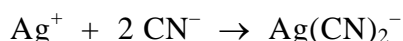


## Cyanide in afvalwater

Het afvalwater van goudwinningsbedrijven bevat vaak veel cyanide,  $\text{CN}^-$ . Het cyanidegehalte van afvalwater kan als volgt worden bepaald.

Aan een afgemeten hoeveelheid afvalwater wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd. Hierdoor reageert alle  $\text{CN}^-$  tot  $\text{HCN}$ . De ontstane oplossing wordt vervolgens verwarmd. Het  $\text{HCN}$  ontwijkt dan als gas en wordt in een overmaat natronloog geleid. Alle  $\text{HCN}$  wordt dan weer omgezet tot  $\text{CN}^-$ . Tenslotte wordt getitreerd met een zilvernitraatoplossing. Bij deze titratie treedt de volgende reactie op:



Wanneer alle cyanide heeft gereageerd, is het eindpunt van de titratie bereikt. Dit wordt zichtbaar omdat bij toevoeging van nog een druppel van de zilvernitraatoplossing het mengsel troebel wordt doordat het slecht oplosbare zilvercyanide ontstaat.

- 2p **16** Geef de reactievergelijking van de vorming van het slecht oplosbare zilvercyanide wanneer het eindpunt van de titratie is bereikt.

Bij zo'n bepaling werd 200 mL afvalwater gebruikt. Voor de titratie was 7,82 mL van een 0,0192 M zilvernitraatoplossing nodig.

- 4p **17** Bereken hoeveel mg  $\text{CN}^-$  het onderzochte afvalwater per liter bevatte.

Afvalwater met een te hoog cyanidegehalte mag niet worden geloosd. Er zijn verschillende manieren om cyanide uit afvalwater te verwijderen. Eén van die methoden is elektrolyse van het cyanide-houdend afvalwater met onaantastbare elektroden. Het cyanide wordt dan omgezet tot het veel minder giftige cyanaat,  $\text{NCO}^-$ . Deze elektrolyse wordt in basisch milieu uitgevoerd.

- 3p **18** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van cyanide tot cyanaat. In de vergelijking van deze halfreactie komen behalve  $\text{CN}^-$  en  $\text{NCO}^-$  onder andere ook  $\text{OH}^-$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor.

- 2p **19** Leg uit aan welke elektrode deze omzetting plaatsvindt.

Tijdens de elektrolyse moet de pH op circa 9,5 worden gehouden, om te voorkomen dat in het afvalwater teveel  $\text{HCN}$  ontstaat, dat als gas zou kunnen ontwijken.

- 4p **20** Bereken hoeveel procent van het  $\text{CN}^-$  is omgezet tot  $\text{HCN}$  in een oplossing waarvan de pH op 9,5 (298 K) wordt gehouden.