

Misturas e Soluções

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química



1 Misturas e soluções

1.1 A classificação de misturas

1.2 As técnicas de separação

Para analisar a composição de qualquer amostra que é supostamente uma mistura, é preciso separar seus componentes por métodos físicos e identificar cada substância presente. As técnicas físicas comuns de separação são a decantação, a filtração, a cromatografia e a destilação.

A **decantação** aproveita a diferença de densidades. Um líquido que flutua sobre outro líquido ou está acima de um sólido pode ser decantado. A **filtração** é usada para separar substâncias quando existem diferenças de solubilidade (a capacidade de se dissolver em um dado solvente). Agita-se a amostra com o solvente que, então, passa por um filtro fino. Os componentes da mistura que são solúveis se dissolvem no líquido e passam pelo filtro, mas os componentes insolúveis ficam retidos. A técnica pode ser usada para separar açúcar de areia, porque o açúcar é solúvel em água e a areia, não. Uma técnica relacionada e que é uma das mais sensíveis de separação de misturas é a **cromatografia**, que usa a capacidade diferente das substâncias de adsorver-se, ou grudar-se, nas superfícies. O suporte seco que mostra os componentes da mistura separados é denominado **cromatograma**.

A **destilação** usa as diferenças de pontos de ebulição para separar as misturas. Na destilação, os componentes de uma mistura vaporizam-se em temperaturas diferentes e condensam-se em um tubo resfriado chamado de condensador. A técnica pode ser usada para remover água do sal comum (cloreto de sódio), que só se funde em 801 °C. O sal permanece sólido quando a água evapora.

A separação de misturas aproveita as diferenças de propriedades físicas dos componentes. As técnicas baseadas nas diferenças físicas incluem a decantação, a filtração, a cromatografia e a destilação.

2 As operações com soluções

2.1 A concentração

2.2 A diluição

3 As propriedades das soluções

3.1 As soluções iônicas

3.2 As cores das soluções

A luz branca é uma mistura de todos os comprimentos de onda da radiação eletromagnética entre cerca de 400 nm (violeta) e cerca de 700 nm (vermelho). Quando alguns desses comprimentos de onda são removidos do feixe de luz branca que passa através de uma amostra, a luz que passa não é mais branca. Por exemplo, se a luz vermelha é retirada da luz branca por absorção, a luz que resta é de cor verde. Se a luz verde é removida, a luz que aparece é vermelha. O vermelho e o verde são chamados de **cores complementares** uma da outra — cada uma é a cor que permanece depois que a outra é removida.

A roda de cores mostrada na ilustração pode ser usada para sugerir a faixa de comprimento de onda na qual um complexo tem absorção significativa (não necessariamente absorção máxima). Se uma substância parece azul (como no caso da solução de sulfato de cobre(II), por exemplo), é porque ela está absorvendo a luz laranja (580 nm a 620 nm). Igualmente, com base no comprimento de onda (e, portanto na cor) da luz absorvida pela substância, é possível prever a cor da substância pela cor complementar na roda das cores. Como o MnO_4^- absorve luz em 535 nm, que é a luz amarelo-esverdeada, o composto aparece violeta.

Ponto para pensar Que cor tem um complexo que absorve as luzes violeta e azul?

A absorção da luz visível por substâncias pode ser usada para medir suas concentrações, usando-se um espectrômetro. Em determinado comprimento de onda, a absorbância, A , de uma solução é definida como o logaritmo comum (base 10) da razão entre a intensidade da luz incidente, I_0 , e a intensidade da luz transmitida através da amostra, I :

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

A solução é transferida para um tubo retangular transparente, chamado de *cupeta*. A absorbância é proporcional ao caminho óptico da luz na solução, L , e à concentração molar da substância, c (isto é, $A \propto Lc$). O coeficiente de proporcionalidade é expresso por ϵ e é chamado de coeficiente de absorção molar:

$$A = \epsilon Lc$$

Essa relação normalmente é escrita em termos das intensidades, inserindo-se a definição de A e extraindo-se os antilogaritmos (10^x , neste caso) de ambos os lados, como:

$$I = I_0 10^{-\epsilon Lc}$$

Essa forma da relação é denominada **Lei de Beer**. Ela mostra que a intensidade transmitida cai rapidamente com o caminho óptico: se este for duplicado, tem-se uma redução de 100 vezes na intensidade transmitida. O coeficiente de absorção molar é característico do composto e o comprimento de onda é típico da luz incidente.

As concentrações das soluções do íon permanganato, que é púrpura, são frequentemente determinadas pela via espectrofotométrica. Se uma célula com caminho óptico igual a 1 cm contendo uma solução de KMnO_4 tem absorbância igual a 0,4 a 525 nm, calcule a concentração de MnO_4^- sabendo que o coeficiente de absorção molar a 525 nm é $2,5 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

A absorbância de um composto em solução é proporcional à sua concentração molar. A lei de Beer pode ser usada para se determinar a concentração de solutos.

4 Composição das Soluções

1. Concentração mássica e molar.

2. Partes por milhão (ppm) e bilhão (ppb).
3. Molalidade.
4. Concentração de peróxido de hidrogênio em volumes:

$$F = \frac{V_{\text{CNTP}}(\text{O}_2)}{V} = 11,2 \cdot \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]}{\text{mol L}^{-1}}$$

4.1 Habilidades

- a. **Relacionar** as unidade de concentração de soluções.
- b. **Calcular** a concentração em volumes para uma solução de peróxido de hidrogênio.

5 Operações com Soluções

1. Diluição e secagem.
2. Misturas.
3. Balanços materiais.
4. Balanço energético.

5.1 Habilidades

- a. **Calcular** a concentração final após uma operação em solução.

6 Reações em Solução

1. Estequiometria em solução.
2. Rendimento.

6.1 Habilidades

- a. **Calcular** a quantidade de produto formado em uma reação em solução.

7 Soluções Iônicas

1. Balanço de cargas.
2. Condutividade específica:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}$$

3. Condutividade molar:

$$\Lambda_m^\circ = \frac{\kappa}{c}$$

4. Lei de migração independente:

$$\Lambda_m^\circ = \lambda_+^\circ + \lambda_-^\circ$$

5. Mobilidade iônica.

7.1 Habilidades

- a. **Calcular** a concentração de íons em solução a partir da condutividade.
- b. **Comparar** a condutividade de diferentes íons em solução.

8 Absortividade das Soluções

1. Espectrofotometria.
2. Absortividade molar.
3. Lei de Beer-Lambert:

$$A = \log_{10} \frac{I_0}{I} = \epsilon L c$$

8.1 Habilidades

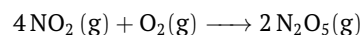
- a. **Determinar** a concentração de íons em solução a partir de sua absortividade.

Nível I

PROBLEMA 8.1

3D01

Considere a reação química:



Em um experimento, são formados 6 mol de N_2O_5 em um minuto.

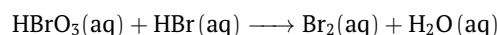
Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade média de consumo de dióxido de nitrogênio.

- A 100 mmol s⁻¹
- B 200 mmol s⁻¹
- C 300 mmol s⁻¹
- D 400 mmol s⁻¹
- E 500 mmol s⁻¹

PROBLEMA 8.2

3D02

Considere a reação química:



Em um experimento, são consumidos 20 mmol de HBr em um segundo.

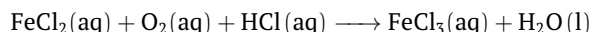
Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade média de formação de bromo.

- A 12 mmol s⁻¹
- B 14 mmol s⁻¹
- C 16 mmol s⁻¹
- D 18 mmol s⁻¹
- E 20 mmol s⁻¹

PROBLEMA 8.3

3D06

Considere a reação química:



Quando a concentração de ferro (II) é duplicada, a velocidade da reação aumenta 8 vezes. Quando as concentrações de ferro (II) e oxigênio são duplicadas, a velocidade aumenta 16 vezes. Quando a concentração de todos os reagentes é duplicada, a velocidade aumenta 32 vezes.

Assinale a alternativa com a ordem da reação em relação ao ácido clorídrico.

- A 0
- B 1
- C 2
- D 3
- E 4

PROBLEMA 8.4
3D05

Considere a reação química:



Quando a concentração de hidróxido é duplicada, a velocidade da reação dobra. Quando a concentração de bromometano é triplicada, a velocidade da reação triplica.

Assinale a alternativa com a ordem global da reação.

- A 0
- B 1
- C 2
- D 3
- E 4

PROBLEMA 8.5
3D03

A reação de Sabatier-Sanderens consiste na hidrogenação catalítica de alcenos ou de alcinos com níquel, para a obtenção de alcanos. Considere os resultados obtidos na reação de hidrogenação do acetileno:

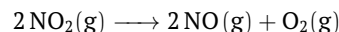
t/min	0	4	6	10	15	20	30
[C ₂ H ₂]/M	50	38	35	30	25	20	15

Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade média de consumo do hidrogênio no período de 4 min a 6 min.

- A 1,0 mol L⁻¹ min⁻¹
- B 1,5 mol L⁻¹ min⁻¹
- C 2,0 mol L⁻¹ min⁻¹
- D 2,5 mol L⁻¹ min⁻¹
- E 3,0 mol L⁻¹ min⁻¹

PROBLEMA 8.6
3D08

Considere a reação de decomposição do NO₂:



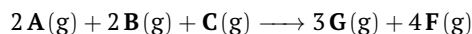
Essa reação possui constante cinética $k = 0,5 \text{ atm}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Em um experimento 4,6 g de NO₂ são adicionados em um recipiente de 224 mL a 0 °C.

Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de formação de NO.

- A 5 atm s⁻¹
- B 10 atm s⁻¹
- C 50 atm s⁻¹
- D 100 atm s⁻¹
- E 500 atm s⁻¹

PROBLEMA 8.7
3D09

Considere a reação química:



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

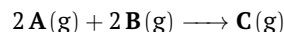
()	[A] /mM	[B] /mM	[C] /mM	v _G / (mM s ⁻¹)
1	10	100	700	2
2	20	100	300	4
3	20	200	200	16
4	10	100	400	2
5	50	300	500	

Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de consumo de A no experimento 5.

- A 50 mmol L⁻¹ s⁻¹
- B 60 mmol L⁻¹ s⁻¹
- C 70 mmol L⁻¹ s⁻¹
- D 80 mmol L⁻¹ s⁻¹
- E 90 mmol L⁻¹ s⁻¹

PROBLEMA 8.8
3D10

Considere a reação química:



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

() #	[A] /mM	[B] /mM	v / (mM s ⁻¹)
1	0,60	0,30	12,6
2	0,20	0,30	1,4
3	0,60	0,10	4,2
4	0,17	0,25	

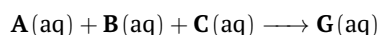
Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial do experimento 4.

- A** 0,59 mmol L⁻¹ s⁻¹
- B** 0,63 mmol L⁻¹ s⁻¹
- C** 0,74 mmol L⁻¹ s⁻¹
- D** 0,87 mmol L⁻¹ s⁻¹
- E** 0,96 mmol L⁻¹ s⁻¹

PROBLEMA 8.9

3D11

Considere a reação química:



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

() #	[A] /mM	[B] /mM	[C] /mM	v _G / (mM s ⁻¹)
1	1,25	1,25	1,25	8,7
2	2,50	1,25	1,25	17,4
3	1,25	3,00	1,25	50,8
4	1,25	3,00	3,75	457,0
5	3,00	1,00	1,15	

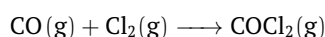
Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de formação de **G** no experimento 5.

- A** 10,5 mmol L⁻¹ s⁻¹
- B** 11,5 mmol L⁻¹ s⁻¹
- C** 12,5 mmol L⁻¹ s⁻¹
- D** 13,5 mmol L⁻¹ s⁻¹
- E** 14,5 mmol L⁻¹ s⁻¹

PROBLEMA 8.10

3D12

Considere a reação de síntese do gás fosgênio.



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

() #	[CO] /mM	[Cl ₂] /mM	r _{COCl₂} / (mM s ⁻¹)
1	0,12	0,20	0,121
2	0,24	0,20	0,241
3	0,24	0,40	0,682
4	0,17	0,34	

Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de formação de COCl₂ no experimento 4.

- A** 0,17 mmol L⁻¹ s⁻¹
- B** 0,37 mmol L⁻¹ s⁻¹
- C** 0,57 mmol L⁻¹ s⁻¹
- D** 0,77 mmol L⁻¹ s⁻¹
- E** 0,97 mmol L⁻¹ s⁻¹

PROBLEMA 8.11

3D13

A substância **A** sofre decomposição com cinética de ordem zero.

Assinale a alternativa *correta*.

- A** A velocidade inicial de consumo de **A** é maior que sua média.
- B** A velocidade inicial de consumo de **A** é função da concentração de **A**.
- C** A velocidade inicial de consumo de **A** permanece constante durante a reação.
- D** O logaritmo da concentração de **A** diminui linearmente com o tempo.
- E** A concentração de **A** diminui exponencialmente.

PROBLEMA 8.12

3D14

Uma substância gasosa se decompõe por um processo com cinética de ordem zero com constante $k = 1 \times 10^{-3} \text{ atm s}^{-1}$. Em um experimento, a pressão inicial dessa substância é 0,6 atm.

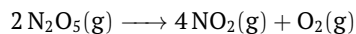
Assinale a alternativa que mais se aproxima do tempo necessário para que um terço da substância se decomponha.

- A** 100 s
- B** 200 s
- C** 400 s
- D** 600 s
- E** 700 s

PROBLEMA 8.13

3D15

Considere a reação de decomposição do N_2O_5 :



Com cinética de primeira ordem e constante $k = 5,2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Em um experimento a concentração inicial de N_2O_5 é 40 mmol L^{-1} .

Assinale a alternativa que mais se aproxima da concentração de N_2O_5 após 600 s do início do experimento.

- A 1,4 mmol L
- B 1,8 mmol L
- C 2,2 mmol L
- D 2,6 mmol L
- E 3,8 mmol L

PROBLEMA 8.14

3D16

Um fármaco é metabolizado pelo corpo humano por um processo com cinética de primeira ordem com constante $k = 7,6 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$. Uma dose contendo 20 mg desse fármaco é administrada em um paciente.

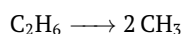
Assinale a alternativa que mais se aproxima da massa de fármaco restante após 5 h da administração.

- A 2 mg
- B 6 mg
- C 10 mg
- D 14 mg
- E 18 mg

PROBLEMA 8.15

3D17

Considere a reação de decomposição do etano a 700°C :



Com cinética de primeira ordem e constante $k = 2 \text{ h}^{-1}$. Em um experimento a pressão inicial de etano é 20 atm.

Assinale a alternativa que mais se aproxima do tempo necessário para que a pressão de metano caia para 2 atm

- A 50 min
- B 70 min
- C 90 min
- D 120 min
- E 150 min

PROBLEMA 8.16

3D18

O mercúrio é metabolizado pelo corpo humano por um processo com cinética de primeira ordem de meia-vida de 70 dias.

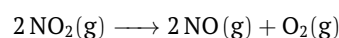
Assinale a alternativa que mais se aproxima do tempo necessário para que a concentração do mercúrio nos tecidos de um paciente decaia para 12,5% de seu valor inicial.

- A 70 dias
- B 140 dias
- C 210 dias
- D 280 dias
- E 350 dias

PROBLEMA 8.17

3D19

Considere a reação de decomposição do NO_2 :



Com cinética de segunda ordem e constante $k = 0,54 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Em um experimento a concentração inicial de NOBr é $0,3 \text{ mol L}^{-1}$.

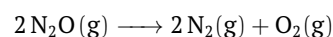
Assinale a alternativa que mais se aproxima do tempo necessário para que a concentração de NOBr caia para $0,1 \text{ mol L}^{-1}$

- A 10 s
- B 12 s
- C 14 s
- D 16 s
- E 18 s

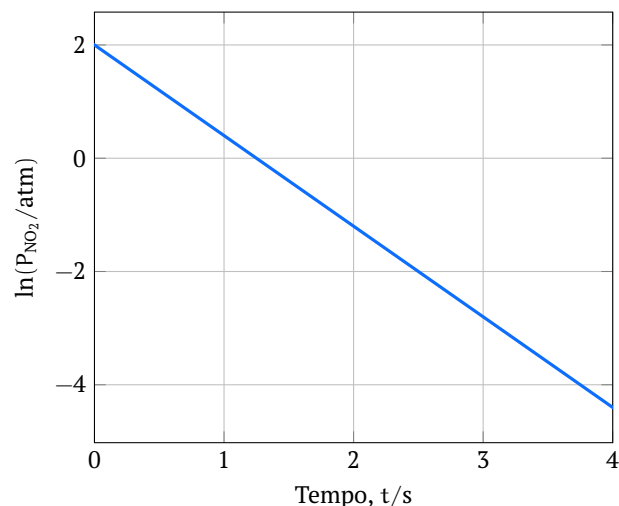
PROBLEMA 8.18

3D21

Considere a reação de decomposição do N_2O a 1000 K :



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:



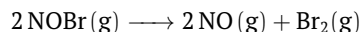
Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de formação de oxigênio em um experimento em que a pressão parcial de N_2O é 30 atm.

- A 12 atm s^{-1}
- B 24 atm s^{-1}
- C 72 atm s^{-1}
- D 360 atm s^{-1}
- E 720 atm s^{-1}

PROBLEMA 8.19

3D20

Considere a reação de decomposição do NOBr:



Com cinética de segunda ordem e constante $k = 0,8 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Em um experimento a concentração inicial de NOBr é 860 mol L^{-1} .

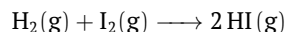
Assinale a alternativa que mais se aproxima da concentração de NOBr após 22 s.

- A 26 mmol L
- B 35 mmol L
- C 44 mmol L
- D 53 mmol L
- E 62 mmol L

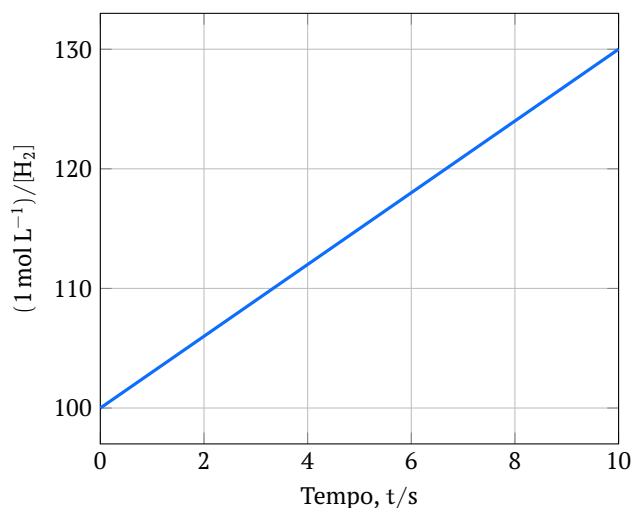
PROBLEMA 8.20

3D22

Considere a reação de decomposição do HI a 800 K:



Considere os resultados obtidos no estudo da cinética dessa reação com mesma concentração inicial de H_2 e I_2 :



Assinale a alternativa que mais se aproxima da velocidade inicial de formação de HI em um experimento em que a concentração de H_2 e I_2 é 2 mol L^{-1} .

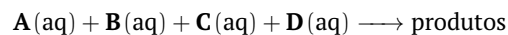
- A 6 atm s^{-1}
- B 12 atm s^{-1}
- C 24 atm s^{-1}
- D 48 atm s^{-1}
- E 72 atm s^{-1}

Nível II

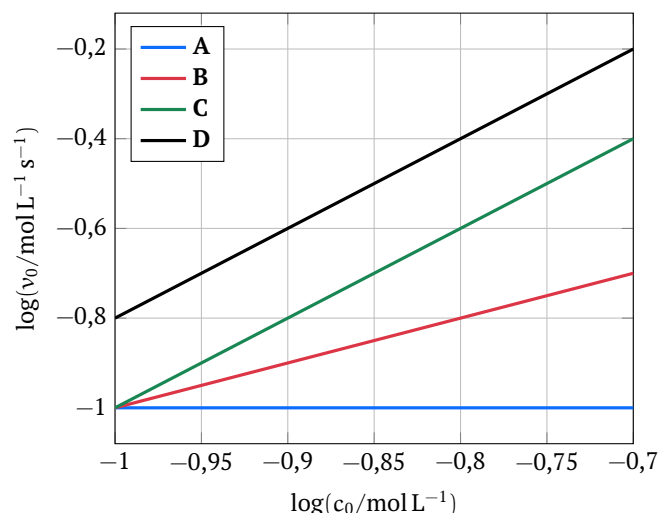
PROBLEMA 8.21

3D23

Considere quatro séries de experimentos em que quatro espécies químicas reagem entre si, à pressão e temperatura constantes:



Em cada série, fixam-se as concentrações de três espécies e varia-se a concentração, c_0 , da quarta. Para cada série, determina-se a velocidade inicial da reação, v_0 , em cada experimento. Os resultados de cada série são apresentados a seguir.



Assinale a alternativa com a ordem global da reação.

- A 3
- B 4
- C 5
- D 6
- E 7

PROBLEMA 8.22

3D25

Considere os resultados obtidos no estudo cinético da decomposição da substância A.

t/s	100	200	300	400	500
[A]/M	0,63	0,43	0,30	0,21	0,14
ln([A]/M)	-0,46	-0,84	-1,20	-1,56	-1,97
1/[A]/M	1,59	2,33	3,33	4,76	7,14

Assinale alternativa que mais se aproxima da constante cinética dessa reação.

- A $4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- B $4 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- C $4 \times 10^{-3} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- D $4 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
- E $4 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

PROBLEMA 8.23

3D24

Considere a reação química:



Considere as proposições:

1. Se $[A]$ variar linearmente com o tempo, a lei de velocidade da reação dependerá somente da constante de velocidade.
2. Se $1/[A]$ variar linearmente com o tempo, a reação será de segunda ordem.
3. Se a velocidade da reação variar linearmente com $[A]$, a reação será de primeira ordem.
4. Se a velocidade da reação variar linearmente com $[A]^2$, a reação será de segunda ordem.

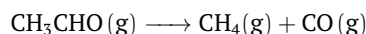
Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

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

PROBLEMA 8.24

3D26

Considere a reação de decomposição do etanal:



Em um experimento, metade do etanal em um cilindro de 90 atm sofre decomposição em 20 min. A lei de velocidade para essa reação é:

$$v_{CH_3CHO} = -k[CH_3CHO]^{3/2}$$

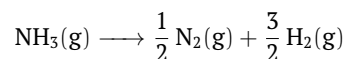
Assinale a alternativa que mais se aproxima do tempo necessário para a decomposição de metade do etanal em um cilindro de 10 atm.

- A** 1 h
- B** 2 h
- C** 3 h
- D** 4 h
- E** 5 h

PROBLEMA 8.25

3D27

Considere a reação de decomposição do amônia:



Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

P_{NH_3}/atm	264	130	59	16
$t_{1/2}/\text{min}$	456	228	102	60
$()$				

Assinale a alternativa com a ordem dessa reação.

- A** 0
- B** 1
- C** 2
- D** 3
- E** 4'

PROBLEMA 8.26

3D28

Considere os resultados obtidos no estudo cinético da decomposição de três substâncias, **A**, **B** e **C**

t/s	200	210	202	230	240
$[A]/M$	0,8000	0,7900	0,7800	0,7700	0,7600
$[B]/M$	0,8333	0,8264	0,8196	0,8130	0,8064
$[C]/M$	0,8186	0,8105	0,8024	0,7945	0,7866
$()$					

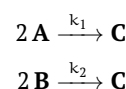
Assinale a alternativa com a ordem da cinética de decomposição de **A**, **B** e **C**, respectivamente.

- A** 1, 2 e 0.
- B** 0, 1 e 2.
- C** 0, 2 e 1.
- D** 2, 0 e 1.
- E** 2, 1 e 0.

PROBLEMA 8.27

3D30

Dois isômeros **A** e **B** se decompõem com cinética de segunda ordem formando o composto **C**:



Sendo $k_1 = 0,25 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Em um experimento, uma solução é preparada com 10 mmol L^{-1} de **A** e 25 mmol L^{-1} de **B**. Após três minutos, a concentração de **C** é $3,7 \text{ mmol L}^{-1}$.

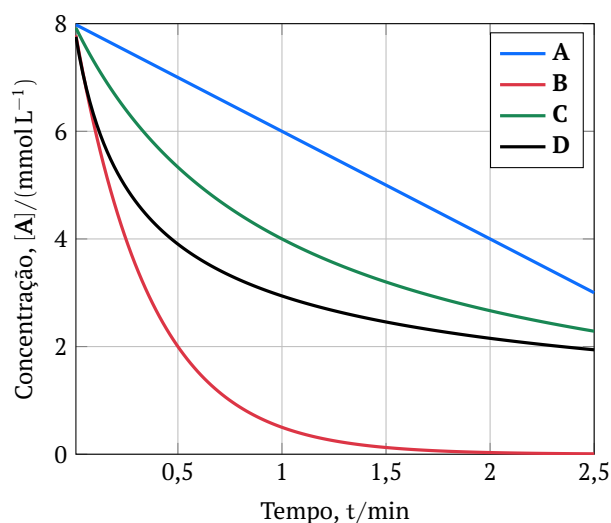
Assinale a alternativa que mais se aproxima do valor da constante cinética k_2 .

- A $0,11 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 B $0,22 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 C $2,20 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 D $0,44 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 E $4,40 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

PROBLEMA 8.28

3D29

Considere os resultados obtidos no estudo cinético da decomposição de quatro substâncias, A, B, C e D.



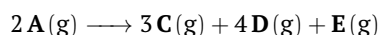
Assinale a alternativa com a substância que sofre decaimento com cinética de segunda ordem.

- A A
 B B
 C C
 D D
 E N

PROBLEMA 8.29

3D31

Considere a reação química:



A lei de velocidade para essa reação a 293°C é:

$$v_{\text{A}} = -(0,25 \text{ h}^{-1})P_{\text{A}}$$

Um reator químico, projetado com uma válvula de alívio de pressão que é acionada a $8,5 \text{ atm}$, contém uma mistura gasosa composta por quantidades iguais do reagente A e de uma substância inerte B, a 10°C e 2 atm . Ao elevar rapidamente a temperatura do reator para 293°C , o reagente A começa a se decompor.

- a. **Determine** o tempo até que a válvula de alívio seja acionada.
 b. **Determine** a composição do reator no momento de acionamento da válvula.

- c. **Determine** a quantidade máxima de mistura gasosa que pode ser adicionada ao reator sem que a válvula de alívio seja acionada.

PROBLEMA 8.30

3D33

Considere a reação química:



Um reator contém 20 atm de uma mistura gasosa contendo 75% da substância A e 25% do inerte I em volume. Os resultados a seguir foram obtidos no estudo da cinética dessa reação:

t/min	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42
P/atm	21	22	23	24	25
v/atm min ⁻¹	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36

- a. **Determine** a ordem da reação.
 b. **Determine** a constante cinética da reação.
 c. **Determine** a composição do reator em $10,42 \text{ min}$.

Gabarito

Nível I

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. B | 2. A | 3. B | 4. C | 5. E |
| 6. E | 7. B | 8. D | 9. B | 10. D |
| 11. C | 12. A | 13. B | 14. A | 15. B |
| 16. C | 17. B | 18. C | 19. D | 20. C |

Nível II

- C
- A
- E
- A
- A
- C
- C
- C
- 6 h
 - $P_{\text{A}} = 0,5 \text{ atm}$, $P_{\text{B}} = 2 \text{ atm}$, $P_{\text{C}} = 2,25 \text{ atm}$, $P_{\text{D}} = 0,75 \text{ atm}$, $P_{\text{E}} = 0,75 \text{ atm}$
 - $1,7 \text{ atm}$
- Segunda ordem
 - $0,01 \text{ min atm}^{-1}$
 - $P_{\text{A}} = 6 \text{ atm}$, $P_{\text{B}} = 14 \text{ atm}$, $P_{\text{C}} = 4 \text{ atm}$