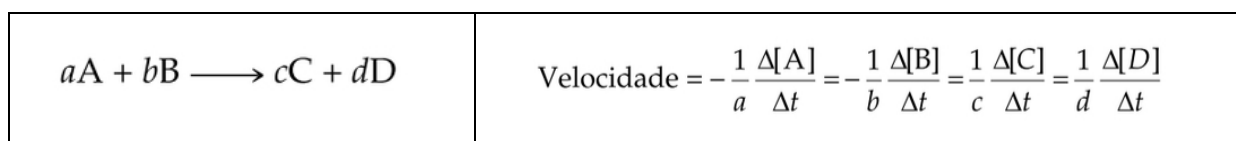




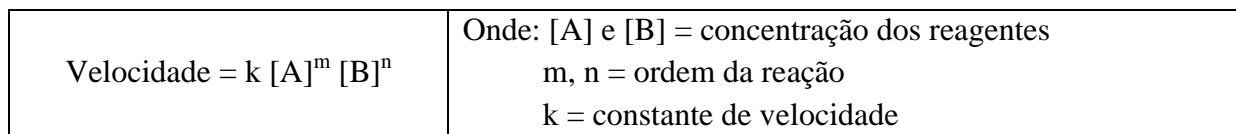
Experiência 4: Cinética de Reações Químicas

1. Introdução

A **Cinética Química** é a área da química que está relacionada com as velocidades das reações. A velocidade de uma reação química representa a variação na concentração dos reagentes ou produtos por unidade de tempo e é, geralmente, expressa em termos de concentração em quantidade de matéria por segundo ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$). Para uma reação geral, a velocidade é dada por:

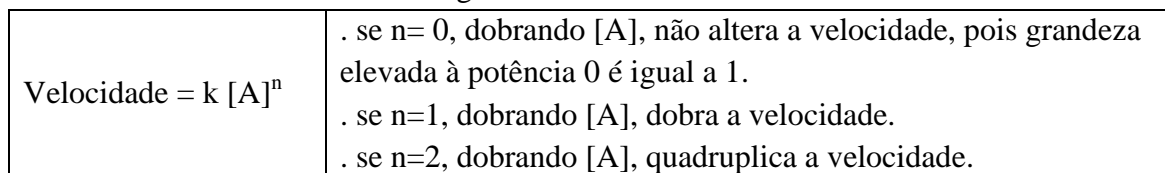


A **lei da velocidade** descreve a dependência da velocidade de uma reação em relação à concentração dos reagentes e pode ser descrita como:



A **ordem da reação** indica como a velocidade da reação pode ser afetada pela concentração de cada reagente (ex: se $m=1$, a reação é de primeira ordem em relação ao reagente A; se $n=2$ a reação é de segunda-ordem em relação ao reagente B). A **ordem total da reação** é a soma das ordens em relação a cada reagente (ex: se $m=1$ e $n=1$, então a reação é de segunda ordem como um todo). Os expoentes da ordem de reação são determinados experimentalmente, mas muitas vezes podem estar relacionados com os coeficientes da equação balanceada.

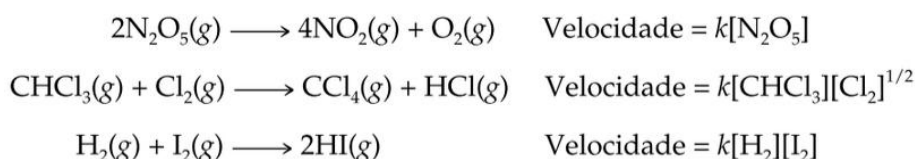
Considere a lei da velocidade a seguir:



A **constante de velocidade** fornece informações valiosas sobre a cinética de uma reação química, onde um valor alto da constante indica uma reação rápida. A unidade de uma constante depende da ordem total da reação, sendo que em uma reação de primeira ordem é expressa em s^{-1} e em uma reação de segunda ordem é expressa em $\text{mol}^{-1} \text{L s}^{-1}$.

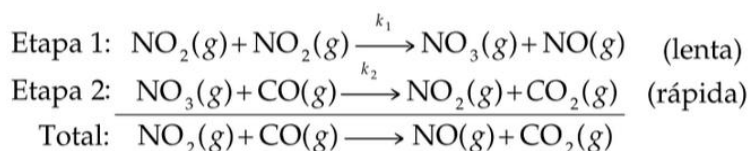


Exemplos de lei de velocidade:



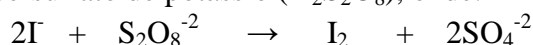
O **mecanismo de reação** é o conjunto de uma ou mais etapas moleculares que explicam como os reagentes se tornam produtos. As etapas individuais em um mecanismo são denominadas de **etapas elementares**. A maior parte dos mecanismos inclui uma etapa que é bem mais lenta do que as demais, denominada de etapa **determinante da velocidade**, a qual governa a lei da velocidade da reação como um todo.

No exemplo a seguir, a etapa 2 é muito mais rápida do que a 1 ($k_2 \gg k_1$) e o intermediário $\text{NO}_3(\text{g})$ é produzido lentamente na etapa 1 e é imediatamente consumido na etapa 2. Uma vez que a etapa 1 é lenta e a 2 é rápida, a etapa 1 é a determinante da velocidade. Portanto, a velocidade da reação como um todo é igual à velocidade da etapa 1.

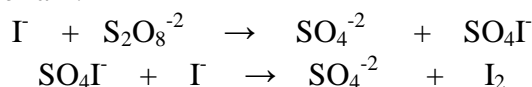


A **velocidade das reações pode ser afetada por diferentes fatores**, dentre os quais se encontram o estado físico dos reagentes, a concentração dos reagentes, a temperatura e a presença de catalisadores.

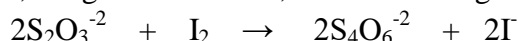
Na presente prática será avaliada a velocidade de reação entre os íons dos reagentes iodeto de potássio (KI) e persulfato de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), onde:



As etapas intermediárias seriam:



Para medir o tempo de reação em diferentes concentrações de persulfato e iodeto, a velocidade da reação pode ser acompanhada de modo indireto, através da adição de uma quantidade pequena e conhecida de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) e amido (solução indicadora) ao meio reacional. O tiosulfato adicionado reage muito rapidamente com o iodo formado na reação principal, e regenera o iodeto, conforme a seguinte equação:



Essa reação é muito rápida e, por isso, o tiosulfato é consumido com a mesma velocidade de formação do iodo, ou seja, com a mesma velocidade da reação que se deseja estudar. Quando todo o tiosulfato tiver reagido, o iodo que continua a se formar atribui à solução uma coloração azul, devido à presença de amido.

Como se conhece quanto foi adicionado de tiosulfato e também a estequiometria dessa última reação, pode-se determinar quanto foi consumido dos reagentes no intervalo entre o início da reação (mistura dos reagentes) e o aparecimento da coloração azul. Como a



quantidade de tiosulfato é muito pequena, comparada à dos outros reagentes, muito pouco desses reagentes (persulfato e iodeto) são consumidos até que apareça a coloração azul, o que permite considerar que essas concentrações não se alteram significativamente durante o processo, de modo a comprometer os resultados. Como os experimentos são realizados com o mesmo volume total de solução, a coloração azul sempre ocorrerá quando a mesma quantidade de tiosulfato tiver sido consumida. Deste modo, as quantidades dos dois reagentes que reagiram serão iguais, até ao momento do surgimento da cor azul, independentemente das concentrações. O que altera é o intervalo de tempo. Se t for o intervalo entre o instante do início da reação e o aparecimento da coloração azul, a grandeza $1/t$ será proporcional à velocidade inicial média da reação, porque esta última será uma fração cujo denominador será t e cujo numerador será sempre a mesma variação nas concentrações de persulfato ou de iodeto, em todos os experimentos.



Sugestões de Estudo

- Cinética Química;
- Lei de velocidade.

2. OBJETIVO

Compreender e executar um experimento de cinética química, com ênfase no estudo da equação da velocidade das reações e dos mecanismos da reação, bem como na avaliação dos fatores que influenciam na velocidade das reações químicas.

3. MATERIAIS E SOLUÇÕES

- | | |
|---|--|
| . Termômetro | . KCl 0,10 mol L ⁻¹ |
| . 3 Erlenmeyer de 125 mL | . K ₂ S ₂ O ₈ 0,05 mol L ⁻¹ |
| . 4 pipetas graduada de 5,0 mL | . K ₂ SO ₄ 0,05 mol L ⁻¹ |
| . Conta-gotas (para a solução de CuSO ₄) | . KI 0,10 mol L ⁻¹ |
| . Béquer de 50 mL (para a solução de K ₂ S ₂ O ₈) | . CuSO ₄ 0,10 mol L ⁻¹ |
| . Bacia com gelo | . Na ₂ S ₂ O ₃ 0,005 mol L ⁻¹ + amido. |
| . Cronômetro ou relógio | |
| . Banho-Maria (~ 45 °C) | |

4. PROCEDIMENTO

4.1. Ensaio cinéticos 1 a 8

- Separe 8 tubos de ensaio e numere-os de 1 a 8.
- De acordo com o Quadro 1, adicione todas as soluções requeridas a cada tubo de ensaio, exceto a solução de persulfato de potássio. Utilize pipetas graduadas para fazer a transferência dos volumes recomendados no Quadro 1.



- Coloque em um béquer pequeno a quantidade requerida da solução de persulfato de potássio para o tubo de ensaio 1, usando uma pipeta graduada de 5,0 mL.
 - Transfira rapidamente a solução de persulfato do béquer para o tubo de ensaio 1 contendo as outras soluções e, ao mesmo tempo e acione o cronômetro (ou monitore o tempo em um relógio). Agite o tubo de ensaio regularmente.
 - Marque na Tabela 1 o tempo que levou para o aparecimento da coloração azul.
 - Meça a temperatura da solução azul e anote na Tabela 1.
 - Repita estes procedimentos para os tubos de ensaio 2, 3, 4, 5 e 6, usando as respectivas quantidades requeridas das soluções conforme o Quadro 1.
- Observação: No tubo de ensaio 6, adicione 1 gota da solução de CuSO_4 (utilizada como catalisador), imediatamente após a adição da solução de persulfato.
- Para o ensaio cinético 7, aqueça o tubo de ensaio 7 contendo as soluções já adicionadas (exceto a solução de persulfato), até atingir uma temperatura próxima a $45\text{ }^\circ\text{C}$, utilizando um Banho-Maria. Proceda, em seguida, a adição da solução de persulfato, agite e cronometre a reação até o aparecimento da coloração azul. Meça a temperatura da solução azul e anote na Tabela 1.
 - Para o ensaio cinético 8, resfrie o tubo de ensaio 8 contendo as soluções já adicionadas (exceto a solução de persulfato), até atingir uma temperatura próxima a $5\text{ }^\circ\text{C}$, utilizando um banho de gelo. Proceda, em seguida, a adição da solução de persulfato, agite e cronometre a reação até o aparecimento da coloração azul. Meça a temperatura da solução azul e anote na Tabela 1.

Quadro 1. Volumes das diferentes soluções de reagentes utilizadas no estudo cinético da reação do iodeto com o persulfato.

SOLUÇÕES	TUBOS DE ENSAIO (Ensaio Cinéticos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
KI $0,10\text{ mol L}^{-1}$	5,0 mL	2,5 mL	1,0 mL	5,0 mL	5,0 mL	5,0 mL	5,0 mL	5,0 mL
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $0,005\text{ mol L}^{-1}$ + amido	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL
Água deionizada	-	2,5 mL	4,0 mL	2,5 mL	4,0 mL	-	-	-
$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ $0,05\text{ mol L}^{-1}$	5,0 mL	5,0 mL	5,0 mL	2,5 mL	1,0 mL	5,0 mL	5,0 mL	5,0 mL
CuSO_4 $0,10\text{ mol L}^{-1}$	-	-	-	-	-	1 gota	-	-
Volume total	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL	12,5 mL
Temperatura	ambiente	ambiente	ambiente	ambiente	ambiente	ambiente	$\sim 45\text{ }^\circ\text{C}$	$\sim 5\text{ }^\circ\text{C}$



Tabela 1. Resultados obtidos no experimento de estudo cinético da reação do iodeto com o persulfato.

PARÂMETRO	ENSAIO CINÉTICO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Temperatura (°C)								
Tempo (s)								
Velocidade (1/s)								

Questionamentos:

- 1) As concentrações de I^- e de $S_2O_8^{2-}$ influenciaram na velocidade da reação? Discuta e justifique com base nos resultados obtidos.
- 2) As diferentes temperaturas influenciaram na velocidade da reação? Discuta e justifique com base nos resultados obtidos.
- 3) O catalisador influenciou na velocidade da reação? Discuta e justifique com base nos resultados obtidos.