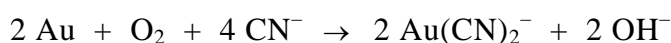


Goudwinning

Goud komt in de natuur samen met zilver voor in gesteenten, het zogenoemde gouderts. Uit dit erts wordt goud gewonnen. Aan een artikel uit *Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)* over de winning van goud zijn de volgende tekstfragmenten ontleend.

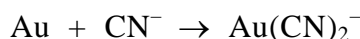
tekstfragment 2

Bij het cyanideproces vermengt men fijngemalen gouderts met een natriumcyanide-oplossing. Het goud, evenals zilver, reageert met deze oplossing en zuurstof, volgens de reactievergelijking:



De reactie verloopt volledig en snel naar rechts. In de praktijk roert men het ertsconcentraat in een natriumcyanide-oplossing waar lucht door borrelt. Als de edelmetalen zijn opgelost, filtreert men het gesteente af.

De reactievergelijking in tekstfragment 2 is fout. De correcte vergelijking kan worden afgeleid onder andere met behulp van het gegeven dat deze reactie een redoxreactie is. De vergelijking van de halfreactie van het goud is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

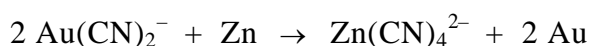


De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

- 2p **21** Maak de hierboven gegeven onvolledige vergelijking van de halfreactie van het goud af.
- 2p **22** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de correcte vergelijking af van de reactie die wordt bedoeld in tekstfragment 2.

tekstfragment 3

Het goud in oplossing wordt teruggewonnen door reductie met zinkpoeder:



Het goud slaat neer en bevat meestal nog aanzienlijke hoeveelheden zilver. De legering wordt gesmolten, in staven gegoten en naar de raffinaderij getransporteerd. In deze raffinaderij wordt de legering gesmolten waarna men er chloorgas doorheen blaast. Zilver vormt daarbij zilverchloride dat op het gesmolten metaal komt drijven. Als het zilveragehalte tot beneden 0,4% is gedaald, beëindigt men het chloreren, schept het zilverchloride van de vloeistof af, en giet daarna het goud in staven van 12,50 kg. Ze zijn voor de verkoop gereed, de zuiverheid is 99,6 massaprocent.

De grondstof voor de raffinaderij is ruw goud met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

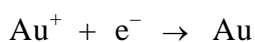
- 6p **23** Bereken hoeveel dm^3 chloorgas ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud, uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

tekstfragment 4

Voor sommige toepassingen is goud met een zuiverheid van 99,99 massaprocent of hoger nodig. Hiervoor gebruikt men elektrolytische raffinage. In een geconcentreerde goud(l)chloride-oplossing plaatst men twee elektroden die worden aangesloten op een gelijkspanningsbron. De positieve elektrode is van goud van 99,6% zuiverheid en gaat in oplossing:



De negatieve elektrode groeit aan met goud van zeer hoge zuiverheid:



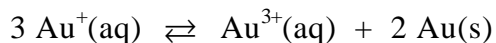
In tekstfragment 4 wordt niet vermeld wat er gebeurt met het zilver dat in de positieve elektrode zit.

- 4p **24** Beschrijf wat er met dat zilver gebeurt. In je beschrijving moet je
- gebruik maken van het gegeven dat tijdens de elektrolyse een troebeling in de oplossing ontstaat;
 - de vergelijking van een optredende reactie en/of halfreactie geven;
 - een verklaring geven voor het feit dat zilver niet neerslaat op de negatieve elektrode.

Begin je beschrijving met:

Het aanwezige zilver in de positieve elektrode ...

In tekstfragment 4 staat dat bij de elektrolytische zuivering van het goud een geconcentreerde goud(I)chloride oplossing wordt gebruikt. Wanneer men goud(I)chloride met water mengt, ontstaat echter een oplossing waarin de concentratie Au^+ heel klein is. In zo'n oplossing stelt zich namelijk een heterogeen evenwicht in waarbij opgeloste goud(III)ionen, $\text{Au}^{3+}(\text{aq})$, en vast goud, $\text{Au}(\text{s})$, worden gevormd:



Het evenwicht is onderzocht. In een oplossing die is bereid door 0,0010 mol Au^+ in 1,0 liter water te brengen, is de hoeveelheid Au^+ ionen in de evenwichtstoestand nog maar 4% van de oorspronkelijke hoeveelheid van 0,0010 mol.

- 4p **25** Bereken met behulp van de bovenstaande gegevens de waarde van de evenwichtsconstante van dit evenwicht.