
Opgave 1

- a We titreren HCl met NaOH. Welke van de boven gegeven indicatoren kunnen we gebruiken?

Elke genoemde indicator, de pH-verandering gaat ongeveer van $pH = 3$ tot $pH = 9$. Elke genoemde indicator heeft een kleuromslag binnen deze grenzen.

- b We titreren ethaanzuur met NaOH. Welke van de gegeven indicatoren kunnen we gebruiken?

Fenolftaleïne (fenolftaleïne). In het titratie-eindpunt hebben we een oplossing van een zwakke base. Fenolftaleïne verandert van kleur in het pH-traject van ongeveer 8 tot 9,5.

Opgave 2

Bereken de analytische concentratie in mol/L van carbonaatvrije geconcentreerde loog (massafractie $w_{\text{NaOH}} = 0,20$; $\rho = 1,23 \text{ g/mL}$).

$$c(B) = \frac{n_B}{V_M} \quad \text{en: } n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

$$m(\text{NaOH}) = 1000 \text{ mL} \times 1,23 \text{ g/mL} \times 0,20 = 246 \text{ g NaOH /L}$$

$$n(\text{NaOH}) = 246 \text{ g} / 40,0 \text{ g/mol} = 6,15 \text{ mol}$$

$$V \text{ is } 1,000 \text{ Liter dus } c = \mathbf{6,15 \text{ mol/L}}$$

Opgave 3

Hoeveel mL carbonaatvrije loog (massafractie $w_{\text{NaOH}} = 0,20$; $\rho = 1,23 \text{ g/mL}$) moet worden afgemeten voor de bereiding van de onderstaande titreervloeistoffen?

In de voorraadoplossing: $c(\text{NaOH}) = 6,15 \text{ mol/L}$

- a 5,000 L oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,1000 \text{ mol/L}$

$$\text{verduunning: } 6,15 \text{ mol/L} / 0,1000 \text{ mol/L} = 61,5 \times$$

$$\text{volume: } 5000 \text{ mL} / 61,5 = \mathbf{81,3 \text{ mL}}$$

- b 2,000 L oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,5000 \text{ mol/L}$

$$\text{verduunning: } 6,15 \text{ mol/L} / 0,5000 \text{ mol/L} = 12,5 \times$$

$$\text{volume: } 2000 \text{ mL} / 12,5 = \mathbf{162,6 \text{ mL}}$$

- c 20,0 L oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,1000 \text{ mol/L}$

$$\text{verduunning: } 6,15 \text{ mol/L} / 0,1000 \text{ mol/L} = 61,5 \times$$

$$\text{volume: } 20000 \text{ mL} / 61,5 = \mathbf{325,2 \text{ mL}}$$

- d 50,0 L oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,0500 \text{ mol/L}$
verduunning: $6,15 \text{ mol/L} / 0,0500 \text{ mol/L} = 123 \times$
volume: $50000 \text{ mL} / 123 = \mathbf{406,5 \text{ mL}}$

Opgave 4

Hoeveel mL zoutzuurvoorraadoplossing ($\rho = 1,18 \text{ g/mL}$, $36,0\%(m/m)$) is nodig om door verduunning onderstaande oplossingen te bereiden?

$$c(B) = \frac{n_B}{V_M} \quad \text{en: } n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

Ga uit van 1000 mL (1,000 L):

$$n(\text{HCl}) = 1000 \text{ mL} \times 1,18 \text{ g/mL} \times 0,360 / 36,5 \text{ g/mol} = 11,64 \text{ mol/L}$$

- a 5,00 L zoutzuur met $c(\text{HCl}) = 0,1000 \text{ mol/L}$

Van 11,64 mol/L naar 0,1000 mol/L is een verduunning van $11,64 / 0,1000 = 116,4 \times$

Volume wordt dus $116,4 \times$ zo groot.

Volume was: $5000 \text{ mL} / 116,4 = \mathbf{42,96 \text{ mL}}$

OF:

V mL bevat evenveel mmol HCl als de verduunning namelijk: $5000 \text{ mL} \times 0,1000 \text{ mmol/mL} = 500,0 \text{ mmol}$

$V \text{ mL} \times 11,64 \text{ mol/L} = 500,0 \text{ mmol} \rightarrow V = \mathbf{42,96 \text{ mL}}$

- b 60,00 L zoutzuur met $c(\text{HCl}) = 0,0500 \text{ mol/L}$

Van 11,64 mol/L naar 0,0500 mol/L is een verduunning van $11,64 / 0,0500 = 232,8 \times$

Volume wordt dus $232,8 \times$ zo groot.

Volume was: $60000 \text{ mL} / 232,8 = \mathbf{257,7 \text{ mL}}$

OF:

V mL bevat evenveel mmol HCl als de verduunning namelijk: $60000 \text{ mL} \times 0,05000 \text{ mmol/mL} = 3000,0 \text{ mmol}$

$V \text{ mL} \times 11,64 \text{ mol/L} = 3000 \text{ mmol} \rightarrow V = \mathbf{257,7 \text{ mL}}$

- c 15,00 L zoutzuur met $c(\text{HCl}) = 0,5000 \text{ mol/L}$

$V \text{ mL} \times 11,64 \text{ mol/L} = 7500 \text{ mmol} \rightarrow V = \mathbf{644 \text{ mL}}$

Opgave 5

10,00 mL azijnzuuroplossing wordt verdund tot 250,0 mL. Van deze verdunning wordt 25,00 mL getitreerd met een NaOH-oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,1105 \text{ mol/L}$. Verbruik: 14,48 mL.

Hoeveel mmol azijnzuur bevat de monsteroplossing per mL?

$$n_B = V \times c_B$$

Verbruikt:

$$14,48 \text{ mL} \times 0,1105 \text{ mmol/mL} \\ = 1,600 \text{ mmol NaOH}$$

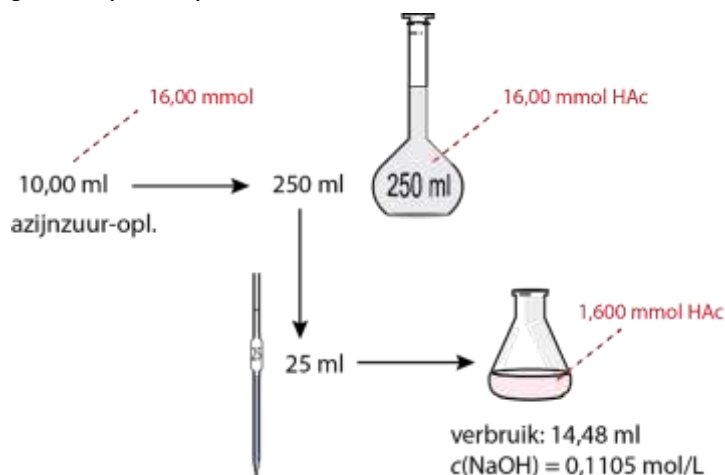
NaOH reageert 1 op 1 met azijnzuur, dus:

25,00 mL verdunning bevat 1,600 mmol HAc

250,0 mL verdunning bevat $250 / 25 \times 1,600 \text{ mmol} = 16,00 \text{ mmol HAc}$.

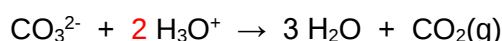
10,0 mL onverdunde azijnzuur-opl. bevat evenveel: 16,00 mmol HAc.

$$c(\text{HAc}) = 16,00 \text{ mmol} / 10,0 \text{ mL} = \mathbf{1,60 \text{ mmol/mL}}$$



Opgave 6

10,00 mL Na_2CO_3 -oplossing wordt getitreerd met 14,78 mL verdund zoutzuur $c(\text{HCl}) = 0,0988 \text{ mol/L}$. Reactie:



Bereken $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (mol/L)

$$n_B = V \times c_B \quad \blacktriangleright \text{Verbruikt: } 14,78 \text{ mL} \times 0,0988 \text{ mmol/mL} = 1,460 \text{ mmol HCl}$$

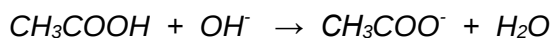
1,460 mmol HCl reageert met $1 / 2 \times 1,460 \text{ mmol} = 0,7301 \text{ mmol Na}_2\text{CO}_3$

$$c(B) = \frac{n_B}{V_M} \quad \blacktriangleright \quad 0,7301 \text{ mmol} / 10,00 \text{ mL} = \mathbf{0,0730 \text{ mmol/mL}} \quad (\text{mol/L})$$

Opgave 7

Van huishoudazijn wordt 1,502 g afgewogen en overgebracht in een conische kolf (elenmeyer). Na toevoeging van weinig water wordt de inhoud getitreerd met een NaOH-oplossing met $c(\text{NaOH}) = 0,0987 \text{ mol/L}$. Verbruik: 10,68 mL.

Bereken het massapercentage azijnzuur (CH_3COOH) in het monster.



$$n_B = V \times c_B \quad \blacktriangleright \text{Verbruik: } 10,68 \text{ mL} \times 0,0987 \text{ mmol/mL} = 1,054 \text{ mmol NaOH}$$

1,054 mmol NaOH reageert met 1,054 mmol CH_3COOH

$$m_B = n_B \times M_B \quad \blacktriangleright 1,054 \text{ mmol} \times 60,0 \text{ mg/mmol} = 63,24 \text{ mg CH}_3\text{COOH}$$

$$m\text{-\%: } 63,24 \text{ mg} / 1502 \text{ mg} \times 100\% = \mathbf{4,21 \% (m/m)}$$

Opgave 8

Van een monster “gootsteenontstopper”, dat voor een groot deel uit natriumhydroxide bestaat, wordt 2,0720 g afgewogen en opgelost tot 250,0 mL. Hiervan wordt 25,00 mL getitreerd met een HCl-oplossing met $c(\text{HCl}) = 0,1135 \text{ mol/L}$. Verbruik: 27,87 mL.

Bereken het massapercentage NaOH.

$$n_B = V \times c_B \quad \blacktriangleright \text{Verbruik: } 27,87 \text{ mL} \times 0,1135 \text{ mmol/mL} = 3,163 \text{ mmol HCl}$$

25,00 mL oplossing bevat 3,163 mmol NaOH

250,0 mL oplossing bevat: $250,0 \text{ mL} / 25,00 \text{ mL} \times 3,163 \text{ mmol} = 31,63 \text{ mmol NaOH}$

2,0720 g inweeg bevat ook 31,63 mmol NaOH,

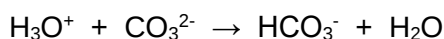
$$31,63 \text{ mmol} \times 40,0 \text{ mg/mmol} = 1265 \text{ mg} \quad \blacktriangleright 1,265 \text{ g NaOH}$$

$$\text{massa-\%: } 1,265 \text{ g} / 2,0720 \text{ g} \times 100\% = \mathbf{61,07 \% (m/m)}$$

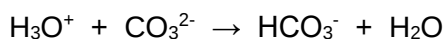
Opgave 9

De concentraties aan carbonaationen en waterstofcarbonaat-ionen in oppervlaktewater kunnen naast elkaar worden bepaald door gebruik van verschillende indicatoren. Een analist handelt hierbij als volgt:

100,0 mL monster wordt met zoutzuur ($c(\text{HCl}) = 0,0988 \text{ mol/L}$) met fenolftaleïne als indicator getitreerd, verbruik: 12,04 mL, reactie:



Vervolgens titreert hij opnieuw 100,0 mL maar nu met methyloranje als indicator, verbruik: 31,78 mL zoutzuur, reacties:





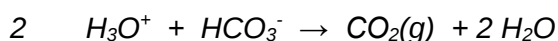
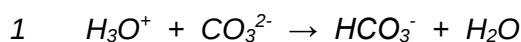
Bereken de concentraties CO_3^{2-} en HCO_3^- in mmol/L.

Bij de titratie op FF wordt $12,04 \text{ mL} \times 0,0988 \text{ mmol/mL} = 1,1896 \text{ mmol HCl}$ verbruikt in de reactie: $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

► *100 mL monster bevat 1,1896 mmol CO_3^{2-}*

Bij de titratie op MO wordt verbruikt: $31,78 \text{ mL} \times 0,0988 \text{ mmol/mL} = 3,140 \text{ mmol HCl}$

Een deel hiervan wordt verbruikt in de reactie met CO_3^{2-} :



1,1896 mmol CO_3^{2-} verbruikt nu $2 \times 1,1896 \text{ mmol} = 2,379 \text{ mmol HCl}$

Voor de reactie met de al aanwezige HCO_3^- wordt dan verbruikt:

$$3,140 \text{ mmol} - 2,379 \text{ mmol} = 0,7609 \text{ mmol HCl}$$

► *100 mL monster bevat 0,7609 mmol HCO_3^-*

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 1,1896 \text{ mmol} / 0,100 \text{ L} = \mathbf{11,9 \text{ mmol/L}}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 0,7609 \text{ mmol} / 0,100 \text{ L} = \mathbf{7,61 \text{ mmol/L}}$$

Opgave 10

Van oxaalzuur-dihydraat (formule: $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) weegt een analist 5050 mg af, hij lost het op tot 250 mL. Hieruit wordt 10,00 mL gepipetteerd en getitreerd met een NaOH-oplossing. Verbruik: 15,27 mL.



Bereken de analytische concentratie van de NaOH-oplossing.

Dit is een bepaling van de sterkte, titer, molariteit analytische concentratie van de titratievloeistof. Je weegt dan een zuivere stof af. Je begint daarom de berekening bij de inweeg.

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad \text{►} \quad 5050 \text{ mg} / 126,07 \text{ mg/mmol} = 40,06 \text{ mmol oxaalzuur.}$$

250 mL oplossing bevat 40,06 mmol oxaalzuur. In 10,00 mL van deze oplossing zit dan:

$$10 / 250 \times 40,06 \text{ mmol} = 1,6024 \text{ mmol } (\text{COOH})_2$$

$$1,6024 \text{ mmol } (\text{COOH})_2 \text{ reageert met } 2 \times 1,6024 \text{ mmol} = 3,2048 \text{ mmol OH}^-.$$

Volgens de titratie-uitkomst zit 3,2048 mmol OH⁻ in 15,27 mL. Dus...

$$c(\text{NaOH}) = 3,2048 \text{ mmol} / 15,27 \text{ mL} = \mathbf{0,2099 \text{ mmol/mL}} \quad (\text{mol/L})$$

Opgave 11

Bepaal het titratie-eindpunt voor de volgende titratie-uitkomsten:

a	Volume (mL)	pH	$\Delta\text{pH}/\Delta V$	$\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V$
	15,10	6,45		
			2,5	
	15,20	6,70		+30
			5,5	
	15,30	7,25		+10
			5,6	
	15,40	7,81		+29
			8,5	
	15,50	8,66		-48
			3,7	
	15,60	9,03		-13
			2,4	
	15,70	9,27		-2
			2,2	
	15,80	9,49		
			2,1	
	15,90	9,70		

$$V = 15,40 + 29/(48 + 29) \times 0,1 = \mathbf{15,44 \text{ mL}}$$

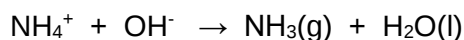
b	Volume (mL)	pH	$\Delta\text{pH}/\Delta V$	$\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V$
	23,00	5,20		
			1,05	
	23,20	5,41		+8,75
			2,80	
	23,40	5,97		+19,8
			6,75	
	23,60	7,32		+22,3
			11,2	
	23,80	9,56		-52
			0,80	
	24,00	9,72		-4
			0,00	
	24,20	9,83		

$$V = 23,60 + 22,3/(22,3 + 52) \times 0,2 = \mathbf{23,66 \text{ mL}}$$

Opgave 12

Men voegt aan 125,0 mg monster 50,00 mL natriumhydroxide-oplossing met $c(\text{NaOH}) \approx 0,1$

mol/L toe. De oplossing wordt gekookt, hierbij treedt de volgende reactie op:



Na enige tijd is alle ammoniumstikstof als ammoniak ontweken, de oplossing wordt afgekoeld en met zoutzuur, sterkte: $c(\text{HCl}) = 0,1234 \text{ mol/L}$, getitreerd. Verbruik: 27,25 mL. Tevens wordt een blancobepaling uitgevoerd. Hiertoe wordt 50,00 mL natronloog direct getitreerd met zoutzuur zonder toevoeging van monster. Verbruik: 46,10 mL.

$$n(\text{NaOH}) \text{ toegevoegd: } 46,10 \text{ mL} \times 0,1234 \text{ mmol/mL} = 5,689 \text{ mmol}$$

$$n(\text{NaOH}) \text{ teruggetitreerd: } 27,25 \text{ mL} \times 0,1234 \text{ mmol/mL} = 3,363 \text{ mmol}$$

De hoeveelheid NaOH (mol) die werd verbruikt in de reactie met ammoniumionen:

$$5,689 \text{ mmol} - 3,363 \text{ mmol} = 2,326 \text{ mmol NaOH}$$

De molverhoudingen in elk van de reacties is steeds 1 : 1 zodat in de in behandeling genomen hoeveelheid monster ook 2,326 mmol NH_4^+ aanwezig was.

$$n(\text{N}) = 2,326 \text{ mmol} \times 14,0 \text{ mg/mmol} = 32,56 \text{ mg N}$$

$$\text{Massa-\% N: } 32,56 \text{ mg} / 125,0 \text{ mg} \times 100\% = \mathbf{26,05 \% (m/m)}$$

Opgave 13

Stel dat men in bovenstaand voorbeeld voor de blancobepaling was uitgegaan van 25,00 mL natronloog, en het verbruik aan zoutzuur zou daarbij 21,50 mL zijn geweest, hoe groot is dan het massapercentage stikstof?

Dus:

$$125,0 \text{ mg monster} + 50,00 \text{ mL natriumhydroxide-oplossing met } c(\text{NaOH}) \approx 0,1 \text{ mol/L}$$

$$n(\text{NaOH}) \text{ toegevoegd is nu: } 2 \times 21,50 \text{ mL} \times 0,1234 \text{ mmol/mL} = 5,306 \text{ mmol}$$

$$n(\text{NaOH}) \text{ teruggetitreerd: } 27,25 \text{ mL} \times 0,1234 \text{ mmol/mL} = 3,363 \text{ mmol}$$

De hoeveelheid NaOH (mol) die werd verbruikt in de reactie met ammoniumionen:

$$5,306 \text{ mmol} - 3,363 \text{ mmol} = 1,9432 \text{ mmol NaOH}$$

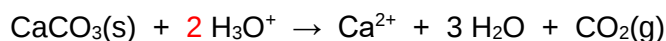
De molverhoudingen in elk van de reacties is steeds 1 : 1 zodat in de in behandeling genomen hoeveelheid monster ook 1,9432 mmol NH_4^+ aanwezig was.

$$n(\text{N}) = 1,9432 \text{ mmol} \times 14,0 \text{ mg/mmol} = 27,20 \text{ mg N}$$

$$\text{Massa-\% N: } 27,20 \text{ mg} / 125,0 \text{ mg} \times 100\% = \mathbf{21,76 \% (m/m)}$$

Opgave 14

Bij de bepaling van het CaCO_3 -gehalte in krijt weegt men 4,500 g krijt af en voegt men 50,00 mL zoutzuur toe. Tijdens verwarmen ontwijkt CO_2 :



Voor de titratie van de overmaat zuur is 22,50 mL loog met een sterkte van 0,487 mol NaOH/L nodig.

Bij een blancobepaling verbruikt 25,00 mL zoutzuur 26,95 mL loog.

Bereken het massapercentage CaCO_3 in het monster.

25 mL zoutzuur verbruikt: $26,95 \text{ mL} \times 0,487 \text{ mmol/mL} = 13,12 \text{ mmol NaOH}$

25 mL zoutzuur bevat dan ook $13,12 \text{ mmol HCl}$

50 mL zoutzuur bevat: $2 \times 13,12 \text{ mmol} = 26,25 \text{ mmol HCl}$

Terug getitreerd: $22,50 \text{ mL} \times 0,487 \text{ mmol/mL} = 10,958 \text{ mmol HCl}$

Verbruikt door CaCO_3 : $26,25 \text{ mmol} - 10,958 \text{ mmol} = 15,293 \text{ mmol HCl}$

26,25 mmol HCl toegevoegd	
10,958 mmol HCl teruggetitreerd	15,293 mmol HCl verbruikt door het monster

15,293 mmol HCl heeft gereageerd met $1 / 2 \times 15,293 \text{ mmol} = 7,646 \text{ mmol CaCO}_3$

Dat is: $7,646 \text{ mmol} \times 100,1 \text{ mg/mmol} = 765,4 \text{ mg CaCO}_3$

Massa-%: $765,4 \text{ mg} / 4500 \text{ mg} \times 100\% = 17,01 \%(m/m)$

Opgave 15

Ter bepaling van het massapercentage ammoniumstikstof in een ammoniumzout wordt 488,7 mg van het zout afgewogen en opgelost tot 100,0 mL. Van deze verdunning wordt 25,00 mL gepipetteerd in een conische kolf waaraan vervolgens 50,00 mL van een natriumhydroxide-oplossing wordt toegevoegd. De gevormde ammoniak wordt uitgekookt. Na afkoelen wordt de overmaat NaOH teruggetitreerd met zoutzuur met $c(\text{HCl}) = 0,1050 \text{ mol/L}$. Verbruik: 24,06 mL.

Een blancotitratie van 25,00 mL natriumhydroxide-oplossing verbruikt 23,95 mL zoutzuur.

Bereken het massapercentage stikstof in het monster.

Blanco:

25 mL NaOH-opl. verbruikt: $23,95 \text{ mL} \times 0,1050 \text{ mmol/mL} = 2,515 \text{ mmol HCl}$

25 mL NaOH-opl bevat: 2,515 mmol NaOH

50 mL NaOH-opl bevat: $2 \times 2,515 \text{ mmol} = 5,0295 \text{ mmol NaOH}$

Terug getitreerd

$24,06 \text{ mL} \times 0,1050 \text{ mmol/mL} = 2,526 \text{ mmol NaOH}$

Verbruikt door monster (NH_4^+): $5,0295 \text{ mmol} - 2,526 \text{ mmol} = 2,5035 \text{ mmol OH}^-$

25 mL van de monsteroplossing bevat dan 2,5035 mmol NH_4^+

100 mL van de monsteroplossing en dus ook de inweeg: $100 \text{ mL} / 25 \text{ mL} \times 2,5035 \text{ mmol} = 10,014 \text{ mmol NH}_4^+$

$m(\text{N}) = 10,014 \text{ mmol} \times 14,0 \text{ mg/mmol} = 140,196 \text{ mg N}$

massa-%: $140,2 / 488,7 \times 100\% = 28,69\%(m/m)$