

Ficha — Equilíbrio químico: constante K, extensão e quociente de reação

11.º Ano

Física e Química A

4 páginas

12 exercícios

Objetivo: Interpretar o estado de equilíbrio num sistema fechado, escrever e usar a constante de equilíbrio K (relação com a extensão, constantes direta/inversa), comparar o quociente de reação Q com K para prever o sentido da evolução e ler gráficos de concentração-tempo.

Revisão rápida

Equilíbrio químico (sistema fechado, reação reversível $\rightleftharpoons$): estado em que $v_{direta} = v_{inversa} \neq 0$ — as reações **continuam** e as concentrações ficam **constantes** (não necessariamente iguais!). É um equilíbrio **dinâmico**.

Constante de equilíbrio — razão (produtos/reagentes) com coeficientes como **expoentes**, só espécies em **gases e soluções** (sólidos e líquidos puros ficam de fora):

$$K = \frac{[produtos]^{coef.}}{[reagentes]^{coef.}}$$

K vs extensão	Equilíbrio favorece	Exemplo (a 25 °C)
K muito grande ($\gg 1$)	produtos (reagiu quase tudo)	$K = 10^5 \rightarrow$ quase só produtos
$K \approx 1$	misto (reagentes e produtos)	$K = 3 \rightarrow$ ligeiro favorecimento
K muito pequena ($\ll 1$)	reagentes (quase nada reagiu)	$K = 10^{-4} \rightarrow$ quase só reagentes

Reação direta vs inversa: se a direta tem K, a inversa tem $K' = 1/K$ (inverter a equação inverte a constante — multiplicar por -1 no logaritmo).

Quociente de reação Q (com as concentrações *instantâneas*, quaisquer que sejam):

$$Q < K \rightarrow \text{evolui} \rightarrow (\text{frente, prod.}) \cdot Q = K \rightarrow \text{equilíbrio} \cdot Q > K \rightarrow \text{evolui} \leftarrow (\text{trás, reag.})$$

K depende só da temperatura — pressão e concentração mudam o caminho, não o alvo (ver próxima ficha). **Estratégia:** escrever K $\rightarrow$ pôr valores $\rightarrow$ comparar com K $\rightarrow$ decidir o sentido.

Exercícios

1. Completar: no equilíbrio, a velocidade da reação direta é _____ à da inversa, e as concentrações _____ (não: são iguais!). Porque se chama «dinâmico» e não «parado»?

2. Escreve a expressão de K: (a) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ · (b) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ · (c) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ — porque é que só o CO_2 aparece?

3. Interpretação de K: (a) $K = 1,2 \times 10^5$ — o que a solução contém maioritariamente? (b) $K = 3,4 \times 10^{-6}$? (c) Porque é que K «grande» significa reação extensiva?

4. Direta e inversa: para $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, $K = 4 \times 10^4$. (a) Que K teria a reação inversa? (b) O que acontece à «extensão» ao inverter (a inversa é extensiva)?

5. Cálculo de K: em equilíbrio a certa T, $[HI] = 0,4 \text{ M}$, $[I_2] = 0,1 \text{ M}$, $[H_2] = 0,2 \text{ M}$ em $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$. Calcula K e classifica a extensão.

6. Q vs K — prevê o sentido: (a) $[NH_3] = 0,5$, $[N_2] = 0,5$, $[H_2] = 0,5$ com $K = 2$ (equação da ficha 8); (b) mesmo sistema com $[NH_3] = 3$ e os restantes a 0,5. Em cada caso, o que acontece a $[NH_3]$?

7. Gráfico [X] vs tempo: uma curva de [produtos] sobe e estabiliza em 0,25 M aos 40 s; [reagentes] desce e estabiliza em 0,35 M. (a) O que «estabilizar» significa (e o que NÃO significa)? (b) A partir de que momento o sistema está em equilíbrio? (c) Como sabias que a reação é reversível sem ver a tabela?

8. Unidades e escala: porque é que K normalmente se dá sem unidades (razão de grandezas adimensionais na convenção) — e porquê dizer sempre a temperatura ao dar K?

9. Sólidos e líquidos puros: porquê o $\text{CaCO}_3(\text{s})$ não entra na expressão de K do ex. 2(c)? E se a pedra for pica-pica (maior superfície) — K muda? A velocidade muda?

10. Preencher: « K depende _____ da temperatura; pressão e concentração alteram _____ do equilíbrio, mas não _____; K muito grande indica _____ quase completa».

11. Extensão a partir de K : duas reações à mesma T : A com $K = 2 \times 10^{-8}$, B com $K = 5 \times 10^3$. (a) Em qual a conversão é maior? (b) Que percentagem qualitativa de matéria está de cada lado? (c) Como se ligam K e rendimento (ficha 8) numa indústria?

12. Síntese: porque é que K é uma constante se as concentrações mudam durante a reação? Explica a diferença entre o que K fixa (razão no equilíbrio) e o que Q mede (estado atual) — e porquê a comparação Q vs K é um termómetro do sentido da reação.

Soluções — Equilíbrio químico e constante K

11.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. **igual · ficam constantes.** Dinâmico porque as duas reações **continuam a mesma velocidade** (moléculas a converter-se em ambos os sentidos) — o macroscópio não muda, o microscópio trabalha: as duas direções trabalham ao mesmo ritmo — é um equilíbrio molecular, não uma paragem.

2. (a) $K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$. (b) $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$. (c) Só o CO_2 — porque **sólidos puros ficam de fora** (atividade constante = 1): $K = [CO_2]$ → a expressão é «a pressão/concentração de CO_2 no equilíbrio».

3. (a) **produtos** (HI dominante) — conversão quase total. (b) **reagentes** — conversão mínima. (c) K é a razão *produtos/reagentes*: $K \gg 1$ significa «os produtos ganharam» — a reação **avantajou** quase até ao fim (extensiva).

4. (a) $K' = 1/K = 1/(4 \times 10^3) = 2,5 \times 10^{-4}$. (b) Não: a inversa tem K pequena e, portanto, é **pouco extensiva** — o que é extensivo na direta é difícil de desfazer (a «volta» quase não acontece por si).

5. $K = (0,4)^2/((0,2)(0,1)) = 0,16/0,02 = 8$ — $K > 1$: equilíbrio **ligeiramente favorecido aos produtos** (extensão moderada).

6. (a) $Q = (0,5)^2/((0,5)(0,5)^3) = 0,25/0,0625 = 4 \rightarrow Q(4) > K(2) \rightarrow$ evolui **← para os reagentes**: $[NH_3]$ **desce**. (b) $Q = (3)^2/0,0625 = 9/0,0625 = 144 \rightarrow Q \gg K \rightarrow$ muito para os reagentes: $[NH_3]$ **desce muito**. (Note-se: em (a) já havia «excesso» de NH_3 face ao equilíbrio — o sistema corrige.)

7. (a) Significa que as concentrações **deixaram de mudar** — **não** que a reação parou: é o equilíbrio dinâmico ($v_{\text{direta}} = v_{\text{inversa}}$). (b) A partir do **plateau** (~40 s) — quando as curvas se horizontalizam. (c) Se fosse **irreversível**, [reagentes] tenderia a zero e [produtos] estabilizaria no máximo estequiométrico; o facto de parar **antes** de o reagente acabar (e de ambas as curvas estabilizarem em valores finitos) denuncia ⇌.

8. K é uma **razão de concentrações «normalizadas»** (mesma unidade em cima e em baixo → unitless) na convenção termodinâmica — mas só é assim sempre na mesma convenção. Diz-se a temperatura porque **K varia com T**: a mesma reação tem K diferente a 100 °C e a 25 °C — K sem T é meia informação (e às vezes a mudança de T é tão grande que inverte a reação).

9. O sólido tem concentração/massa volúmica **constante** (densidade fixa) — é «absorvida» na constante: entra na razão como 1 → não a altera. Com pica-pica, a **superfície aumenta** → K **não muda** (é constante de equilíbrio, só depende de T), mas a **velocidade aumenta** (mais contacto → chega ao equilíbrio mais depressa) — a distinção «velocidade ≠ posição» é aqui essencial.

10. só · o **caminho** · a **posição (K)** · a **conversão**.

11. (a) B ($K = 5 \times 10^3$): conversão muito maior. (b) A: quase só reagentes (menos de 0,1 % convertido, ordem de K) · B: quase só produtos (>99 %). (c) Num processo com K **modesta** (ordem de 1–100), o rendimento máximo teórico é limitado pelo equilíbrio — por isso a indústria **tira produto pelo caminho** (remove produto → $Q < K \rightarrow$ reage mais; ver ficha 10): K marca o teto, o processo contorna-o.

12. K é constante porque é a **razão que o sistema atinge quando $v_d = v_i$** — as concentrações mudam *até lá* e param de mudar quando a razão chega a K. **K fixa o destino** (a razão-alvo, só com T); **Q mede a posição presente** (razão com os valores de agora). Comparar Q com K é «faltar muito ao destino?» ($Q < K \rightarrow$ segue) ou «passá-lo?» ($Q > K \rightarrow$ volta) — é o termómetro que diz em que sentido o sistema vai corrigir-se.

Nota: quatro blocos — **dinâmico**: $v_d = v_i$ · **escrever K (sólidos fora)** · **K vs extensão + inversa (1/K)** · **Q vs K + gráficos**. Próxima ficha: perturbações — Princípio de Le Châtelier.