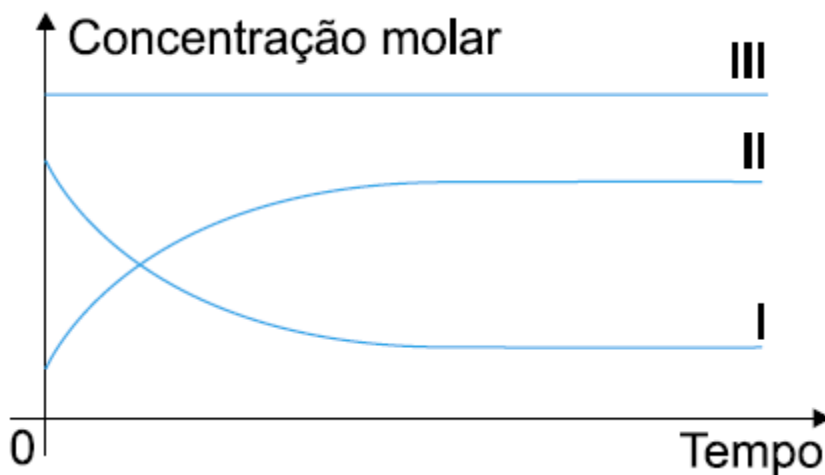
É (são) correta(s) a(s) afirmação(ões):

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

12 (VUNESP-SP) Estudou-se a cinética da reação:



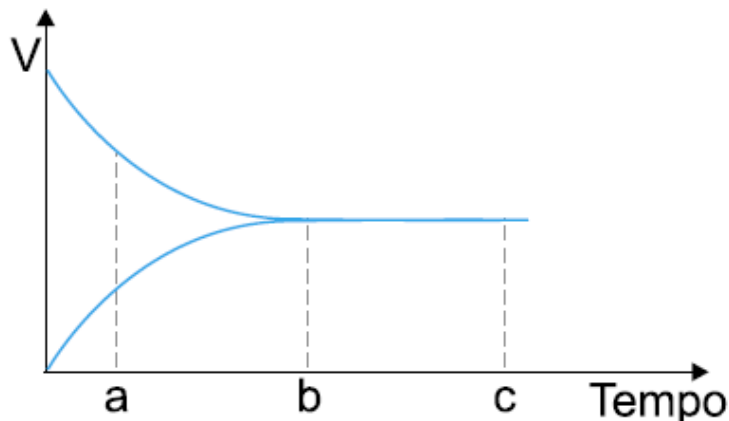
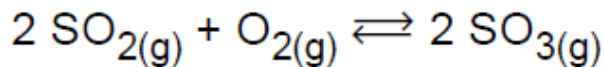
realizada a partir de enxofre e oxigênio em um sistema fechado. Assim, as curvas I, II e III do gráfico abaixo representam as variações das concentrações dos componentes com o tempo, desde o momento da mistura até o sistema atingir o equilíbrio.



As variações das concentrações de S, de O₂ e de SO₂ são representadas, respectivamente, pelas curvas:

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

13 (UEMG-MG) O gráfico mostra a variação das velocidades das reações direta e inversa em função do tempo para o processo representado pela equação:



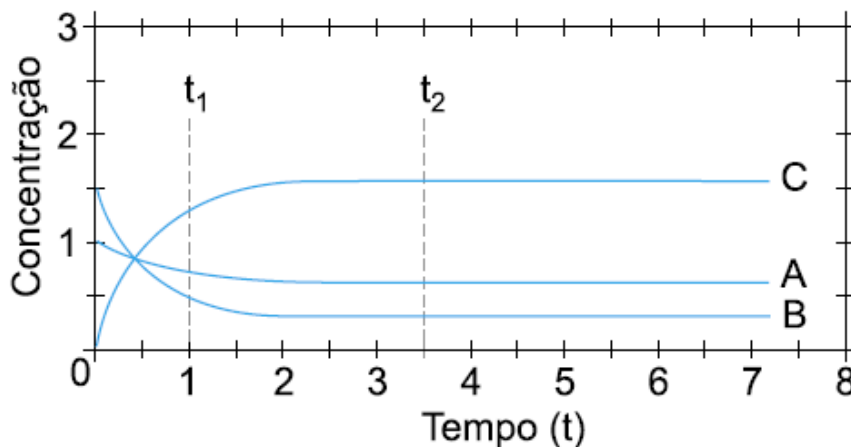
Sobre esse processo, todas as afirmativas são corretas, **exceto**:

- A velocidade da reação direta é maior que a da inversa no tempo "a".
- No tempo "c", o sistema é constituído apenas por SO_3 .
- As duas velocidades são iguais no tempo "c".
- O equilíbrio é atingido no tempo "b".

14 (UFAL-AL) Num sistema em equilíbrio químico, em temperatura constante:

- () coexistem reagentes e produtos.
- () há sempre uma única fase envolvida, ou seja, é sempre homogêneo.
- () existe uma relação constante, apropriadamente calculada, entre as concentrações de reagentes e de produtos.
- () ocorrem reações químicas opostas, simultâneas, e com mesma rapidez.
- () há troca de matéria e energia com o ambiente.

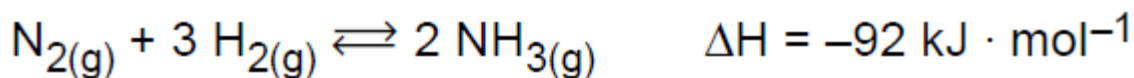
15 (UFES-ES) Considere a reação hipotética $\text{A} + 2 \text{B} \rightarrow \text{C}$. O gráfico abaixo representa a variação da concentração de reagentes e produtos em função do tempo à temperatura constante.



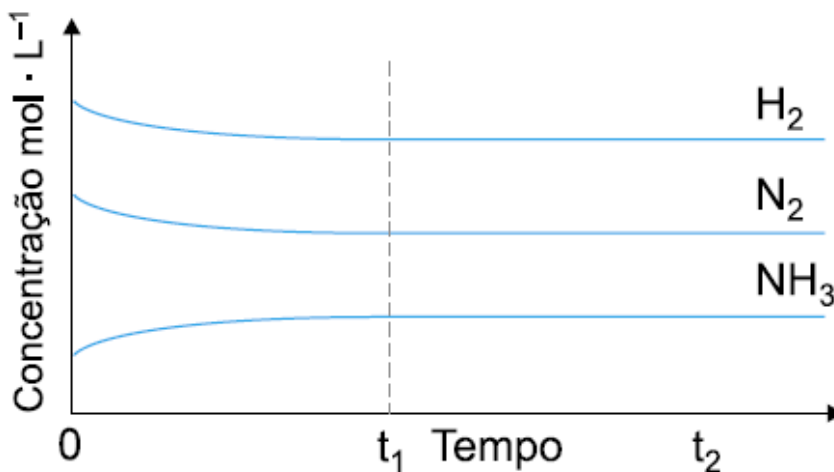
Baseado no gráfico, pode-se afirmar:

- quando $t_1 < t < t_2$, a reação atinge o equilíbrio.
- quando $t > t_2$, a reação atinge o equilíbrio.
- a velocidade inicial de consumo de A é maior que a velocidade inicial de consumo de B.
- a velocidade de formação de C é máxima quando $t > t_2$.
- Quando t está próximo de zero, a relação $[\text{C}] / [\text{A}] \cdot [\text{B}]^2$ é maior que 1.

16 (UNIFEI-MG) O nitrogênio atmosférico encontrado em abundância, porém pouco reativo, pode ser transformado em amônia, um composto mais reativo. Esta fixação do nitrogênio pode ser obtida conforme a reação:



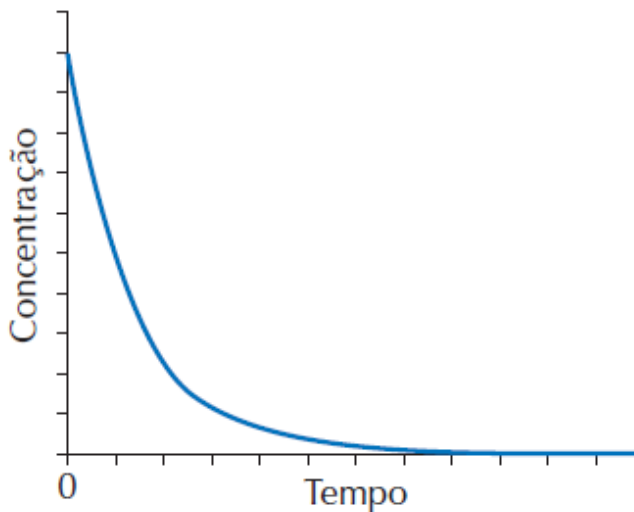
Se essa reação for realizada em um recipiente fechado, as concentrações de reagentes e produtos variam conforme o gráfico:



Todas as afirmações estão corretas, **exceto**:

- No início do experimento, a velocidade da reação inversa é zero.
- Quando o equilíbrio é atingido podemos afirmar que as concentrações dos reagentes diminuem e dos produtos aumentam.
- No tempo t_1 podemos afirmar que o sistema encontra-se em equilíbrio.

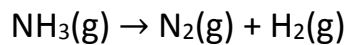
17 (UFPE-PE) Óxidos de nitrogênio, NO_x , são substâncias de interesse ambiental, pois são responsáveis pela destruição de ozônio na atmosfera, e, portanto, suas reações são amplamente estudadas. Num dado experimento, em um recipiente fechado, a concentração de NO_2 em função do tempo apresentou o seguinte comportamento:



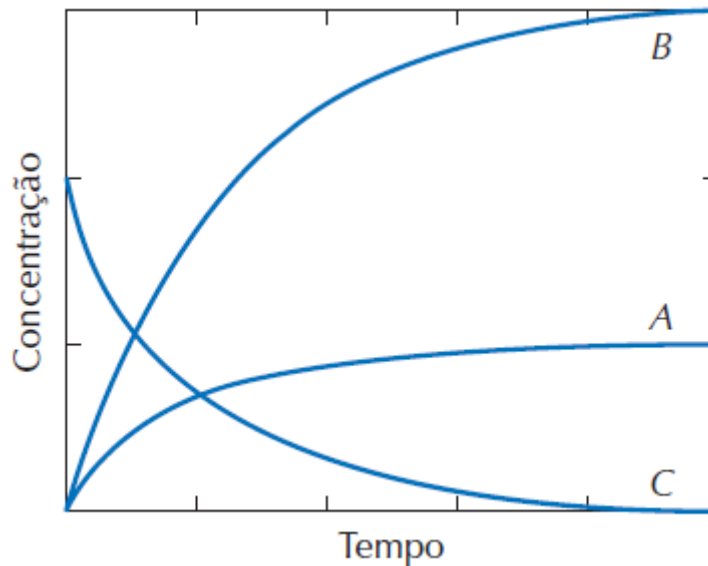
O papel de NO_2 nesse sistema reacional é:

- reagente.
- intermediário.
- produto.
- catalisador.
- inerte.

18 (UFPE-PE) No início do século XX, a expectativa da Primeira Guerra Mundial gerou uma grande necessidade de compostos nitrogenados. Haber foi o pioneiro na produção de amônia, a partir do nitrogênio do ar. Se a amônia for colocada num recipiente fechado, sua decomposição ocorrerá de acordo com a seguinte equação química não balanceada:



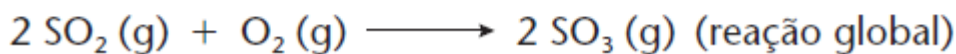
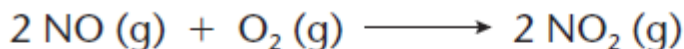
As variações das concentrações com o tempo estão ilustradas na figura abaixo.



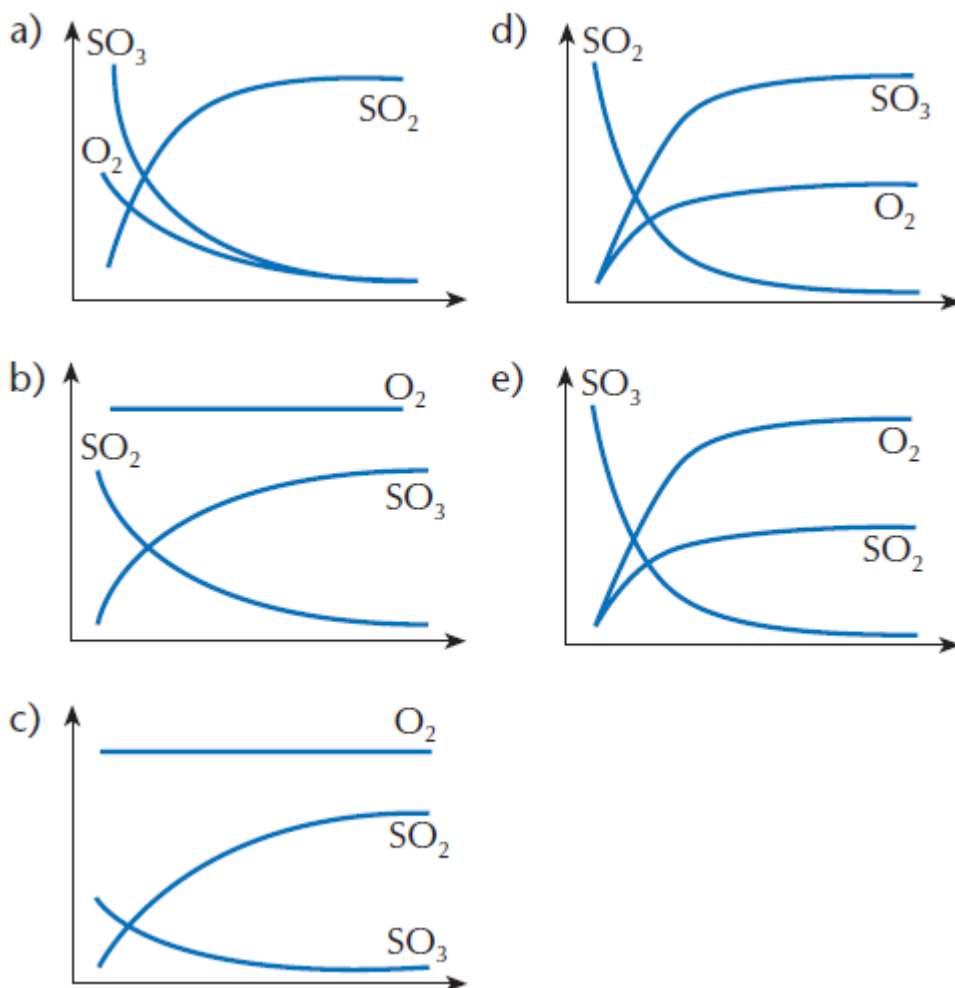
A partir da análise da figura acima, podemos afirmar que as curvas A, B e C representam a variação temporal das concentrações dos seguintes componentes da reação, respectivamente:

- a) H_2 , N_2 e NH_3
- b) NH_3 , H_2 e N_2
- c) NH_3 , N_2 e H_2
- d) N_2 , H_2 e NH_3
- e) H_2 , NH_3 e N_2

19 (UFPE-PE) A produção de trióxido de enxofre durante a combustão de carvão em usinas termoeletricas (sistema aberto ao ar) causa problemas ambientais relacionados com a chuva ácida. Essa reação para a produção de trióxido de enxofre, na presença de óxido de nitrogênio, é descrita pelo mecanismo a seguir:



Qual dos gráficos abaixo melhor representa a concentração molar (eixo das ordenadas) das principais espécies envolvidas na produção de trióxido de enxofre em função do tempo (eixo das abscissas)?



20 (UPE-PE) Sobre equilíbrio químico:

- (01) Uma reação é reversível quando se processa simultaneamente nos dois sentidos.
- (02) Uma reação reversível atinge o equilíbrio quando as velocidades das reações direta e inversa se igualam.
- (03) O equilíbrio das reações é dinâmico.
- (04) Ao atingir o estado de equilíbrio, a concentração de cada substância do sistema permanece constante.
- (05) Todas as reações reversíveis caminham espontaneamente para o estado de equilíbrio.

GABARITO

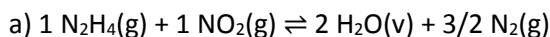
01- Alternativa A

Constante de equilíbrio é calculado da seguinte forma: concentração molar dos produtos pela concentração molar dos reagentes, desde que reagentes e produtos sejam gases ou estejam em solução aquosa.

02- Alternativa E

Através do modelo molecular, podemos concluir que no estado de equilíbrio reagentes e produtos estão em equilíbrio em quantidades estequiométricas.

03-



b) H_2O é o produto y porque apresenta maior quantidade formada.

c) t_6 : as concentrações ficam constantes.

04- Alternativa A

Quando o estado de equilíbrio é atingido as concentrações dos reagentes e produtos ficam constantes e neste momento a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa.

05- Alternativa C

Concentração dos reagentes maior do que os produtos encontra-se no gráfico da alternativa C.

06- Alternativa D

O tempo t_2 no gráfico indica uma situação anterior ao estado de equilíbrio, onde a velocidade de consumo dos reagentes vai diminuindo, enquanto a velocidade de formação dos produtos vai aumentando.

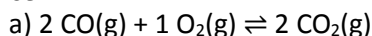
07- Alternativa D

O estado de equilíbrio é atingido quando as concentrações dos reagentes e produtos ficaram constantes, onde a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa.

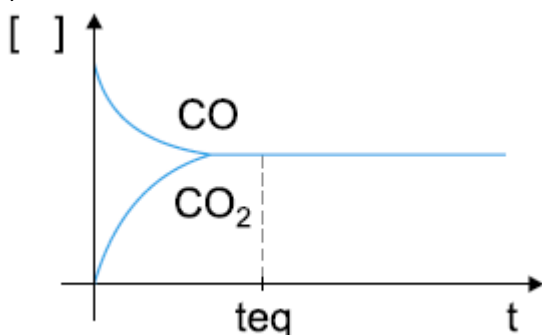
08- Alternativa B

Uma reação química atinge o equilíbrio químico quando as concentrações dos reagentes e produtos ficaram constantes, onde a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa.

09-



b)



10-

a) Amarelo

b) O equilíbrio apresenta caráter ácido devido a presença dos íons H^+ .

11- Alternativa E

I. (V) O equilíbrio químico só pode ser atingido em sistema fechado (onde não há troca de matéria com o meio ambiente).

II. (V) Num equilíbrio químico, as propriedades macroscópicas do sistema (concentração, densidade, massa e cor) permanecem constantes.

III. (V) Num equilíbrio químico, as propriedades microscópicas do sistema (colisões entre as moléculas, formação de complexos ativados e transformações de umas substâncias em outras) permanecem em evolução, pois o equilíbrio é dinâmico.

12- Alternativa C

No estado de equilíbrio a concentração molar dos reagentes diminui devido ao seu consumo, a concentração molar dos produtos aumenta devido a sua formação e a concentração molar do sólido permanece constante.

13- Alternativa B

No tempo "c" temos o estado de equilíbrio (velocidade da reação direta igual a velocidade da reação inversa) onde as concentrações dos reagentes e produtos ficaram constantes.

14-

(V) coexistem reagentes e produtos.

(F) há sempre uma única fase envolvida, ou seja, é sempre homogêneo.

(V) existe uma relação constante, apropriadamente calculada, entre as concentrações de reagentes e de produtos.

(V) ocorrem reações químicas opostas, simultâneas, e com mesma rapidez.

(F) há troca de matéria e energia com o ambiente.

15- Alternativa A

O estado de equilíbrio é atingido quando as concentrações dos reagentes e produtos ficaram constantes, onde a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa.

16- Alternativa B

Quando o equilíbrio é atingido podemos afirmar que as concentrações dos reagentes e dos produtos permanecem constante.

17- Alternativa A

Reagente é a substância que é consumida para formar os produtos e com isso sua concentração diminui com o tempo.

18- Alternativa D

Dada a equação balanceada: $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow 1 \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$

Na análise do gráfico temos:

Substância C: reagente consumido (NH_3)

Substância B: produto formado (H_2) pois na equação encontra-se na proporção estequiométrica de 3 mols, com isso possui concentração molar formado 3 vezes maior do que o N_2 .

Substância A: produto formado (N_2) pois na equação encontra-se na proporção estequiométrica de 1 mols, com isso possui concentração molar formado 3 vezes menor do que o H_2 .

19- Alternativa B

SO_2 reagente consumido, com isso sua concentração diminui com o tempo.

SO_3 produto formado, com isso sua concentração aumenta com o tempo.

O_2 é reagente consumido, mas como a concentração na atmosfera é muito grande, com isso sua concentração permanece constante.

20-

(01) (V) Uma reação é reversível quando se processa simultaneamente nos dois sentidos.

(02) (V) Uma reação reversível atinge o equilíbrio quando as velocidades das reações direta e inversa se igualam.

(03) (V) O equilíbrio das reações é dinâmico.

(04) (V) Ao atingir o estado de equilíbrio, a concentração de cada substância do sistema permanece constante.

(05) (V) Todas as reações reversíveis caminham espontaneamente para o estado de equilíbrio.