

(Directe) Titraties

Titraties worden vaak gebruikt voor kwantitatieve analyse. Dat betekent dat je door middel van een titratie de molariteit of het gehalte van een bepaalde stof in een monster kunt bepalen. Bij titraties wordt nauwkeurig en precies volumetrisch glaswerk gebruikt (maatkolf, volumetrisch pipet, buret).

Titraties zijn gebaseerd op aflopende zuur-basereacties of redoxreacties. Met behulp van een zorgvuldig gekozen indicator is zichtbaar wanneer de reactie precies afgelopen is. Het principe van de meest simpele titratie, de **directe titratie**, is dat je een bekend volume van een monster met onbekende molariteit laat reageren met een bekend volume van een oplossing met bekende molariteit. Met behulp van de reactievergelijking is dan de onbekende molariteit te berekenen. In dit document staan naast het stappenplan ook enkele uitgewerkte voorbeelden.

Rekenen aan directe titraties

Stappenplan:

1. Stel de reactievergelijking (zuur-basereactie of redoxreactie) op. Handleidingen hiervoor staan ook op de site.
2. Van één van de twee oplossingen krijg je altijd het gebruikte volume en de molariteit gegeven (vaak van de oplossing die in de buret zit). Met deze gegevens bereken je het aantal mol van de stof in die oplossing.
3. Met behulp van de molverhouding uit de reactievergelijking bereken je hoeveel mol van de andere stof er aanwezig was in het monster
4. Met het volume van het monster en het aantal mol stof in het monster bereken je de molariteit van de stof in het monster (als het monster vóór de titratie is verdund, dan moet je hierna nog met de verdunningsfactor vermenigvuldigen)
5. Indien het gehalte (in g/L) wordt gevraagd: reken de molariteit om naar gehalte door met de molaire massa te vermenigvuldigen

Voorbeeldopgave directe zuur-basetitratie

Van zoutzuur bepaalt men de molariteit door middel van titratie. 10,00 mL zoutzuur wordt gepipetteerd in een erlenmeyer, enkele druppels broomthymolblauwoplossing worden toegevoegd als indicator en er wordt met 0,124 M natronloog getitreerd tot kleuromslag. De titratie wordt meerdere malen uitgevoerd en gemiddeld is 13,81 mL natronloog nodig. Bereken de molariteit van het zoutzuur.

1. Notatie zoutzuur: $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$. Notatie natronloog: $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
Zuur-basereactievergelijking: $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
2. 0,124 M natronloog betekent dat $[\text{OH}^-] = 0,124 \text{ mol/L}$. Het gebruikte volume natronloog is $13,81 \text{ mL} = 1,381 \cdot 10^{-2} \text{ L}$.
 $n(\text{OH}^-) = [\text{OH}^-] \cdot V = 0,124 \text{ mol/L} \cdot 1,381 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
3. Uit de reactievergelijking blijkt dat H_3O^+ en OH^- in een 1 : 1 molverhouding reageren, dus er heeft $1,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ H_3O^+ gereageerd. $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-) = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
4. Deze hoeveelheid H_3O^+ zit in een volume van $10,00 \text{ mL} = 1,000 \cdot 10^{-2} \text{ L}$.
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = n(\text{H}_3\text{O}^+)/V = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/(1,000 \cdot 10^{-2} \text{ L}) = 0,171 \text{ mol/L}$
Antwoord: de molariteit van het zoutzuur is 0,171 M

Voorbeeldopgave directe redoxtitratie

Van een kaliumpermanganaatoplossing bepaalt men de molariteit door een oxaalzuuroplossing met bekende molariteit te titreren met een kaliumpermanganaatoplossing. In dit geval is van de oplossing in de buret, de KMnO_4 -oplossing dus, de molariteit onbekend.

20,00 mL 0,155 M oxaalzuuroplossing wordt gepipetteerd in een erlenmeyer en hieraan wordt 20 mL 1 M zwavelzuuroplossing toegevoegd. De titratie wordt meerdere malen uitgevoerd en gemiddeld is 16,65 mL KMnO_4 -oplossing nodig. Bereken de molariteit en ook het gehalte aan KMnO_4 in de KMnO_4 -oplossing.

- $\text{MnO}_4^-/\text{H}^+$ is de oxidator. Halfreactie: $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ is de reductor. Halfreactie: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
De redoxreactie is dus: $2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O} + 10 \text{CO}_2$
- 0,155 M oxaalzuuroplossing betekent dat $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = 0,155 \text{ mol/L}$. Het gebruikte volume van deze oplossing is 20,00 mL = $2,000 \cdot 10^{-2} \text{ L}$.
 $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \cdot V = 0,155 \text{ mol/L} \cdot 2,000 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 3,10 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- Uit de reactievergelijking blijkt dat MnO_4^- en $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ in een 2 : 5 molverhouding reageren, dus $n(\text{MnO}_4^-) = 2/5 \cdot n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2/5 \cdot 3,10 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- Deze hoeveelheid MnO_4^- zit in een volume van 16,65 mL = $1,665 \cdot 10^{-2} \text{ L}$.
 $[\text{MnO}_4^-] = n(\text{MnO}_4^-)/V = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/(1,665 \cdot 10^{-2} \text{ L}) = 7,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$
Antwoord: we hebben te maken met een $7,45 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ KMnO_4 -oplossing
- Om het gehalte te berekenen, vermenigvuldigen we met de molaire massa van KMnO_4 (158,03 g/mol). Het gehalte KMnO_4 is dus $7,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \cdot 158,03 \text{ g/mol} = 11,8 \text{ g/L}$.