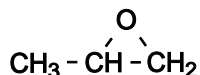


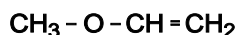
Epoxypropan

1,2-Epoxypropan is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



Er bestaat een aantal isomeren van 1,2-epoxypropan.

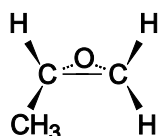
Hieronder is de structuurformule van een structuurisomeer weergegeven.



3p **1** Geef de systematische naam van deze structuurisomeer.

3p **2** Geef de structuurformules van drie andere structuurisomeren van 1,2-epoxypropan.

Hieronder is een molecuul 1,2-epoxypropan ruimtelijk weergegeven.



Hierin stelt – een binding voor in het vlak van de tekening, ... en ► stellen bindingen voor die naar achteren respectievelijk naar voren wijzen.

2p **3** Leg aan de hand van de ruimtelijke weergave van een molecuul 1,2-epoxypropan uit of er stereo-isomeren van 1,2-epoxypropan mogelijk zijn.

1,2-Epoxypropan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren.

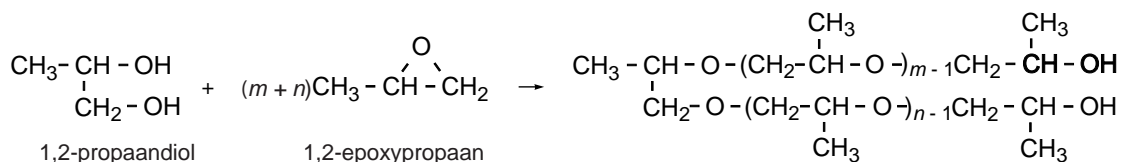
Wanneer 1,2-epoxypropan polymeriseert, ontstaat een zogenoemde polyether.

De polymerisatie van 1,2-epoxypropan start doordat een molecuul

1,2-epoxypropan reageert met een molecuul van een zogenoemde initiator,

vaak een alcohol. Daarna reageren moleculen 1,2-epoxypropan met moleculen van de ontstane tussenproducten tot de uiteindelijke polymeerketens.

De polymerisatie van 1,2-epoxypropan met 1,2-propaandiol als initiator is hieronder in een reactievergelijking weergegeven.



Door de molverhouding initiator : 1,2-epoxypropan te variëren en/of door van verschillende initiatoren uit te gaan, kunnen bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropan verschillende soorten polymeermoleculen worden gevormd.

Omdat de sterkte van de bindingen tussen deze verschillende soorten moleculen varieert, kan men op deze manier de eigenschappen van de stof die ontstaat, beïnvloeden.

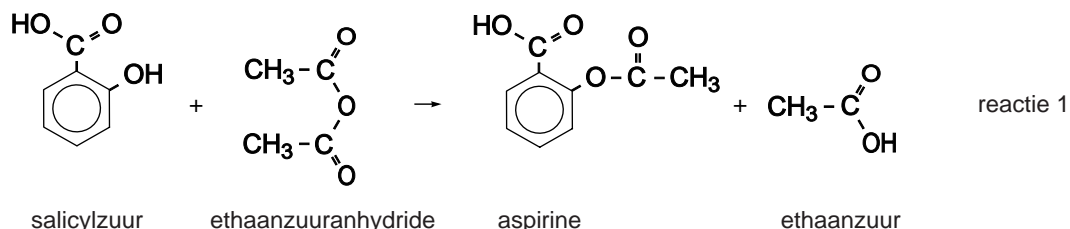
Zo zullen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropan met sacharose als initiator verschillen van de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.

Eén van die verschillen is dat de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator anders is dan in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.

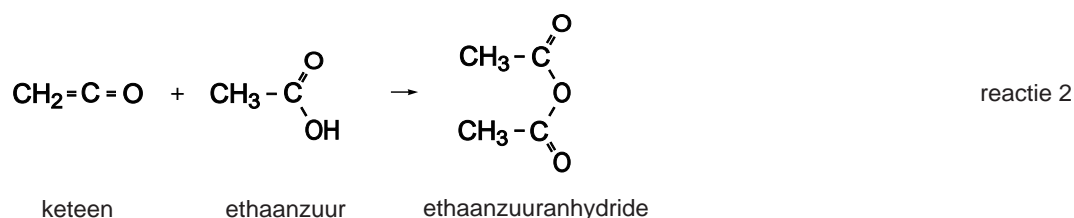
- 2p 4 Leg uit of de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator groter of kleiner is dan de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator. Neem aan dat:
- de molverhouding 1,2-propaandiol : 1,2-epoxypropan gelijk is aan de molverhouding sacharose : 1,2-epoxypropan;
 - bij beide polymerisaties het 1,2-epoxypropan volledig reageert.

Aspirinebereiding

Een van de industriële bereidingen van aspirine (acetylsalicylzuur) berust op de reactie van salicylzuur met ethaanzuuranhydride:



Het ethaanzuuranhydride dat voor deze reactie nodig is, wordt gevormd door ethaanzuur met de stof keteen te laten reageren:



Met behulp van de reacties 1 en 2 kan worden berekend hoeveel g keteen minimaal nodig is om 1,00 kg aspirine te produceren.

4p 5 Geef deze berekening.

Deze bereiding van aspirine kan vereenvoudigd worden weergegeven in de volgende vier stappen.

- Stap 1 Ethaanzuuranhydride en salicylzuur laat men in een oplosmiddel in de molverhouding 1 : 1 gedurende 20 uur in een reactor (reactor 1) bij circa 90 °C met elkaar reageren.
- Stap 2 Het reactiemengsel wordt overgebracht naar een zogenoemde kristallisatietank. Daar kristalliseert de ontstane aspirine. Dit proces duurt ongeveer 80 uur en vindt plaats bij circa 20 °C.
- Stap 3 De vaste aspirine wordt vervolgens in een scheidingsruimte door middel van filtratie gescheiden van de rest van het vloeibare reactiemengsel.
- Stap 4 Het filtraat wordt overgebracht naar een tweede reactor (reactor 2). Daarin wordt het bij reactie 1 ontstane ethaanzuur met keteen omgezet tot ethaanzuuranhydride. De oplossing die hierbij ontstaat, wordt in reactor 1 geleid.

Aangenomen mag worden dat reactie 1 en reactie 2 aflopende reacties zijn en dat in de kristallisatietank alle aspirine kristalliseert.

Een ontwerp van deze industriële bereiding, na de opstartfase, is op de uitwerkbijlage bij dit examen in een (onvolledig) blokschema weergegeven. In dit blokschema ontbreken de namen van de stoffen bij de stofstromen.

- 4p **6** Zet in het blokschema op de uitwerkbijlage de namen van alle stoffen bij de stofstromen en geef aan in welke vorm de desbetreffende stof voorkomt. Kies daarbij uit onderstaande lijst.

<i>aspirine</i>	<i>opgelost of vast of zuiver</i>
<i>ethaanzuur</i>	<i>opgelost of zuiver</i>
<i>ethaanzuuranhydride</i>	<i>opgelost of zuiver</i>
<i>keteen</i>	<i>opgelost of zuiver</i>
<i>salicylzuur</i>	<i>opgelost of zuiver</i>

Houd rekening met het feit dat sommige combinaties meerdere malen moeten worden gebruikt.

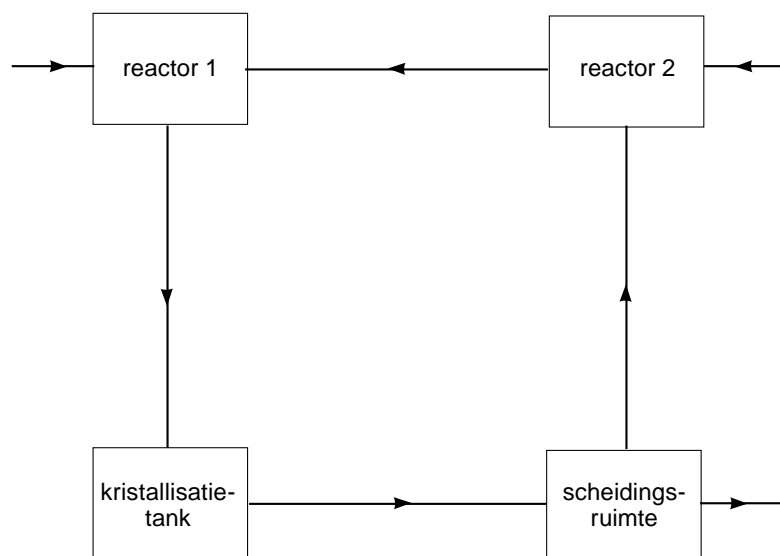
Het ontwerp dat in het blokschema is weergegeven, heeft als nadeel dat reactor 1 telkens een aantal uren moet worden stilgelegd nadat het reactiemengsel de reactor heeft verlaten.

- 2p **7** Hoeveel uur nadat een reactiemengsel reactor 1 heeft verlaten, kan reactor 1 weer in bedrijf worden genomen? Geef een verklaring voor je antwoord; ga er vanuit dat de periode waarin reactor 1 stil ligt zo kort mogelijk moet zijn.
- 2p **8** Hoe kan het in deze opgave geschetste ontwerp zo worden aangepast dat het stilleggen van reactor 1 niet nodig is?

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

6



Loodwit en de Oude Meesters

Veel schilderijen van bekende Oude Meesters als Rembrandt, Hals en Vermeer, vertonen beschadigingen die terug zijn te voeren op het gebruik van vervuild loodwit. In de Volkskrant verscheen daarover het artikel "De tijdbom van de Oude Meesters". Hieronder is een fragment uit dit artikel weergegeven. Lees dit fragment en beantwoord daarna de vragen.

tekstfragment 1

De tijdbom van de Oude Meesters

- Een deel van de verouderingsproblemen is terug te voeren op het gebruik van loodwit als basis van olieverven. Er werden pigmenten doorheen geroerd om lichte kleuren te maken. Bovendien werd loodwit vaak gebruikt voor de grondering, de absorberende onderlaag van de schildering.
- 5 Loodwit werd verkregen door in keramische potten een laagje azijn¹⁾ te doen, waarboven opgerold lood werd gehangen. De potten werden afgesloten met planken. Daar overheen ging een berg paardenmest, opdat het binnenin zou gaan broeien. De vaste stof die zich onder die omstandigheden afzet op het metaal, loodwit, werd in de schilderswerkplaats
- 10 met olie²⁾ als bindmiddel gemengd tot verfpasta.
- Het onderzoeksteam van het Haagse Mauritshuis heeft samen met Boon, de onderzoeksleider van MOLART³⁾, inmiddels geconstateerd dat loodwit een van de boosdoeners is wanneer het oppervlak van schilderijen schade gaat vertonen.
- 15 Het problematische loodwit, is inmiddels duidelijk, zit vaak niet in de afbeelding zelf maar in de grondlaag. Voor die grondlaag werd zeer waarschijnlijk goedkoop, inferieur loodwit gebruikt, aldus Boon. In de slechte varianten zitten vervuilingen, waaronder chloride, denkt hij, die uit die broeiende berg paardenmest kunnen komen.
- 20 Vervuild loodwit in de grondering lost dus op. 'Ervoor in de plaats komt transparant materiaal. Dat voegt zich samen tot klonters. Die hebben de neiging te gaan groeien. Daarbij barsten sommige door de bovenste verflaag heen. Het resultaat is dat je op de oppervlakte van het schilderij allemaal kleine rondjes ziet.' Protrusie, noemt Boon dat effect: vorming van
- 25 uitstulpingen. In het transparante materiaal van die klonters blijken zepen te zitten: bijvoorbeeld loodzeep die ontstaat wanneer oplossend loodwit zich verbindt met organische fracties in de grondlaag. 'Die zepen zijn vochtgevoelig, waardoor de aangedane plekken makkelijk kunnen zwellen', constateert Boon.

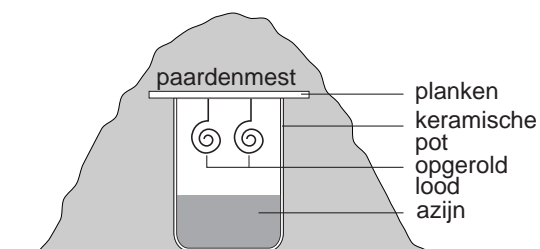
naar: de Volkskrant

noot 1 Azijn is een oplossing van ethaanzuur (azijnzuur) in water.

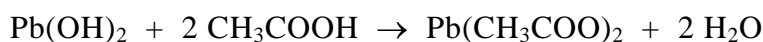
noot 2 Deze olie is, net als vet, een mengsel van triglyceriden; dit zijn tri-esters van glycerol en vetzuren.

noot 3 MOLART is een onderzoeksprogramma naar de veroudering van schilderijen.

Loodwit is een zogenoemd dubbelzout dat kan worden weergegeven met de formule $Pb_3(OH)_2(CO_3)_2$. De bereiding van loodwit wordt niet zo nauwkeurig beschreven. De keramische potten waren niet volledig afgesloten: het lood stond via kieren in de planken in contact met de buitenlucht en met gasvormige stoffen die uit de broeiende paardenmest kwamen. Andere stoffen konden vanuit de paardenmest niet door of langs de planken in de pot terechtkomen. Zie de figuur hiernaast.



Bij het proces ontstaat eerst loodhydroxide. Een deel van dit loodhydroxide wordt met de damp van ethaanzuur omgezet tot loodethanoaat:



Vervolgens reageert loodethanoaat door tot loodcarbonaat. Dit is een zuur-base reactie. Voor deze omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat zijn twee stoffen nodig, die weliswaar in de lucht voorkomen, maar waarvan de concentraties te klein zijn voor de beschreven vorming van relatief grote hoeveelheden loodwit. Extra hoeveelheden van deze twee stoffen komen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest. Uiteindelijk wordt bij deze bereiding van loodwit geen ethaanzuur verbruikt.

- 3p **9** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat.
- 2p **10** Laat zien dat geen ethaanzuur wordt verbruikt.

Het broeien van paardenmest is een exotherm proces. Dit feit bevordert op twee manieren de vorming van loodwit.

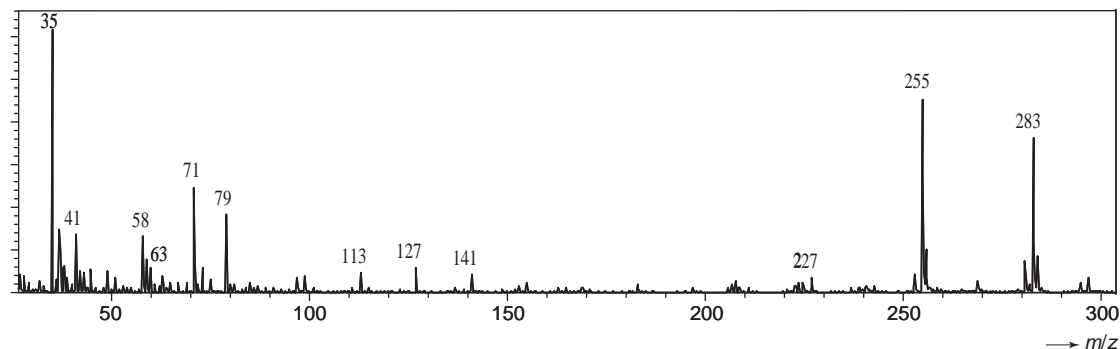
- 3p **11** Op welke twee manieren bevordert het feit dat het broeien van paardenmest een exotherm proces is de vorming van loodwit? Geef een verklaring voor je antwoord.

Uit onderzoek is gebleken dat de zepen die in regel 25 en verder worden genoemd, voornamelijk loodpalmitaat en loodstearaat zijn. Loodpalmitaat en loodstearaat zijn de loodzouten van de vetzuren palmitinezuur respectievelijk stearinezuur. De vorming van deze loodzeepen wordt in het artikel eveneens niet zo nauwkeurig beschreven (zie regels 26 en 27). De journalist wil de lezer waarschijnlijk niet lastig vallen met chemische termen. Bij de vorming van loodzeep, die in principe ook uit onvervuild loodwit kan ontstaan, zijn stoffen uit 'organische fracties in de grondlaag' betrokken. Door gebruik te maken van gegevens uit het artikel met de daarbij verstrekte voetnoten, en gegevens met betrekking tot de samenstelling van loodwit, kan worden afgeleid welke stoffen uit de 'organische fracties in de grondlaag' betrokken zijn bij de vorming van loodzeep. Dan is het mogelijk een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van de loodzeepen te geven.

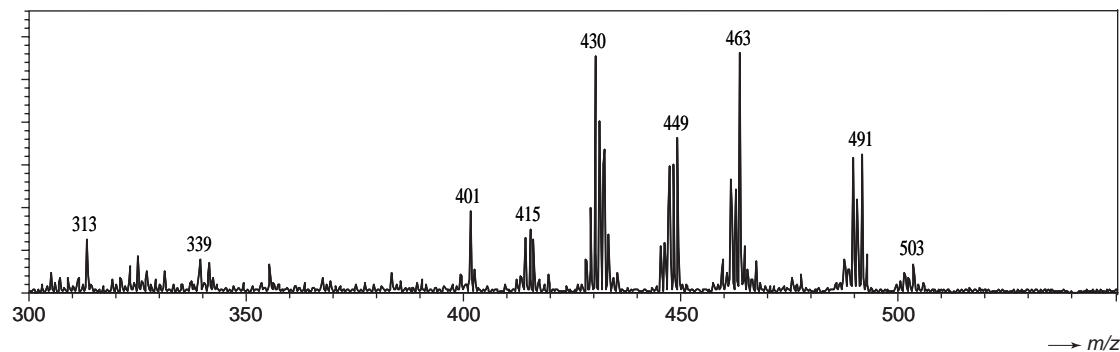
- 1p **12** Welke soort organische stof in de ‘organische fracties in de grondlaag’ is betrokken bij de vorming van loodzeep?
- 3p **13** Geef een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep uit loodwit, gebruik makend van chemische vaktermen.

Massaspectrometrie speelt een belangrijke rol bij het onderzoek naar de samenstelling van de protrusies. Eén van de schilderijen waaraan dit onderzoek is gedaan, is het schilderij “Anatomische Les” van Rembrandt. Monsters uit de protrusies ondergingen in een massaspectrometer een zodanige bewerking dat daaruit negatieve en positieve ionen vrijkwamen. Er is een massaspectrum opgenomen van de negatieve ionen (massaspectrum 1) en één van de positieve ionen (massaspectrum 2).

massaspectrum 1



massaspectrum 2



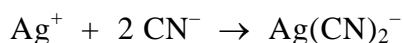
Uit massaspectrum 1 blijkt de aanwezigheid van chloride-ionen in de protrusie en ook van palmitaationen en stearaationen. De pieken bij $m/z = 463$ en $m/z = 491$ in massaspectrum 2 geven een sterke aanwijzing voor de aanwezigheid van loodpalmitaat en loodstearaat in de protrusie.

- 2p **14** Geef de m/z waarde van een piek van de chloride-ionen en de m/z waarde van een piek van de stearaationen in massaspectrum 1.
 Noteer je antwoord als volgt:
 chloride-ionen: bij $m/z = \dots$
 stearaationen: bij $m/z = \dots$
- 2p **15** Leid, mede met behulp van een gegeven uit Binas-tabel 25, de formule af van de positieve ionsoort die de piek bij $m/z = 463$ in massaspectrum 2 veroorzaakt.

Cyanide in afvalwater

Het afvalwater van goudwinningsbedrijven bevat vaak veel cyanide, CN^- . Het cyanidegehalte van afvalwater kan als volgt worden bepaald.

Aan een afgemeten hoeveelheid afvalwater wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd. Hierdoor reageert alle CN^- tot HCN . De ontstane oplossing wordt vervolgens verwarmd. Het HCN ontwijkt dan als gas en wordt in een overmaat natronloog geleid. Alle HCN wordt dan weer omgezet tot 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 zilverbicyanide ontstaat.

- 2p **16** Geef de reactievergelijking van de vorming van het slecht oplosbare zilverbicyanide 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 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 cyanidehoudend afvalwater met onaantastbare elektroden. Het cyanide wordt dan omgezet tot het veel minder giftige cyanaat, 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 CN^- en NCO^- onder andere ook OH^- en H_2O 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 HCN ontstaat, dat als gas zou kunnen ontwijken.

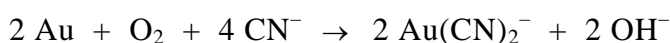
- 4p **20** Bereken hoeveel procent van het CN^- is omgezet tot HCN in een oplossing waarvan de pH op 9,5 (298 K) wordt gehouden.

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.

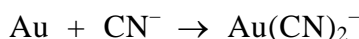
tekstfragment 2

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:

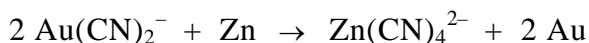


De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

- 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.

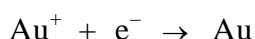
- 6p **23** Bereken hoeveel dm^3 chloorgas ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud, uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

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:



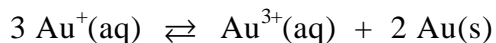
In tekstfragment 4 wordt niet vermeld wat er gebeurt met het zilver dat in de positieve elektrode zit.

- 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.

Bronvermeldingen

tekstfragment 1 de Volkskrant

tekstfragment 2, 3 en 4 Het Digitale Archief III, cd-rom Natuur & Techniek, 1999