

GTA | Guião de Trabalho Autónomo n.º 44

FÍSICA E QUÍMICA A 11.º ANO

Tema 3: Equilíbrio químico

Subtema 2: Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas



PORQUÊ APRENDER SOBRE...?



O QUE VOU APRENDER?



COMO VOU APRENDER?



O QUE APRENDI?



COMO POSSO COMPLEMENTAR A
APRENDIZAGEM?



PORQUÊ APRENDER SOBRE...?

Efeito da concentração no equilíbrio químico

Imagina que um médico precisa de controlar a concentração de ferro no sangue de um doente. Ou que um engenheiro químico quer maximizar a produção de amoníaco. Em ambos os casos, é essencial saber o que acontece a um sistema em equilíbrio quando se altera a concentração de uma substância.

Neste guião vais explorar, através de um vídeo laboratorial e da análise de resultados, como um sistema em equilíbrio responde à adição ou remoção de reagentes e produtos.



O QUE VOU APRENDER?

- Aplicar, na resolução de problemas, o conceito de equilíbrio químico em sistemas homogéneos, incluindo a análise de gráficos, a escrita de expressões matemáticas que traduzam a constante de equilíbrio e a relação entre a constante de equilíbrio e a extensão de uma reação, explicando as estratégias de resolução.
- Relacionar as constantes de equilíbrio das reações direta e inversa.
- Prever o sentido da evolução de um sistema químico homogéneo quando o estado de equilíbrio é perturbado (variações de pressão em sistemas gasosos, de temperatura e de concentração), com base no Princípio de *Le Châtelier*.
- Prever o sentido da evolução de um sistema químico homogéneo por comparação entre o quociente da reação e a constante de equilíbrio.
- Investigar, experimentalmente, alterações de equilíbrios químicos em sistemas aquosos por variação da concentração de reagentes e produtos, formulando hipóteses, avaliando procedimentos e comunicando os resultados.
- Aplicar o Princípio de *Le Châtelier* à síntese do amoníaco e a outros processos industriais e justificar aspetos de compromisso relacionados com temperatura, pressão e uso de catalisadores.



COMO VOU APRENDER?

GTA 40: Equilíbrio em reações incompletas

GTA 41: Extensão das reações químicas

GTA 42: Fatores que alteram o equilíbrio químico

GTA 43: Variação de temperatura e otimização

GTA 44: Efeito da concentração no equilíbrio químico



TAREFA 2: Atividade laboratorial

O que acontece à cor da solução de $[\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$ quando se alteram as concentrações dos reagentes ou dos produtos?

Para responder a esta questão, deves ler atentamente a Etapa 1 que contém a descrição experimental, que poderias realizar se estivesses num laboratório escolar. Depois deves responder, na etapa 2, à previsão de resultados e, na etapa 3, às questões que permitem obter as conclusões.

Etapa 1: Descrição experimental

Material:

- Óculos de proteção
- 5 conta-gotas
- Placa de microanálise com 12 cavidades (ou 12 tubos de ensaio e suporte)
- Microvaretas (ou palitos)

Reagentes:

- $\text{KSCN}(\text{aq})$, de $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$, de $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{AgNO}_3(\text{aq})$, de $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$, de $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$
- Água destilada

⚠️ SEGURANÇA

Nitrato de prata, AgNO_3 : provoca irritação cutânea e ocular. É muito tóxico para os organismos aquáticos.

Trinitrato de ferro $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$: provoca irritação cutânea e ocular moderada.
Tiocianato de potássio, KSCN e Oxalato de sódio, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$: não apresentam perigosidade significativa nas concentrações utilizadas.

Procedimento experimental:

1. Preparar a placa

Numera 12 cavidades da placa de microanálise ou tubos de ensaio com as letras A, B, C, D (linhas) e números 1, 2, 3 (colunas).

	1	2	3
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3

2. Preparar a solução base

Adiciona a todas as 12 cavidades ou tubos: 1 gota de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$ + 1 gota de $\text{KSCN}(\text{aq})$.

Agita com microvareta limpa até observar a cor vermelho-vivo característica de $[\text{FeSCN}]^{2+}$.



3. Adicionar água destilada

Para que todas as cavidades ou os tubos tenham o mesmo volume final (evitando efeito de diluição nas comparações):

Coluna 1: adiciona **2 gotas de água** (sem reagente = amostras de controlo).

Coluna 2: adiciona **1 gota de água** (receberá 1 gota de reagente).

Coluna 3: adiciona **0 gotas de água** (receberá 2 gotas de reagente).

4. Adicionar os reagentes indicados:

Linha	Coluna 2	Coluna 3
A	+1 gota $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	+2 gotas $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
B	+1 gota KSCN	+2 gotas KSCN
C	+1 gota AgNO_3	+2 gotas AgNO_3
D	+1 gota $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	+2 gotas $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

Etapa 2: Registo de resultados esperados

Copia esta tabela para o caderno e **preenche** com base na análise do vídeo e nos teus conhecimentos.

Reagente adicionado	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$			
KSCN			
AgNO_3			
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$			

Embora o vídeo utilize alguns reagentes diferentes dos da atividade laboratorial, o efeito no equilíbrio químico é semelhante: certas espécies removem iões Fe^{3+} ou SCN^- da solução, provocando deslocamento do equilíbrio.

Etapa 3: Análise, interpretação e conclusões

Responde no caderno:

- Por que razão** se adiciona diferente número de gotas de água em cada coluna?
- Por que razão** não se adiciona nenhum reagente às cavidades da coluna 1?
- Usa** a relação entre Q_c e K_c para explicar o que acontece quando se adiciona Fe^{3+} ao equilíbrio.
- Para cada ião** (Fe^{3+} / SCN^- / Ag^+ / $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), **reescreve** quatro versões da frase seguinte, selecionando as palavras sublinhadas de forma a tornar as frases corretas.

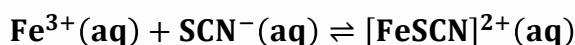
“Quando se adiciona Fe^{3+} / SCN^- / Ag^+ / $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica maior/menor do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação direta/inversa, o que corresponde ao aumento/ à diminuição da cor vermelha da solução”.



TAFERA 3: Prática

Etapa 1: Exercício 1

1. Um grupo de alunos adicionou, num gobelé, uma solução amarela contendo iões ferro(III), Fe^{3+} , a uma solução incolor contendo iões tiocianato, SCN^- , obtendo uma solução vermelha devido à presença do ião complexo $[\text{FeSCN}]^{2+}$. O equilíbrio estabelecido pode traduzir-se por:



1.1 Para testar o efeito da temperatura no equilíbrio, a solução foi arrefecida, observando-se intensificação da cor vermelha.

Conclui, justificando, se a variação de entalpia associada à formação do ião $[\text{FeSCN}]^{2+}$ é positiva ou negativa.

1.2 Para testar o efeito da concentração, os alunos dispunham de soluções aquosas de trinitrato de ferro, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, e de hidróxido de sódio, NaOH , cujos iões OH^- formam com Fe^{3+} o precipitado pouco solúvel $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$. Mantendo a temperatura constante, os alunos adicionaram algumas gotas de uma destas soluções ao sistema em equilíbrio e observaram uma diminuição da intensidade da cor vermelha.

Seleciona a opção correta, justificando:

(A) Na solução em equilíbrio encontram-se os iões Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$, e foi adicionada a solução de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

(B) Na solução em equilíbrio encontram-se apenas os iões Fe^{3+} e SCN^- , e foi adicionada a solução de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

(C) Na solução em equilíbrio encontram-se os iões Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$, e foi adicionada a solução de NaOH .

(D) Na solução em equilíbrio encontram-se apenas os iões Fe^{3+} e SCN^- , e foi adicionada a solução de NaOH .

(Adaptado de Exame Final Nacional de Física e Química A, 1.ª fase, 2024, Item 9.)

Etapa 2: Verifica o que aprendeste

Resolve os exercícios propostos no teu manual sobre o efeito da concentração no equilíbrio químico.

Compara as tuas respostas com as soluções e com as respostas dos teus colegas.

Regista dúvidas e **revê** os conceitos, se necessário.

Estuda com um colega.

Ideias-chave deste subtema:

Um sistema em equilíbrio perturbado por variação de concentração, temperatura ou pressão evolui para contrariar essa perturbação (*Le Châtelier*). A temperatura é o único destes fatores que altera o valor de K_c .



TAREFA 2:

Etapa 2:

Reagente adicionado	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	vermelho-vivo	vermelho mais intenso	vermelho mais intenso
KSCN	vermelho-vivo	vermelho mais intenso	vermelho mais intenso
AgNO_3	vermelho-vivo	precipitado branco e perda de cor	precipitado branco e perda de cor
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	vermelho-vivo	solução mais amarelada	solução mais amarelada

Etapa 3:

1. Por que razão se adiciona diferente número de gotas de água em cada coluna?

Adiciona-se água para que o volume total de cada cavidade seja idêntico. Assim, evita-se que a variação de cor observada seja devida à diluição e não à adição do reagente em causa. Desta forma, compara-se com rigor o efeito de cada reagente.

2. Por que razão não se adiciona nenhum reagente às cavidades da coluna 1?

A coluna 1 serve como amostra de controlo (branco). Permite comparar visualmente as alterações de cor das outras colunas relativamente à solução inicial, garantindo que qualquer alteração observada se deve à adição dos reagentes e não a outro fator.

3. Usa a relação entre Q_c e K_c para explicar o que acontece quando se adiciona Fe^{3+} ao equilíbrio.

Quando se adiciona Fe^{3+} , a sua concentração aumenta instantaneamente. O quociente da reação $Q_c = [\text{FeSCN}^{2+}] / [\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]$ fica menor do que K_c (o denominador aumentou). O sistema evolui no sentido direto (\rightarrow) para restaurar o equilíbrio, formando mais $[\text{FeSCN}]^{2+}$. A solução fica com cor vermelho mais intenso.



PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

TAREFA 2

Etapa 3

4. Para cada ião (Fe^{3+} / SCN^- / Ag^+ / $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), reescreve quatro versões da frase seguinte, selecionando as palavras sublinhadas de forma a tornar as frases corretas.

“Quando se adiciona Fe^{3+} / SCN^- / Ag^+ / $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica maior/menor do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação direta/inversa, o que corresponde ao aumento/à diminuição da cor vermelha da solução”.

- Quando se adiciona Fe^{3+} ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica **menor** do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação **direta**, o que corresponde ao **aumento** da cor vermelha da solução.
- Quando se adiciona SCN^- ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica **menor** do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação **direta**, o que corresponde ao **aumento** da cor vermelha da solução.
- Quando se adiciona Ag^+ ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica **maior** do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação **inversa**, o que corresponde à **diminuição** da cor vermelha da solução.
- Quando se adiciona $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ao equilíbrio $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, o quociente da reação (Q_c) fica **maior** do que a constante de equilíbrio (K_c), sendo favorecida a reação **inversa**, o que corresponde à **diminuição** da cor vermelha da solução.

TAREFA 3

Etapa 1

O equilíbrio estabelecido pode traduzir-se por:



1.1 Para testar o efeito da temperatura no equilíbrio, a solução foi arrefecida, observando-se intensificação da cor vermelha.

Conclui, justificando, se a variação de entalpia associada à formação do ião $[\text{FeSCN}]^{2+}$ é positiva ou negativa.

Ao arrefecer a solução, observou-se intensificação da cor vermelha, indicando aumento da concentração de $[\text{FeSCN}]^{2+}$. Logo, a diminuição da temperatura favoreceu a reação direta.

Segundo o Princípio de *Le Châtelier*, a diminuição da temperatura favorece as reações exotérmicas.

Assim, a reação de formação de $[\text{FeSCN}]^{2+}$ é exotérmica e: $\Delta H < 0$.



PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

TAREFA 3

1.2 Para testar o efeito da concentração, os alunos dispunham de soluções aquosas de trinitrato de ferro, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, e de hidróxido de sódio, NaOH , cujos íons OH^- formam com Fe^{3+} o precipitado pouco solúvel $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$. Mantendo a temperatura constante, os alunos adicionaram algumas gotas de uma destas soluções ao sistema em equilíbrio e observaram uma diminuição da intensidade da cor vermelha.

Selecione a opção correta, justificando:

(A) Na solução em equilíbrio encontram-se os íons Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$, e foi adicionada a solução de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

(B) Na solução em equilíbrio encontram-se apenas os íons Fe^{3+} e SCN^- , e foi adicionada a solução de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

(C) Na solução em equilíbrio encontram-se os íons Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$, e foi adicionada a solução de NaOH .

(D) Na solução em equilíbrio encontram-se apenas os íons Fe^{3+} e SCN^- , e foi adicionada a solução de NaOH .

Resposta: Opção C

Porquê não (A): A adição de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ aumentaria $[\text{Fe}^{3+}]$, deslocando o equilíbrio no sentido direto, a cor ficaria *mais intensa*, não menos. Logo, não pode ter sido $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

Porquê NaOH: Os íons OH^- reagem com Fe^{3+} formando $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$, *removendo* Fe^{3+} da solução. Ao diminuir $[\text{Fe}^{3+}]$, Q_c fica maior que K_c e o equilíbrio desloca-se no sentido inverso (\leftarrow), consumindo $[\text{FeSCN}]^{2+}$. A cor vermelha diminui.

Porquê os três íons coexistem: Num sistema em equilíbrio coexistem sempre reagentes e produtos: Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$ estão todos presentes na solução.



O QUE APRENDI?

Já sabes prever o efeito da concentração no equilíbrio e interpretar resultados laboratoriais?

És capaz de...

- prever o sentido de deslocamento quando se adiciona ou remove um reagente/produto?
- interpretar a variação de cor de $[\text{FeSCN}]^{2+}$ como indicador do deslocamento do equilíbrio?
- usar Q_c vs K_c para justificar o sentido de evolução?
- relacionar novos conceitos com anteriores?
- identificar dificuldades e procurar ajuda quando necessário?

Sugestões:

Analisa as propostas de resolução dos exercícios. Se necessário, **repete** as tarefas.

Estuda com um ou mais colegas de turma, para reforçares as aprendizagens e, se possível, esclarece as tuas dúvidas.

Pratica, resolvendo os exercícios do teu manual escolar.



COMO POSSO COMPLEMENTAR A APRENDIZAGEM?

Explora outros recursos:

[Reações e Taxas - Cinemática | Concentração | Reação - Simulações Interativas PhET](#)



[AL Efeito da concentração no equilíbrio químico](#)



[AL 1.2 - Efeito da Concentração no Equilíbrio Químico](#)



[Equilibrium: Crash Course Chemistry #28](#)

