Sistemas tampão e curvas de titulação

12.º Ano | Química | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: Caraterizar um sistema tampão (composição e ação), interpretar a relação entre K_a, pK_a e o pH do tampão, traçar e ler a curva de titulação de um ácido forte com uma base fraca, identificando as suas zonas e o ponto de equivalência, e escolher o indicador adequado ao par titulado.

Revisão rápida

- **Sistema tampão:** solução que *resiste* a mudanças de pH quando se acrescentam pequenas quantidades diluídas de ácido ou de base. Composição típica: **ácido fraco + sal do seu base conjugada** (ex.: CH_3COOH + CH_3COONa).
- **Porquê resiste:** o par converte o H^+ acrescentado em molécula fraca (CH_3COOH) e o OH^- acrescentado em água, mantendo a razão $[A^-]/[HA]$ — e portanto o pH — praticamente constante.
- **Equação de Henderson:** $pH = pK_a + log([A^-] \div [HA])$ — quando as concentrações são iguais, **pH = pK_a** (tampão acetato: pH ≈ 4,74). Existe sempre um *limite*: esgotado o par, o tampão deixa de agir.
- **Titulação HCl (forte) + NH_3 (fraca):** o ponto de equivalência dá um sal ácidoico (NH_4Cl) → **pH < 7**; usa-se um indicador de transição em meio ácido.

Exercícios

1. Define: a) sistema tampão b) a sua composição típica c) porque é que uma solução de HCl não é um tampão.

2. Porque resiste o tampão: num tampão acetato, descreve o destino de: a) um H^+ acrescentado: $H^+ + CH_3COO^- \rightarrow$ __ b) um OH^- acrescentado: $OH^- + CH_3COOH \rightarrow$ __ c) o que acontece à razão $[A^-]/[HA]$ e ao pH?

3. Henderson: um tampão tem $[CH_3COO^-] = [CH_3COOH]$ e $K_a = 1{,}8\times10^{-5}$. a) pK_a = __ b) pH do tampão = __ c) se acrescentares uma gota de NaOH diluído, o pH altera-se significativamente? __ — porquê? d) o que acontece quando o par se esgota?

4. V/F — corrige as falsas: a) «Um tampão mantém o pH constante indefinidamente.» ( ) b) «O sangue humano tem sistemas tampão.» ( ) c) «Um tampão pode conter uma base fraca com o seu sal.» ( ) d) «O tampão altera o equilíbrio da água.» ( )

© 2026 Estudantices

5. Titulação de 25 mL de HCl 0,1 M com NH_3 0,1 M: a) identifica o ácido forte e a base fraca b) o que se forma no ponto de equivalência? __ c) o pH nesse ponto é < 7, = 7 ou > 7? __ — justifica d) indicador adequado: __

6. Curva (dados do exercício): volume de NH_3 adicionado (mL): 0 → pH 1,00 · 10 → 1,37 · 20 → 1,95 · 24 → 2,69 · 25 → 5,28 · 30 → 8,56. a) onde está o ponto de equivalência? __ b) que salto de pH o marca? c) descreve a zona inicial e porque o pH sobe devagar.

7. Compara com CH_3COOH + NaOH: a) que sal se forma no ponto de equivalência? __ b) pH do ponto de equivalência: < 7, = 7 ou > 7? __ c) há zona tampão nesta titulação? Onde? (dica: antes do ponto, acumula-se o par CH_3COOH/CH_3COO^-) d) indicador indicado: __

8. Cálculos rápidos: a) pH inicial de 25 mL de HCl 0,1 M __ b) volume de NH_3 0,1 M necessário para o ponto de equivalência: __ c) concentração de NH_4Cl no ponto: 2,5 mmol ÷ 50 mL = __ mol/L

© 2026 Estudantices

9. Capacidade do tampão: a) o que significa «a tampão deixa de funcionar»? b) o que determina a quantidade de ácido/base que um tampão consegue absorver? c) em termos do par, o que se esgota primeiro?

10. Escolha do indicador — liga cada par à transição indicada: (ácido forte × base forte → pH ≈ 7 · ácido fraco × base forte → pH > 7 · ácido forte × base fraca → pH < 7) a) CH_3COOH + NaOH → __ b) HCl + NaOH → __ c) HCl + NH_3 → __ — porque é que o indicador tem de mudar de cor dentro da zona do salto?

11. Leitura crítica da curva: a) porque é que o pH varia pouco na zona inicial da titulação de HCl com NH_3? b) porque é que o pH salta bruscamente perto dos 25 mL? c) porque é que, depois do ponto de equivalência, o pH tende para uma zona básica?

12. Produção: explica em 3 frases o que é um sistema tampão e como, lendo uma curva de titulação, identificas o ponto de equivalência e o caráter da solução no final.

© 2026 Estudantices

Soluções — Sistemas tampão e curvas de titulação

1. a) (modelo) Solução que resiste a mudanças de pH quando se acrescentam pequenas quantidades diluídas de ácido ou de base b) ácido fraco + sal do seu base conjugada (ou base fraca + sal do ácido conjugado) c) (modelo) Porque não tem um par que absorva os iões acrescentados: o H^+/OH^- livre muda a [H^+] diretamente e o pH desloca-se logo.

2. a) $H^+ + CH_3COO^- \rightarrow CH_3COOH$ b) $OH^- + CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$ c) (modelo) a razão altera-se muito pouco, e como $pH = pK_a + log([A^-]/[HA])$ o pH praticamente não se move.

3. a) **4,74** b) log(1) = 0 → **pH = pK_a = 4,74** c) **não significativamente** — o OH^- acrescentado é neutralizado pelo CH_3COOH, mantendo a razão (pH sobe apenas uma fração) d) (modelo) quando o par se esgota (um dos componentes desaparece), a solução deixa de tamponar e o pH passa a variar livremente.

4. a) **F** — só dentro da capacidade do par e numa faixa próxima do pK_a b) **V** — o sistema dos bicarbonatos mantém o sangue entre ~7,35 e 7,45 c) **V** — ex.: NH_3/NH_4Cl d) **F** — trabalha sobre o equilíbrio do ácido fraco, não sobre a água; e a água mantém K_w constante.

5. a) ácido forte: **HCl** · base fraca: **NH_3** b) **cloreto de amónio (NH_4Cl)** — o ião NH_4^+ é o ácido conjugado da base fraca c) **pH < 7** (≈ 5,3) — o NH_4^+ hidrolisa, libertando H_3O^+ d) indicador de transição **em meio ácido** (ex.: vermelho de metilo, 4,4–6,2).

6. a) em **25 mL** b) de pH ≈ 2,7 para ≈ 5,3 (e continuando a subir) — é o salto vertical c) (modelo) inicialmente há HCl em excesso e é ele que dita o pH (pouco H^+ consumido por mL de base → subida lenta, logarítmica).

7. a) **CH_3COONa** b) **pH > 7** (o acetato hidrolisa a básico) c) **sim** — antes do ponto, acumula-se o par CH_3COOH/CH_3COO^- (região em que o pH varie devagar, próxima do pK_a = 4,74) d) **fenolftaleína** (transição 8,1–10,0, dentro do salto).

8. a) −log(0,1) = **1,00** b) mesma molaridade e stoquiometria 1:1 → **25 mL** c) 2,5 ÷ 50 = **0,05 mol/L**.

9. a) (modelo) passa a deixar o pH mudar livremente, como qualquer outra solução b) as quantidades (e o pK_a da proximidade): o par presente c) o componente que é consumido primeiro pelos iões acrescentados — depois disso a razão [A^-]/[HA] desanda.

10. a) **pH > 7 → fenolftaleína** b) **pH ≈ 7 → vermelho de metilo ou fenolftaleína** c) **pH < 7 → indicador ácido (vermelho de metilo)** — porque é aí que ocorre a variação brusca: fora dessa faixa, a cor mudaria antes ou depois do ponto verdadeiro, dando um erro sistemático.

11. a) (modelo) O ácido forte continua em excesso: cada mL de base consome uma fração pequena do H^+ livre e a escala do pH é logarítmica b) porque todo o H^+ remanescente é consumido de uma vez — deixa de existir «amortecedor» e pequenas quantidades mudam a concentração por ordens de grandeza c) depois do ponto, o que se acumula é NH_3 (base fraca) em excesso, com o par NH_4^+/NH_3 a puxar o pH para a zona básica.

12. (modelo) Um sistema tampão é um par ácido-base conjugado que converte os H^+ ou OH^- acrescentados em espécies fracas, mantendo o pH praticamente constante até o par se esgotar. Numa curva de titulação, o ponto de equivalência reconhece-se pelo salto vertical do pH — a região onde poucos mL de titulante mudam o pH de unidades inteiras. O caráter da solução ao fim depende do sal formado: com ácido forte e base fraca, o sal é ácidoico e o pH final fica abaixo de 7.

© 2026 Estudantices