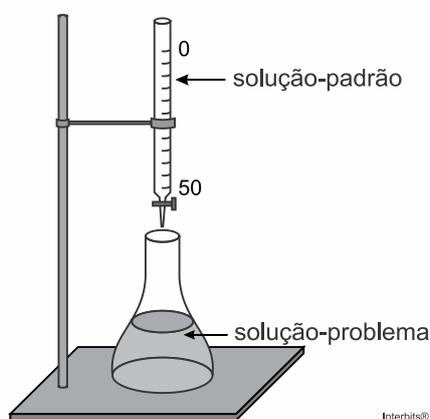


Exercícios sobre titulação: exercícios específicos

Exercícios

Texto para a próxima questão:

Chama-se titulação a operação de laboratório realizada com a finalidade de determinar a concentração de uma substância em determinada solução, por meio do uso de outra solução de concentração conhecida. Para tanto, adiciona-se uma solução-padrão, gota a gota, a uma solução-problema (solução contendo uma substância a ser analisada) até o término da reação, evidenciada, por exemplo, com uma substância indicadora. Uma estudante realizou uma titulação ácido-base típica, titulando 25 mL de uma solução aquosa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e gastando 20,0 mL de uma solução padrão de HNO_3 de concentração igual a $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



1. Utilizando os dados do texto, apresente a equação balanceada de neutralização envolvida na titulação e calcule a concentração da solução de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
2. O carbonato de sódio (Na_2CO_3) e o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) estão presentes em algumas formulações antiácidas. Ambos reagem com o ácido clorídrico do suco gástrico fazendo aumentar o pH, o que diminui a acidez estomacal. Essa reação pode ser utilizada como base para a determinação de carbonatos em formulações farmacêuticas, para controle de qualidade. Uma amostra de 10,00 mL de um antiácido foi titulada com 15,00 mL de HCl $0,10 \text{ mol/L}$, usando o indicador alaranjado de metila, cujo intervalo de viragem está entre 3,10 e 4,40.
Com base no texto, resolva os itens a seguir.
 - a) Considerando que na formulação houvesse apenas Na_2CO_3 , escreva a reação química envolvida nessa titulação.
 - b) Calcule a concentração do carbonato de sódio na amostra analisada.

3. O vinagre utilizado como tempero nas saladas contém ácido acético, um ácido monoprótico muito fraco e de fórmula $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$. A completa neutralização de uma amostra de 15,0 mL de vinagre (densidade igual a 1,02 g/mL) necessitou de 40,0 mL de solução aquosa de NaOH 0,220 mol/L. A partir dessas informações, pede-se:
- o número de oxidação médio do carbono no ácido acético;
 - a porcentagem em massa de ácido acético no vinagre;
 - o volume de KOH 0,100 mol/L que contém quantidade de íons OH^- equivalente ao encontrado nos 40,0 mL de solução aquosa de NaOH 0,220 mol/L.

4. Uma amostra contendo bicarbonato de sódio de massa 0,6720 g foi dissolvida e titulada com solução padrão de HCl , sendo necessário 40,00 mL do padrão. A solução de HCl foi padronizada por titulação de 0,1272 g de carbonato de sódio que necessitaram 24,00 mL da solução padrão, para a completa neutralização.

Com base nesses dados, informe, por meio de cálculos, o percentual de bicarbonato de sódio na amostra.

5. 25,0 mL de uma solução de NaOH neutralizam totalmente 10,0 mL de uma solução de HNO_3 . Juntando-se 40,0 mL da solução de NaOH a 2,00 g de um ácido orgânico monocarboxílico e titulando-se o excesso de NaOH com uma solução de HNO_3 , são gastos 6,00 mL do ácido até o ponto de equivalência.

Qual o volume da solução de HNO_3 que corresponde ao número de mols contidos nos 2,00 g do ácido orgânico?

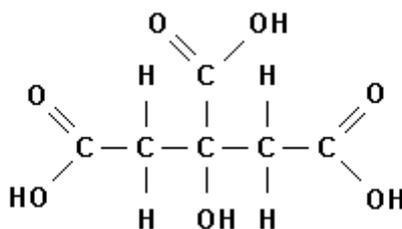
Apresente os cálculos realizados na resolução da questão.

6. Um suco de laranja industrializado tem seu valor de pH determinado pelo controle de qualidade. Na análise, 20 mL desse suco foram neutralizados com 2 mL de NaOH 0,001 mol/L. Tendo em vista o exposto,
- determine o pH desse suco;
 - qual a técnica empregada nesse controle de qualidade?
 - como identificar que a neutralização ocorreu?

7. Um analista químico de uma indústria de condimentos analisa o vinagre produzido por meio de titulação volumétrica, utilizando solução padrão de hidróxido de sódio tendo fenolftaleína como indicador. Sabendo-se que são utilizados 25 mL de vinagre em cada análise – vinagre é uma solução contendo 4,8% (m/v) de ácido etanoico –, que a concentração do titulante é igual $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, que são realizadas três análises por lote e que são analisados quatro lotes por dia, calcule a quantidade média, em gramas, de hidróxido de sódio consumida para a realização das 264 análises feitas por esse analista em um mês de trabalho. Apresente seus cálculos.

Dados: Massas molares (g mol^{-1}): H = 1,0 C = 12,0 O = 16,0 Na = 23,0

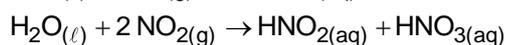
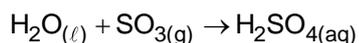
8. Uma amostra impura de ácido cítrico de fórmula molecular $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, de 0,384 g, com a fórmula estrutural apresentada a seguir, foi titulada com 30 mL de uma solução de NaOH $0,1 \text{ mol/L}$. Descreva as reações envolvidas na titulação total e o teor de ácido cítrico na amostra analisada em % (m/m).
Massas atômicas: C = 12; H = 1; O = 16; Na = 23.



9. Um técnico de laboratório recebeu um frasco com 300 cm^3 de ácido clorídrico de molaridade desconhecida, a fim de determiná-la. Para isso, retirou uma alíquota de 10 mL do frasco original e transferiu para um balão volumétrico de 50 mL, o qual foi completado com água destilada. Após homogeneização, ele retirou 10 mL dessa solução e transferiu para um frasco Erlenmeyer. Essa solução foi, em seguida, titulada com uma solução aquosa padrão de hidróxido de sódio de molaridade exata igual a $0,500 \text{ mol L}^{-1}$. Sabendo-se que, nessa titulação, foram consumidos 12 mL da solução padrão de hidróxido de sódio:
- escreva a reação química que ocorre no processo de titulação do ácido clorídrico pelo hidróxido de sódio;
 - calcule a quantidade de hidróxido de sódio (em mol) contida nos 12 mL de solução usada para a titulação do ácido;
 - calcule a molaridade da solução de ácido clorídrico do frasco original.

- 10.** Para investigar o efeito de diferentes poluentes na acidez da chuva ácida, foram realizados dois experimentos com os óxidos $\text{SO}_3(\text{g})$ e $\text{NO}_2(\text{g})$. No primeiro experimento, foram coletados 45 mL de SO_3 em um frasco contendo água, que foi em seguida fechado e agitado, até que todo o óxido tivesse reagido. No segundo experimento, o mesmo procedimento foi realizado para o NO_2 . Em seguida, a solução resultante em cada um dos experimentos foi titulada com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,1 mol/L, até sua neutralização.

As reações desses óxidos com água são representadas pelas equações químicas balanceadas:

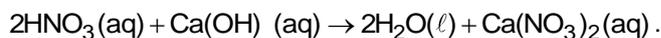


- a) Determine o volume de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ utilizado na titulação do produto da reação entre SO_3 e água. Mostre os cálculos.
- b) Esse volume é menor, maior ou igual ao utilizado no experimento com $\text{NO}_3(\text{g})$? Justifique.

Gabarito

1. De acordo com o texto, utilizou-se 25 mL de uma solução aquosa de Ca(OH)_2 e 20,0 mL de uma solução padrão de HNO_3 de concentração igual a $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Equação balanceada de neutralização envolvida na titulação:



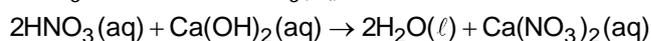
$$V_{\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})} = 25 \text{ mL}$$

$$V_{\text{HNO}_3(\text{aq})} = 20,0 \text{ mL}$$

$$[\text{HNO}_3] = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = [\text{Ca(OH)}_2] \times V_{\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = [\text{HNO}_3] \times V_{\text{HNO}_3(\text{aq})}$$



$$2 \text{ mols} \quad 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = 2 \times n_{\text{Ca(OH)}_2}$$

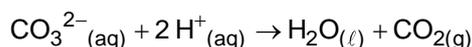
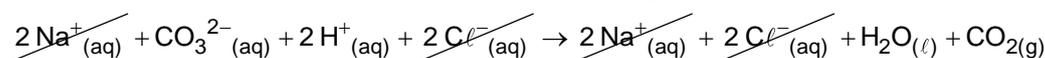
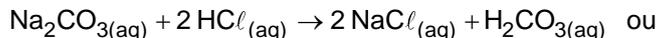
$$[\text{HNO}_3] \times V_{\text{HNO}_3(\text{aq})} = 2 \times [\text{Ca(OH)}_2] \times V_{\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})}$$

$$0,10 \text{ mol/L} \times 20 \text{ mL} = 2 \times [\text{Ca(OH)}_2] \times 25 \text{ mL}$$

$$[\text{Ca(OH)}_2] = 0,04 \text{ mol/L}$$

2.

- a) Reação química envolvida nessa titulação:



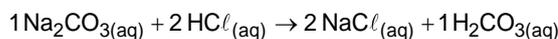
- b) Cálculo da concentração do carbonato de sódio na amostra analisada:

Uma amostra de 10,00 mL de um antiácido foi titulada com 15,00 mL de HCl 0,10 mol/L

$$0,10 \text{ mol (HCl)} \text{ — } 1000 \text{ mL}$$

$$n_{\text{HCl}} \text{ — } 15 \text{ mL}$$

$$n_{\text{HCl}} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$1 \text{ mol} \text{ — } 2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \text{ — } 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 7,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

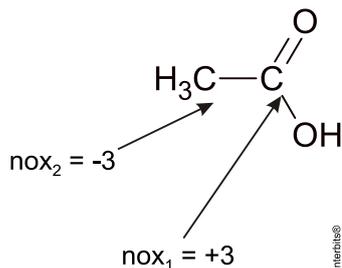
$$V_{\text{amostra}} = 10,00 \text{ mL} = 10 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{Concentração molar} = \frac{n_{\text{soluto}}}{V} = \frac{7,5 \times 10^{-4} \text{ mol}}{10 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0,075 \text{ mol/L} = 7,5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{Concentração comum} = \frac{m_{\text{soluto}}}{V} = \frac{7,5 \times 10^{-4} \times 106}{10 \times 10^{-3} \text{ L}} = 7,95 \text{ g/L}$$

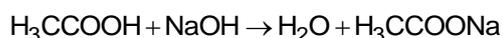
3.

a) A fórmula estrutural do ácido acético é:



Assim, o nox médio será calculado por: $\text{nox}_{\text{MÉDIO}} = \frac{\text{nox}_1 + \text{nox}_2}{2} = \frac{+3 - 3}{2} = 0$.

b) A reação que ocorre durante a titulação pode ser representada pela equação abaixo:



De acordo com a proporção estequiométrica:

$$n_{\text{ÁCIDO}} = n_{\text{BASE}}$$

Sabemos que $C = \frac{n}{V}$ e que, portanto, $n = C \cdot V$

Assim:

$$C_{\text{ÁCIDO}} \times V_{\text{ÁCIDO}} = C_{\text{BASE}} \times V_{\text{BASE}}$$

$$0,015 \times C_{\text{ÁCIDO}} = 0,04 \times 0,220$$

$$C_{\text{ÁCIDO}} = 0,587 \text{ mol/L}$$

Agora vamos determinar a concentração em g/L de ácido acético presente no vinagre.

$$1 \text{ mol de ácido acético} \text{ ————— } 60 \text{ g}$$

$$0,587 \text{ mol de ácido acético} \text{ ————— } m$$

$$m = 35,2 \text{ g/L}$$

Cálculo da massa de vinagre (solução) presente em 1 litro.

$$1,02 \text{ g} \text{ ————— } 1 \text{ mL}$$

$$M_{\text{SOLUÇÃO}} \text{ ————— } 1000 \text{ mL}$$

$$M_{\text{SOLUÇÃO}} = 1020 \text{ g.}$$

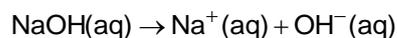
Finalmente vamos calcular a porcentagem em massa de ácido acético presente na solução.

$$1020 \text{ g} \text{ ————— } 100 \%$$

$$35,2 \text{ g} \text{ ————— } x$$

$$x = 3,46 \% \text{ de ácido acético.}$$

c) A equação de dissociação da do hidróxido de sódio é:



Assim: $n_{\text{NaOH}} = n_{\text{OH}^-}$

Sabemos que: $n = C \times V$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,220 \times 0,040 = 8,8 \times 10^{-3} \text{ mol de OH}^-$$

Agora vamos calcular o volume da solução de KOH que apresenta essa mesma quantidade em mols de íons OH^-

$$8,8 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-1} \text{ V}$$

$$V = 8,8 \times 10^{-2} \text{ L ou } 88 \text{ mL.}$$

4. Teremos:

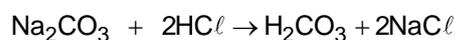
$$\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{HCl} = 36,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$24,00 \text{ mL (padrão)} = 24,00 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$40,00 \text{ mL (padrão)} = 40,00 \times 10^{-3} \text{ L}$$



$$106 \text{ g} \text{ — } 2 \text{ mol}$$

$$0,1272 \text{ g} \text{ — } n_{\text{HCl}}$$

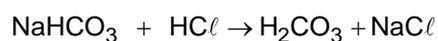
$$n_{\text{HCl}} = 2,400 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{HCl}] = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{padrão}}} = \frac{2,400 \times 10^{-3} \text{ mol}}{24,00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$1 \text{ L (HCl)} \text{ — } 0,10 \text{ mol (HCl)}$$

$$40,00 \times 10^{-3} \text{ L (HCl)} \text{ — } n'_{\text{HCl}}$$

$$n'_{\text{HCl}} = 4,000 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$84 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} \text{ — } 4,000 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} = 0,3360 \text{ g}$$

$$0,6720 \text{ g (NaHCO}_3) \text{ — } 100 \%$$

$$0,3360 \text{ g (NaHCO}_3) \text{ — } p \%$$

$$p \% = 50,0000 \%$$

$$\text{Porcentagem de NaHCO}_3 = 50 \%$$

5. Como são gastos 6,00 mL da solução de ácido nítrico (HNO_3) até o ponto de equivalência para neutralizar o excesso da solução de hidróxido de sódio (NaOH), podemos calcular a partir dessa informação o volume da solução em excesso de base:

$$n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}] \times V' \Rightarrow n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}] \times 25$$

$$n_{\text{HNO}_3} = [\text{HNO}_3] \times V'' \Rightarrow n_{\text{HNO}_3} = [\text{HNO}_3] \times 10$$

$$\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NaNO}_3$$

$$1 \text{ mol} - 1 \text{ mol}$$

$$[\text{NaOH}] \times 25 - [\text{HNO}_3] \times 10$$

$$[\text{NaOH}] \times V_{\text{excesso}} - [\text{HNO}_3] \times 6$$

$$V_{\text{excesso}} = 15 \text{ mL}$$

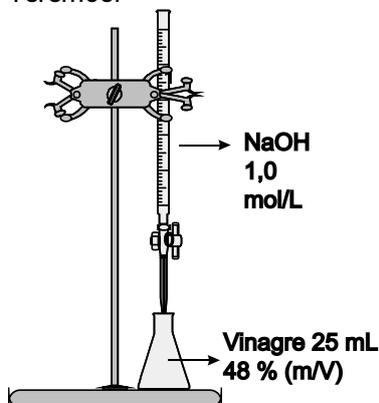
Como o volume total da solução de NaOH juntados aos 2,00 g do ácido orgânico foi de 40 mL, pode-se, a partir dessa informação, calcular o volume de solução de NaOH que reagiu:

$$V_{\text{reagiu}} = 40 \text{ mL (total)} - 15 \text{ mL (excesso)} = 25 \text{ mL}$$

Sabe-se, do enunciado, que 25,0 mL de uma solução de NaOH neutralizam totalmente 10,0 mL de uma solução de HNO₃, conseqüentemente, conclui-se que o volume da solução de HNO₃ é de 10,0 mL.

- 6.
- 2 mL de NaOH 0,001 mol/L possuem 2×10^{-6} mol de OH⁻. Assim, [H⁺] em 20 mL do suco é igual a $2 \times 10^{-6} / 0,02 = 1,0 \times 10^{-4}$ mol/L. Como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$; $\text{pH} = 4,0$.
 - Titulação.
 - Através da mudança de cor da solução, causada pela adição de um indicador ácido-base.

7. Teremos:



4,8 % (m/V):

$$100 \text{ mL} - 4,8 \text{ g de ácido acético}$$

$$25 \text{ mL} - m$$

$$m = 1,2 \text{ g de ácido acético}$$

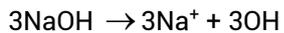
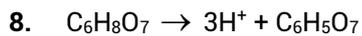
1 mol de NaOH (40,0 g) neutraliza 1 mol de ácido acético (60,0 g), logo:

$$40,0 \text{ g} - 60,0 \text{ g}$$

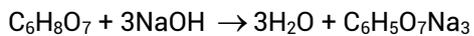
$$m' - 1,2 \text{ g}$$

$$m' = 0,8 \text{ g de NaOH}$$

Como em uma análise utiliza-se 0,8 g de NaOH, em 264 análises serão consumidos (264 x 0,8 g) 211,20 g de NaOH.



Equação global:

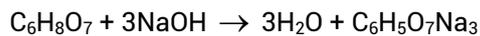


30 mL de uma solução de NaOH 0,1 mol/L:

0,1 mol ----- 1000 mL

$n(NaOH)$ ----- 30 mL

$n(NaOH) = 0,003$ mol.



1 mol ----- 3 mols

0,001 mol ----- 0,003 mol

0,001 mol ($C_6H_8O_7$) = 0,001 x 192 g = 0,192 g.

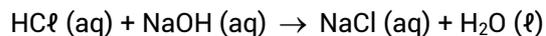
0,384 g ----- 100 % da amostra

0,192 g ----- % (m/m)

% (m/m) = 50 %.

9.

a) Reação química:



b) 0,500 mol NaOH ----- 1000 mL

n ----- 12mL

$n = 0,006$ mol de NaOH.

c) $HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

0,006 mol ----- 0,006 mol

Molaridade (HCl) = 0,006 mol/0,010 L = 0,6 M

Com a diluição o número de mols do ácido é constante, então:

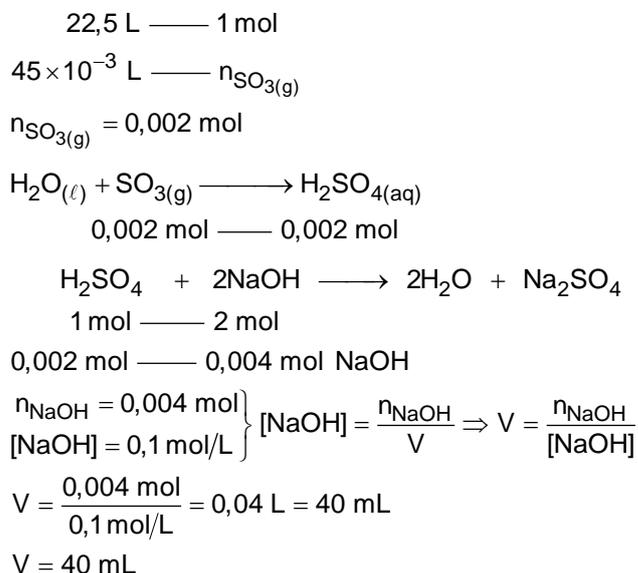
$M(\text{antes})V(\text{antes}) = M(\text{depois})V(\text{depois})$

$M(\text{antes}) \times 0,01 = 0,6 \times 0,05$

$M(\text{antes}) = 3,00$ mol L⁻¹ (no frasco original).

10.

- a) No primeiro experimento, foram coletados 45 mL (45×10^{-3} L) de SO_3 em um frasco contendo água, então:



- b) O volume de NaOH gasto no experimento com NO_2 é menor.

