# Theorie

Voor dit experiment is kennis vereist van zuur-basereacties, redoxreacties en analytische vaardigheden. Allereerst wordt gekeken waar deze reacties plaats vinden in ons stappenplan en welke reactievergelijkingen daarbij horen. Daarna wordt ingegaan op de theorie van colorimetrie.

**Reacties & reactievergelijkingen**

De eerste reactie vindt plaats bij het toevoegen van CuSO4 × 5 H2O aan water. Het kristal splitst zich dan in ionen en een aantal watermoleculen:

CuSO4 × 5 H2O(s) → Cu2+(aq) + SO42-(aq) + 5 H2O (l)

Er wordt weliswaar geconcentreerd salpeterzuur toegevoegd, maar deze speelt geen rol in deze reactie. Het geconcentreerd salpeterzuur wordt toegevoegd aan de oplossing, omdat de oplossing van de munt later in het experiment ook een hoeveelheid geconcentreerd salpeterzuur bevat (omdat de munt hierin is opgelost).

De tweede reactie vindt plaats bij het oplossen van de oxide laag van de munt. Dit moet in zoutzuur gebeuren, omdat de munt anders gelijk op zou lossen in bijvoorbeeld geconcentreerd salpeterzuur. We willen het oxide laagje weghebben om een beter benadering te krijgen van de hoeveelheid koper die een munt bevat.

De reactie die dan optreedt is als volgt:

CuO(s) +2 H3O+(aq) → Cu2+(aq) + 3 H2O (l)

*Het zoutzuur splitst volledig in ionen, wat voor het zure milieu (H3O+) zorgt. Dit komt omdat zoutzuur een sterk zuur is.*

Als laatst treedt er nog een reactie op bij het oplossen van de munt in geconcentreerd salpeterzuur. We lossen de munt op zodat we het vaste koper om kunnen zetten in koper-ionen. Daarna kunnen we deze gebruiken om de extinctie te meten van de oplossing en deze vervolgens uit onze ijkgrafiek te koppelen aan een concentratie koper-ionen. Omdat we ook weten hoeveel ml van de oplossing we hadden, kunnen we dan het aantal mol koper dat in de munt was berekenen en als laatst de hoeveelheid gram koper in de munt met de molaire massa van koper. Uit onze waarnemingen zagen we een bruin gas ontstaan bij de oplossing (zie figuur 5 op pagina 7). Bovendien hebben we de munt opgelost in de zuurkast. Er is stikstofdioxide ontstaan volgens de volgende reactievergelijking, die een redoxreactie is:

2 NO3-(aq) + 4 H3O+(aq) + Cu(s) → 2 NO2(g) + 2 H2O(l) + Cu2+(aq)

*Hier splitst het geconcentreerd salpeterzuur ook in ionen, omdat het een sterk zuur is. In de reactievergelijking zijn de elektronen al kloppend gemaakt en deze daarom weggelaten.*

Deze reactie is belangrijk te noteren, omdat hieruit te zien is dat het vast koper en de koper-ionen zich verhouden als 1:1. Dit is later belangrijk voor de berekeningen.

Stikstofdioxide is een zeer giftig gas en daarom is deze reactie uitgevoerd in de zuurkast.

**Enkele toelichtingen**

Met een colorimeter kan op verschillende golflengtes gemeten worden. Om de beste golflengte te vinden, hebben wij deze allemaal uitgeprobeerd bij buisje 10 (10 ml Cu2+). De resultaten waren als volgt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Golflengte (nm) | Transmissie | Extinctie |
| 440 | 10% | 0,99 |
| 470 | 23% | 0,63 |
| 490 | 29% | 0,54 |
| 520 | 55% | 0,26 |
| 550 | 28% | 0,56 |
| 580 | 18% | 0,73 |
| 590 | 17% | 0,76 |
| 680 | <1% | 2,00 |

Uit deze gegevens is op te maken dat 590nm de meest geschikte golflengte is om bij te meten. Bij de andere golflengtes zouden de andere concentraties er simpelweg niet oppassen. De golflengte 590nm is dus het meest nauwkeurig.

De colorimeter is in staat om zowel transmissie als extinctie weer te geven. Wij hoeven dus geen berekeningen uit te voeren om deze twee grootheden naar elkaar om te rekenen.

Uiteraard is niet zomaar voor 24,97 g kopersulfaatpentahydraat gekozen. Dit komt namelijk, indien het wordt opgelost in 100ml, overeen met 1 M Cu2+. Hieronder zijn de berekeningen weergegeven.

De molaire massa van kopersulfaatpentahydraat: 249,68 g/mol5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Gram | 249,68 | 24,97 |
| Mol | 1 | 0,1 |

24,97 g kopersulfaatpentahydraat komt dus overeen met 0,1 mol kopersulfaatpentahydraat. Deze wordt toegevoegd aan een maatkolf met in totaal een volume van 100ml. De molariteit4 is dan als volgt:

Molariteit = mol/liter

Molariteit= 0,1/0,1

Molariteit= 1 M

Uit de reactievergelijking bleek dat kopersulfaatpentahydraat en koper(II)ionen zich verhouden als 1:1. Dat betekent dus dat de koperionen ook in mate 1 M aanwezig zijn.

Vervolgens verdelen we deze concentratie over 10 reageerbuizen. Deze hebben allemaal verschillende concentraties koperionen, omdat we een verschillende hoeveelheid ml van de standaardoplossing doen in de verschillende reageerbuisjes.

Zo is de nieuwe molariteit van buis 9 bijvoorbeeld:

Aantal mol= molariteit × liter

Aantal mol= 1 × 0,09

Aantal mol= 0,09

Er is in totaal 10ml aanwezig, dus dit betekent dat de nieuwe molariteit is:

Molariteit= 0,09/0,1

Molariteit= 0,9 M

Op deze manier betekent dat de molariteit voor elk reageerbuisje als volgt is:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Buis | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| [Cu2+] | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |

Dit betekent dat we een ijkgrafiek kunnen maken van de verschillende concentraties, omdat de extinctie ook afhankelijk is van de concentratie stof.

Uit de literatuur6 blijkt dat in een guldenmunt van 1 cent, het massapercentage koper 95% is. Onze verwachting is dus ook dat wij op een benadering van dit percentage uitkomen.

Voor het schoonmaken geldt dat de oplossingen met koper ionen niet zomaar weggespoeld mogen worden. Deze moeten apart gezet worden en door de TOA worden opgeruimd, omdat koper behoort tot de zware metalen.

**Colorimetrie7**

Colorimetrie is een fotospectrometrische analysemethode (die berust op interactie van een stof met elektromagnetische straling) en die specifiek gebruik maakt van de absorptie van een oplossing van elektromagnetische straling in het zichtbare gebied.  
Door middel van colorimetrie kan de concentratie van een bepaalde oplossing bepaald worden. Dit kan met behulp van een colorimeter (of spectrofotometer) die de hoeveelheid licht meet die door een gekleurde oplossing wordt geabsorbeerd: de extinctie.  
Hoe meer licht wordt geabsorbeerd en dus hoe minder licht de spectrofotometer kan opnemen, des te hoger is de concentratie van die oplossing.

Een colorimeter analyseert de kleurintensiteit van oplossingen om de concentratie van die oplossing te bepalen. Dat doet hij door monochromatisch licht (licht met één golflengte) van een LED-lamp door een cuvet met de oplossing te sturen. Het licht wordt door de oplossing deels geabsorbeerd en een fotodiode vangt de lichtintensiteit van het niet-geabsorbeerde licht op. Detectoren zetten de stralingsenergie die afkomt van de diode om in een meetbare stroom.

Sommige colorimeters meten de transmissie in plaats van de extinctie. Deze twee termen staan met elkaar in verband volgens deze formule:

Omdat de transmissie en extinctie met elkaar verbonden zijn, zijn ook de transmissie en de concentratie met elkaar verbonden. Zoals al eerder is gezegd: des te meer licht wordt geabsorbeerd, des te hoger is de concentratie. Dus hoe lager de transmissie, des te hoger de concentratie. En omgekeerd, des te hoger de transmissie, des te lager is de concentratie, omdat bij een hogere transmissie wordt er meer licht opgevangen door de fotodiode en betekent dat dus dat er niet veel deeltjes in de oplossing zijn om het monochromatische licht tegen te houden.

# Onderzoeksresultaten

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden hadden we de volgende gegevens nodig:

* De massa van de munt nadat deze schoon was (oxide laagje eraf)
* De verschillende concentraties koperoplossing
* De oplossing van de munt

Allereerst moest de extinctie gemeten worden bij elk van de verschillende oplossingen, inclusief de munt. Buis nummer 0 is als blanco buis gebruikt (dit betekent dat alle andere buisjes hiermee vergeleken worden voor de extinctie), omdat deze buis een concentratie koperionen van 0 had. Er was wel een beetje salpeterzuur toegevoegd, omdat dit ook aanwezig is in alle andere oplossingen. De resultaten van de colorimeter waren als volgt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Buis nummer | Transmissie | Extinctie |
| 0 | 100% | 0,00 |
| 1 | 85% | 0,07 |
| 2 | 66% | 0,18 |
| 3 | 58% | 0,24 |
| 4 | 48% | 0,32 |
| 5 | 39% | 0,41 |
| 6 | 34% | 0,46 |
| 7 | 29% | 0,54 |
| 8 | 20% | 0,71 |
| 9 | 19% | 0,71 |
| 10 | 17% | 0,76 |
| Munt oplossing | 60% | 0,22 |

Met deze gegevens zetten we de concentratie koperionen (x-as) uit tegen de extinctie (y-as). Als we dan de extinctie van de munt oplossing aflezen, kunnen we de concentratie koperionen bepalen.

Het resultaat van deze gegevens en de tabel met de concentraties koperionen leverde de volgende grafiek op:

Met behulp van Microsoft Excel 2013 is van deze ijkcurve een formule op te stellen. Deze is als volgt:

De term +0,005 is overbodig: dit maakt een klein verschil uit en omdat er sprake is van een lineair verband en we zeker weten dat de extinctie nul is bij een koper ionen concentratie van nul, wordt deze verder achterwegen gelaten.

De extinctie van de munt oplossing is bekend, dus kunnen we deze formule herleiden om de concentratie koperionen te berekenen:

De muntoplossing was aanwezig in 100 ml, dus betekent dit dat er in mol aanwezig is:

Aantal mol= molariteit × liter

Aantal mol= 0,28 × 0,1

Aantal mol= 0,028

Uit de hoeveelheid mol kan nu de hoeveelheid gram koper bepaald worden. De molaire massa van koper is 63,546 g/mol.

Dit betekent dus dat 0,028 mol overeenkomt met:

Aantal gram= mol × molaire massa

Aantal gram= 0,028 × 63,546

Aantal gram= 1,78

Dit betekent dat de munt 1,78 g koper bevatte. Nu kan hiermee het massapercentage bepaald worden. De massa van de schone munt was 1,99 g.