

Uitwerkingen Basischemie hoofdstuk 9

Opgave 9.1 Berekening directe titratie

gegevens

HCl	V_{zuur}	20,00 mL
NaOH	V_{begin}	12,85 mL
	V_{eind}	36,30 mL
	c	0,1035 mol/L

- $\text{NaOH (s)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)}$
- $c(\text{OH}^-) = 0,1035 \text{ mol/L} = 0,1035 \text{ mmol/mL}$
- $V(\text{NaOH}) = V_{\text{eind}} - V_{\text{begin}} = 36,30 - 12,85 = 23,45 \text{ mL}$
- $n(\text{NaOH}) = c \times V = 0,1035 \text{ mmol/mL} \times 23,45 \text{ mL} = 2,427 \text{ mmol}$
- $n(\text{NaOH}) : n(\text{HCl}) = 1 : 1$
- Er is dus ook 2,427 mmol HCl omgezet
- $\text{HCl (g)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{Cl}^- \text{ (aq)}$
- $c(\text{HCl}) = \frac{2,427 \text{ mmol}}{20,00 \text{ mL}} = 0,1214 \text{ mmol/mL} = 0,1214 \text{ mol/L}$
- De uiteindelijke oplossing bevat Na^+ en Cl^- -ionen.

Opgave 9.2 Zwavelzuurbepaling

Omdat 1 molecuul zwavelzuur 2 H_3O^+ -ionen kan vormen bij oplossing in water, zal het aantal mmol H_2SO_4 de helft zijn van het aantal mmol HCl.

Opgave 9.3 Azijnzuurbepaling

- $\text{HAc (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{Ac}^- \text{ (aq)}$

De gegevens:

HAc	m	2,6485 g
	V	100 mL
NaOH	V_{begin}	12,85 mL
	V_{eind}	36,30 mL
	c	0,1035 mol/L

- $n(\text{NaOH}) = c \times V = 0,1035 \text{ mmol/mL} \times (36,30 - 12,85) \text{ mL}$
 $n(\text{NaOH}) = 0,1035 \text{ mmol/mL} \times 23,45 \text{ mL} = 2,427 \text{ mmol}$
- $n(\text{NaOH}) : n(\text{HAc}) = 1 : 1$
- Er is dus 2,427 mmol H_3O^+ omgezet
- Er was 2,427 mmol HAc aanwezig
- $M(\text{HAc}) = 60,052 \text{ g/mol} = 60,052 \text{ mg/mmol}$

g. $m(\text{HAc}) = 2,427 \text{ mmol} \times 60,052 \text{ mg/mmol} = 145,75 \text{ mg}$

$$\text{massapercentage HAc} = \frac{145,75 \text{ mg}}{2648,5 \text{ mg}} \times 100\% = 5,503 \text{ m\%}$$

h. Laat zien dat de volgende formule dezelfde uitkomst geeft, m wordt hierbij in mg ingevuld.

$$\text{massapercentage HAc} = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot M}{m}$$

$$\text{massapercentage HAc} = \frac{23,45 \text{ mL} \times 0,1035 \text{ mmol/mL} \times 60,052 \text{ mg/mmol}}{2648,5 \text{ mg}} = 5,501 \text{ m\%}$$

i. Kun je in de formule jouw eigen berekeningen terugvinden?

$$\text{aantal mmol HAc} = \text{aantal mmol NaOH} \rightarrow n = (23,45 \times 0,1035) \quad \text{mmol}$$

$$m = n \cdot M = (23,45 \times 0,1035) \times 60,052 \text{ mg}$$

$$\text{massapercentage HAc} = \frac{(23,45 \times 0,1035 \times 60,052)}{2648,5 \text{ mg}} \times 100 \text{ m\%}$$

Opgave 9.4 pH bij een titratie

In de molecuultekening zijn de aanwezige watermoleculen weggelaten.

a. $\text{pH} = 1,00 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,00} = 0,10 \text{ mol/L}$

b. $n = c \cdot V = 0,10 \text{ mol/L} \times 0,060 \text{ L} = 0,0060 \text{ mol} = 6,0 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$

Na toevoegen van 30 mL base is een pH bereikt van 7,0. Zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

c. Bij het equivalentiepunt zijn geen H^+ (of H_3O^+) -ionen meer in de oplossing.

(opm: de concentratie $[\text{H}_3\text{O}^+]$ bij $\text{pH} = 7$ is te verwaarlozen!)

d. Bij het omslagpunt zitten er Cl^- en Na^+ -ionen in de oplossing.



Er is 60 mmol OH^- toegevoegd.

f. $[\text{OH}^-] = \frac{n}{V} = \frac{60 \text{ mmol}}{30 \text{ mL}} = 2,0 \text{ mmol/mL}$

Als nog twee keer 5 mL base wordt toegevoegd, ziet de grafiek er zo uit, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

g. De oplossing is basisch, want er zijn OH^- ionen aanwezig.

Als vanaf het begin van de titratie steeds 5 mL base wordt toegevoegd, verandert de pH niet zoveel, maar de zesde 5 mL geeft een grote verandering van pH en de volgende ook.

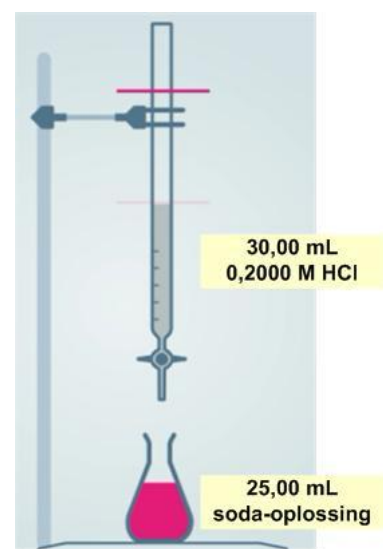
h. Tussen $\text{pH} = 1$ en $\text{pH} = 2$ is $25 \text{ mL} \times 2 \text{ mmol/mL} = 50 \text{ mmol OH}^-$ toegevoegd

Tussen $\text{pH} = 2$ en $\text{pH} = 7$ is $5 \text{ mL} \times 2 \text{ mmol/L} = 10 \text{ mmol}$ toegevoegd

Een $5 \times$ zo grote verandering van de pH met $5 \times$ zo weinig base.

Opgave 9.5 Concentratie soda bepalen

- a. $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
- b. $\text{CO}_3^{2-} (\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- c. $n(\text{H}_3\text{O}^+) = 30,00 \text{ mL} \times 0,2000 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 6,000 \text{ mmol}$
 $n(\text{CO}_3^{2-}) = 0,5 \times 6,000 = 3,000 \text{ mmol}$
 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3,000 \text{ mmol}$
- d. $m = n \cdot M = 3,000 \text{ mmol} \times 105,988 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} = 317,964 \text{ mg}$
 $c = \frac{317,964 \text{ mg}}{25,00 \text{ mL}} = 12,72 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} = 12,72 \frac{\text{g}}{\text{L}}$



Opgave 9.6 Molecuulmassa bepalen door titreren

titrant bekende c

$$n(\text{OH}^-) = 48,00 \text{ mL} \times 0,214 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 10,272 \text{ mmol}$$

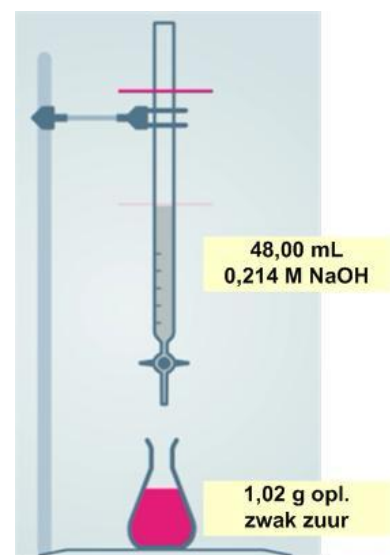
onbekende c

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 10,272 \text{ mmol} \rightarrow n(\text{zuur}) = 10,272 \text{ mmol}$$

$$m(\text{zuur}) = 1,02 \text{ g} = 1020 \text{ mg}$$

$$M = \frac{m}{n} = \frac{1020 \text{ mg}}{10,272 \text{ mmol}} = 29,299 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} = 29,299 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{afgerond} : M(\text{zuur}) = 29,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$



Opgave 9.7 Citroenzuurgehalte bepalen door titreren

titrant bekende c

$$n(\text{OH}^-) = 9,20 \text{ mL} \times 0,102 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 0,9384 \text{ mmol}$$

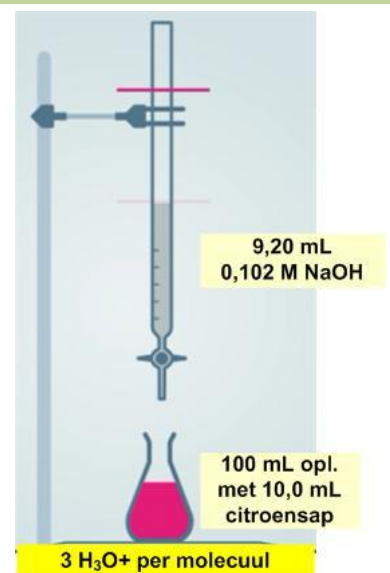
onbekende c

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,9384 \text{ mmol} \rightarrow n(\text{citroenzuur}) = \frac{0,9384}{3} = 0,3128 \text{ mmol}$$

$$M(\text{zuur}) = 192,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 192,12 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}$$

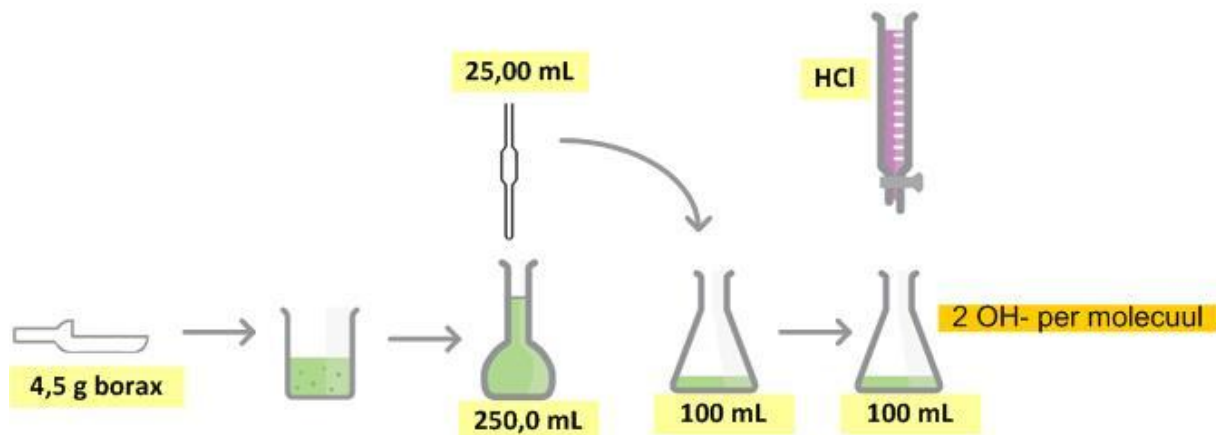
$$m(\text{zuur}) = n \cdot M = 0,3128 \text{ mmol} \times 192,12 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} = 60,095 \text{ mg}$$

$$c(\text{zuur}) = \frac{60,095 \text{ mg}}{10,0 \text{ mL}} = 6,0095 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \rightarrow c(\text{zuur}) = 6,01 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$



Opgave 9.8 Stellen van 0,1 M zoutzuur met borax

a.



		meting 1	meting 2
borax	m	4,5530 g	
HCl	V_{begin}	3,70 mL	8,45 mL
	V_{eind}	27,26 mL	32,09 mL

b. $M(\text{borax}) = 381,37 \text{ g/mol}$

c. in maatkolf

$$n(\text{borax}) = \frac{m}{M} = \frac{4,5530 \text{ g}}{381,37 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,011939 \text{ mol}$$

d. in erlenmeyer

$$n(\text{borax}) = \frac{V_{\text{pipet}}}{V_{\text{maatkolf}}} \cdot 0,011939 = \frac{25,00}{250,0} = 0,0011939 \text{ mol}$$

$$n(\text{borax}) = 1,194 \text{ mmol}$$

e. $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4 \text{H}_3\text{BO}_3(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$

Er is $2 \times 1,194 = 2,388 \text{ mmol OH}^-$ omgezet.

f. molverhouding $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} : \text{H}_3\text{O}^+ = 1 : 2$

g. Er is $2,388 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ getitreerd.

h. meting 1: $V(\text{HCl}) = 27,26 - 3,70 = 23,56 \text{ mL}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{2,388 \text{ mmol}}{23,56 \text{ mL}} = 0,10136 \text{ mmol/mL}$$

meting 2: $V(\text{HCl}) = 32,09 - 8,45 = 23,64 \text{ mL}$

$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{gem}} = 0,1012 \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{2,388 \text{ mmol}}{23,64 \text{ mL}} = 0,10102 \text{ mmol/mL}$$

i.

$$c = \frac{2 \cdot m}{10 \cdot M \cdot (V_{\text{eind}} - V_{\text{begin}})}$$

$$c = \frac{m}{5 \cdot M \cdot (V_{\text{eind}} - V_{\text{begin}})}$$

c : concentratie HCl in standaardoplossing in mol/L

m : massa borax in g

M : molmassa borax in g/mol

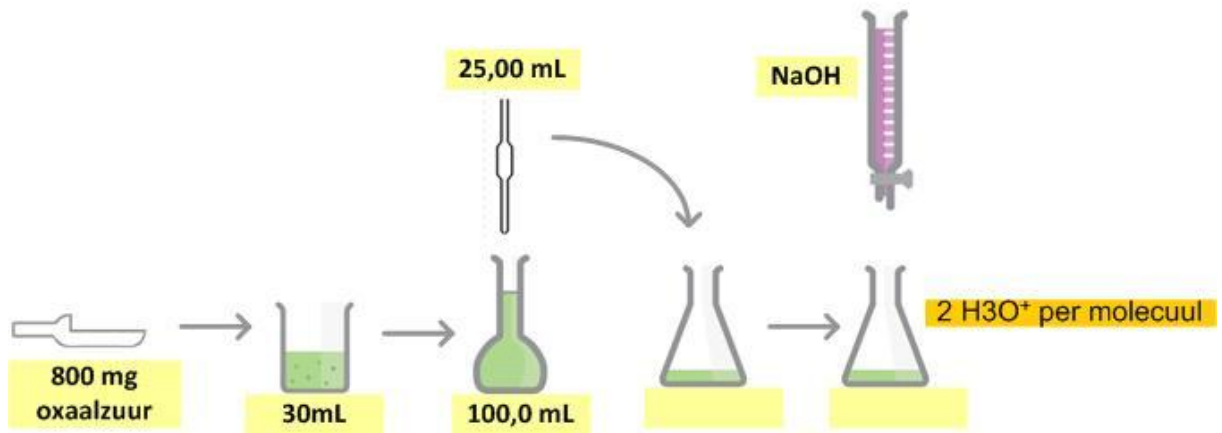
$(V_{\text{eind}} - V_{\text{begin}})$: volume titrant(HCl)

10 : verhouding $V(\text{maatkolf})/V(\text{pipet})$

- j. Bij een duplo wordt alles $2 \times$ uitgevoerd, ook het afwegen. Bij een valse duplo wordt de tweede 25 mL uit dezelfde maatkolf gepipetteerd.

Opgave 9.9 Stellen van 0,1 M natronloog met oxaalzuur

a.



		meting 1	meting 2
oxaalzuur	m	0,7490 g	0,8355 g
natronloog	V_{begin}	18,15 mL	9,40 mL
	V_{eind}	47,25 mL	38,50 mL

- b. $M(\text{oxaalzuurdihydraat}) = 129,07 \text{ g/mol} = 129,07 \text{ mg/mmol}$

c.
$$n(\text{oxaalzuur dihydraat}) = \frac{m}{M} = \frac{749,0 \text{ mg}}{129,07 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} = 5,803 \text{ mmol}$$

d. in erlenmeyer: mmol
$$n = \frac{V_{\text{pipet}}}{V_{\text{maatkolf}}} \times 5,803 = \frac{25,00}{100,0} \times 5,803 = 1,45075$$

- e. omgezet : $2 \times 1,45075 = 2,9015 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$

- f. molverhouding $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : \text{OH}^- = 1 : 2$

- g. Er is 2,9015 mmol NaOH getitreerd.

h. meting 1
$$c(\text{NaOH}) = \frac{n}{(V_{\text{begin}} - V_{\text{eind}})} = \frac{2,9015 \text{ mmol}}{(47,25 - 18,15)\text{mL}} = 0,09971 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 0,09971 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

meting 2
$$c(\text{NaOH}) = \frac{n}{(V_{\text{begin}} - V_{\text{eind}})} = \frac{3,2366 \text{ mmol}}{(38,50 - 9,40)\text{mL}} = 0,1112 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 0,1112 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

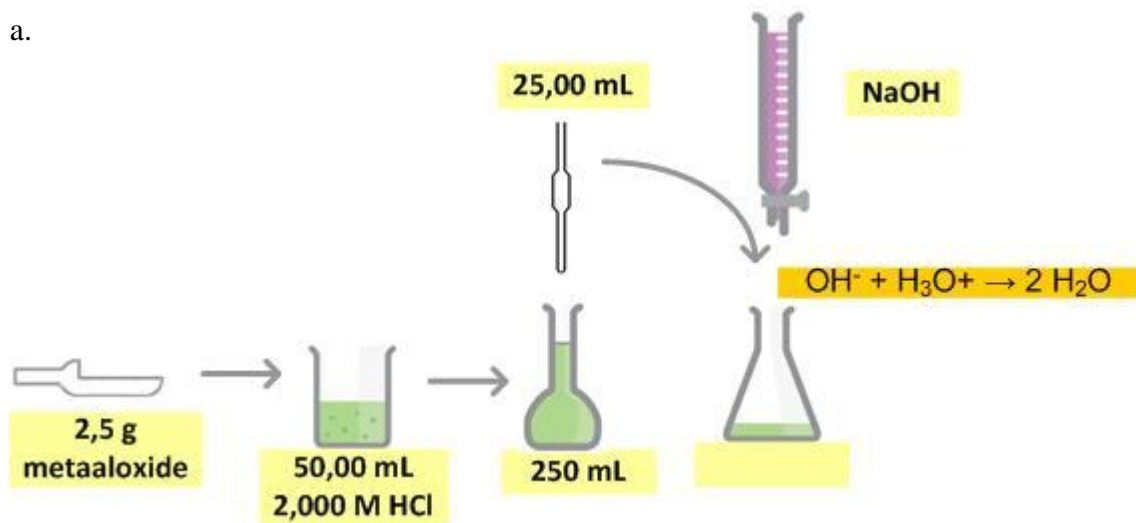
$$c = \frac{0,09971 + 0,1112}{2} = 0,1055 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

- i.
$$c = \frac{2 \cdot m}{4 \cdot M \cdot (V_{\text{begin}} - V_{\text{eind}})}$$

$$c = \frac{m}{2 \cdot M \cdot (V_{\text{begin}} - V_{\text{eind}})}$$
 - c : concentratie NaOH in standaardoplossing in mol/L
 - m : massa oxaalzuurdihydraat in g
 - M : molmassa oxaalzuurdihydraat in g/mol
 - $(V_{\text{begin}} - V_{\text{eind}})$: volume titrant(NaOH)
 - 4 : verhouding $V(\text{maatkolf})/V(\text{pipet})$

Opgave 9.10 Welk metaaloxide?

a.



m_{oxide}	2,4402 g
verbruik NaOH	12,28 mL
$c(\text{NaOH})$	0,1055 mol/L

b. $n(\text{OH}^-) = c \cdot V = 0,1055 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \times 12,28 \text{ mL} = 1,2955 \text{ mmol}$

c. Er heeft 1,2955 mmol H_3O^+ gereageerd bij de titratie

d. Er zat $n = \frac{250,0}{25,00} \times 1,2955 = 12,955 \text{ mmol}$ in de maatkolf van 250 mL

e. Er is $n = c \cdot V = 2,000 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \times 50,00 \text{ mL} = 100,0 \text{ mmol}$ toegevoerd aan het monster.

Er heeft $100,0 - 12,955 = 87,0446 \text{ mmol}$ H_3O^+ gereageerd met het monster.

f. $\text{O}^{2-} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}$

g. Er heeft $\frac{1}{2} \times 87,0446 = 43,5223 \text{ mmol}$ oxide gereageerd.

$$M(\text{oxide}) = \frac{m}{n} = \frac{2440,2 \text{ mg}}{43,5223 \text{ mmol}} = 56,067 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} = 56,07 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

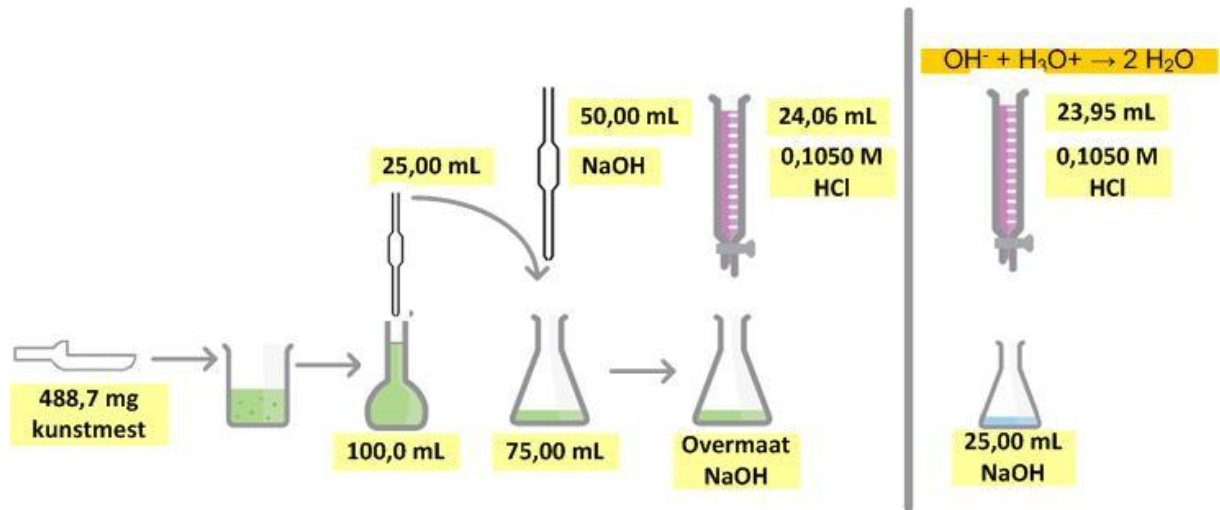
h. $M(\text{oxide}) = 56,07 \text{ u}$

i. $M(\text{metaal}) = 56,07 - 16,00 = 40,07 \text{ u}$

j. Het is waarschijnlijk Calcium : $M = 40,08 \text{ u}$

Opgave 9.11 Ammonium in kunstmest

a.



b. $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ reactie in erlenmeyer

$\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ reactie bij terugtitratie en blanco titratie

c. blanco titratie:

$$V \cdot c(\text{HCl}) = V \cdot c(\text{NaOH}) \rightarrow 23,95 \text{ mL} \times 0,1050 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 25,00 \times c(\text{NaOH})$$

$$\rightarrow c(\text{NaOH}) = \frac{23,95 \times 0,1050}{25,00} = 0,1006 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 0,1006 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

d. Als er nog NH_3 -gas in de erlenmeyer zit dan reageert dit met de H_3O^+ -ionen van de terugtitratie.

e. $n = V \cdot c = 50,00 \text{ mL} \times 0,1006 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 5,0300 \text{ mmol NaOH}$ toegevoegd aan kunstmest

f. $n = V \cdot c = 24,06 \text{ mL} \times 0,1050 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} = 2,5263 \text{ mmol HCl}$ getitreerd

g. Er heeft 2,5263 mmol NaOH gereageerd bij de terugtitratie

h. Er heeft $5,030 - 2,5262 = 2,5038$ mmol NaOH gereageerd met ammoniumionen

k. Er heeft dus ook 2,5038 mmol NH_4^+ -ionen gereageerd met NaOH

l. Er zat dus $2,5038 \text{ mmol} \times 18,038 \text{ mg/mmol} = 45,164$ mg ammonium in het monster

m. massapercentage ammonium = $\frac{45,164}{488,7} \times 100\% = 9,24 \text{ m\%}$

n. In de maatkolf zit 2,5038 mmol N

o. $m(\text{stikstof}) = 2,5038 \text{ mmol} \times 14,0067 \text{ mg/mmol} = 35,070$ mg

p. massapercentage N = $\frac{35,070}{488,7} \times 100\% = 7,18 \text{ m\%}$