**Oefenmateriaal 2**

**Zink**

Bij de winning van zink uit zinkerts blijft doorgaans 95 % van het gedolven gesteente achter in de vorm van zuur slib. Dit slib wordt gedumpt in door dijken omgeven bassins. In april 1998 is bij een zinkmijn in Spanje een dijk van zo’n bassin doorgebroken. Tussen de vijf en zeven miljoen m3 slib stroomde weg. Een deel van het slib kon met dijken tot stilstand gebracht worden. Een ander deel kwam in een belangrijk natuurgebied terecht en veroorzaakte de door van vele vissen en vogels. Naar aanleiding van deze milieuramp verscheen in een Nederlandse krant commentaar van een grondstoffendeskundige:

|  |  |
| --- | --- |
| Tekst-  Fragment 1 | Neem wat ijzersulfide, het glimmende mineraal pyriet; zinksulfide of kopersulfide mag ook. Vermaal het. Voeg water toe. Doe de lakmoesproef. De oplossing zal zuur blijken. Zwavelzuur, kan nadere analyse nog onthullen. Mits op voldoende grote schaal uitgevoerd, is dit het recept voor een milieuramp. De schaal van een ertsmijn ontstaan grote hoeveelheden zuur afvalslib. Dat is een chemische onvermijdelijkheid.  *Naar : de Volkskrant van 9 mei 1998* |

In de eerste regel worden ijzersulfide en pyriet genoemd. In het krantenbericht wordt daarmee éé’n en dezelfde stof bedoeld. De formule van deze stof is FeS2 en pyriet is de triviale naam ervan. De stof is opgebouwd uit ionen.

1 Leg aan de hand van formules van ionen uit of ijzersulfide een juiste systematische naam voor pyriet is. Ga er daarbij vanuit dat er twee soorten ijzerionen bestaan.

Pyriet wordt door zuurstof uit de lucht en water omgezet tot een oplossing die, behalve H+ionen, ook Fe3+ ionen en SO42− ionen bevat. Deze reactie is een redoxreactie.

De vergelijking van de halfreactie van FeS2 is hieronder onvolledig weergegeven :

FeS2 + H2O → Fe3+ + SO42− + H+

In deze vergelijking ontbreken de elektronen en er moeten nog coëfficiënten worden geplaatst.

2 Geef de volledige vergelijking van de halfreactie van FeS2.

3 Leid met behulp van deze halfreactie en de halfreactie van zuurstof de totale reactievergelijking af van deze omzetting van pyriet door zuurstof en water.

Volgens deskundigen is de dambreuk ontstaan doordat onder de dijken mergel aanwezig is. Mergel bevat onder andere calciumcarbonaat. Het calciumcarbonaat reageerde met de grote hoeveelheid H+ ionen uit het slib. De dam verloor door deze reactie zijn stabiliteit en brak door.

Ruim vier maanden na de ramp werd in de pers melding gemaakt van scherpe kritiek op de opruimingswerkzaamheden:

|  |  |
| --- | --- |
| Tekst-  Fragment 2 | Niet alleen kwam de waterzuivering pas een maand geleden op gang, ook twijfelt men of de speciaal aangelegde installatie en het meertje waarin het sterk verzuurde slib werd geneutraliseerd met natriumcarbonaat, goed heeft gefunctioneerd  *Naar : NRC Handelsblad van 10 september 1998* |

In een scheikundeles worden de tekstfragmenten besproken. Een leerling brengt naar voren dat er waarschijnlijk veel natriumcarbonaat nodig is om al het zure slib te neutraliseren. Het natriumcarbonaat moet naar het meertje worden vervoerd. Het meertje is wellicht niet goed bereikbaar. Dit zou wel eens één van de redenen kunnen zijn waarom de neutralisatie van het zure slib zo langzaam verloopt.. De leerling krijgen de opdracht een berekening uit te voeren om te schatten hoeveel natriumcarbonaat maar het meertje moet worden vervoerd.

Ze moeten uitgaan van de volgende veronderstellingen

* 3 miljoen m3 zuur slib moet in het meertje worden geneutraliseerd;
* 50 volumeprocent van het slib bestaat uit vast, niet zure bestanddelen;
* de pH van de te neutraliseren vloeistof is 2,5;
* het natriumcarbonaat wordt aangevoerd in de vorm van soda (Na2CO3 · 10H2O);
* natriumcarbonaat en H+ ionen reageren in de molverhouding 1 : 2

4 Bereken met deze veronderstellingen hoeveel kg soda naar het meertje moet worden vervoerd. De massa van een mol Na2CO3 · 10H2O is 286,2 g

**E-factor**

Bij de ontleding van calciumcarbonaat ontstaan calciumoxide en koolstofdioxide. Bij dit proces is calciumoxide het gewenste product. Het rendement is 80,0 %.

5 Bereken de E-factor. Geef je antwoord in 3 significante cijfers.

**Zilverpoets**

Zilveren voorwerpen, bijvoorbeeld sieraden en bestek, worden op den duur zwart. Dit wordt veroorzaakt door de reactie van het laagje zilveroxide dat op het oppervlak van zilveren voorwerpen zit, met waterstofsulfide. De vergelijking van deze zuur-base reactie is als volgt:

H2S + Ag2O → Ag2S + H2O

Op de website http://scifun.chem.wisc.edu worden proefjes beschreven die thuis kunnen worden uitgevoerd. Pien heeft op deze website een manier gevonden om de zwarte aanslag op zilveren voorwerpen te verwijderen. Het voorschrift luidt als volgt:

* Bedek de bodem van een schaal met aluminiumfolie;
* los een schep bakpoeder (natriumwaterstofcarbonaat) op in een liter heet water;
* leg het zilveren voorwerp op het aluminiumfolie en schenk zoveel hete oplossing in de schaal dat het voorwerp helemaal ondergedompeld is.

Pien probeert dit proefje uit met een zwart geworden zilveren theelepeltje. De zwarte aanslag verdwijnt inderdaad van het lepeltje. Het zilver wordt schoon doordat er een elektrochemische cel ontstaat: het aluminiumfolie vormt de ene pool en het schoon te maken zilveren lepeltje de andere pool. Hierbij wordt Ag+ uit het zilversulfide (Ag2S) omgezet tot zilver.

6 2p Leg uit of het zilveren lepeltje de positieve of de negatieve pool vormt in deze elektrochemische cel.

De moeder van Pien heeft een zogenoemde wonderplaat, die ook uit aluminium bestaat, aangeschaft. Daarmee maakt zij het zilveren bestek regelmatig schoon. Zij ziet dat Pien bakpoeder gebruikt en zegt: „Je moet zout nemen, want dat staat in de gebruiksaanwijzing bij mijn wonderplaat.” Pien antwoordt: „Het maakt niet veel uit of je bakpoeder of zout neemt, als je maar geen suiker neemt.”

7 2p Leg uit waarom je in plaats van zout wel bakpoeder kunt gebruiken, maar geen suiker.

In de gebruiksaanwijzing van de wonderplaat staat ook dat de voorwerpen direct of indirect (bijvoorbeeld via een ander lepeltje dat op de plaat ligt) contact moeten maken met de wonderplaat.

8 2p Waarom is dit directe of indirecte contact met de wonderplaat nodig?

**Structuurbepaling**

Een bepaalde koolwaterstof kan met onderstaande structuurformule P worden weergegeven.



De koolwaterstof met structuurformule P kan met water reageren. De stoffen die hierbij ontstaan, zijn hieronder met de structuurformules Q en R weergegeven

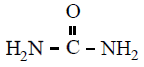


Wanneer men het mengsel van de reactieproducten door middel van destillatie scheidt, worden twee kleurloze fracties verkregen.

Om vast te stellen welke structuurformule bij welke fractie hoort, kan men gebruik maken van een aangezuurde oplossing van de stof kaliumdichromaat (K2Cr2O7). In oplossing is dit zout gesplitst in K+ ionen en Cr2O72–.In zuur milieu kan het Cr2O72– ion als oxidator optreden.

9 2p Leg aan de hand van het verschil in de structuurformules Q en R uit dat je een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat kunt gebruiken om er achter te komen welke structuurformule bij welke fractie hoort.

10 2p Leg met behulp van gegevens uit Binas uit welke waarneming(en) je doet wanneer een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat aan beide fracties wordt toegevoegd.

**Ureum**

Ureum, , en ammoniumnitraat zijn beide stikstofmeststoffen.

Ureum is minder gevaarlijk dan het explosieve ammoniumnitraat.

11 3p Is het massapercentage N in ureum hoger dan, of gelijk aan, of lager dan het massapercentage N in ammoniumnitraat? Geef een verklaring voor je antwoord.

In de industrie wordt ureum gemaakt uit de grondstoffen koolstofdioxide en ammoniak. De synthese verloopt in twee reactiestappen.

In de eerste stap ontstaat, in een evenwichtsreactie, de stof ammoniumcarbamaat:

In de tweede stap wordt het ammoniumcarbamaat omgezet tot ureum en water.

Ook dit is een evenwichtsreactie:

Beide stappen verlopen in één reactievat. De omstandigheden in het reactievat zijn zodanig dat ammoniumcarbamaat en ureum vloeibaar zijn.

De reactie naar rechts van evenwicht 1 is exotherm.

De reactie naar rechts van evenwicht 2 is endotherm.

In een bepaald type ureumfabriek worden koolstofdioxide en ammoniak in de molverhouding CO­2 : NH3 = 1,00 : 2,95 in de reactor geleid. Onder de omstandigheden die in de reactor heersen, wordt 60% van het koolstofdioxide omgezet.

12 2p Bereken de molverhouding CO­2 : NH3 waarin deze stoffen de reactor verlaten.

Hieronder is een deel van het blokschema weergegeven van deze ureumsynthese. Dit blokschema is ook afgebeeld op de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort.

In reactor 1 vinden de beide hiervoor vermelde evenwichtsreacties plaats (evenwicht 1 en evenwicht 2). Vanwege de optredende evenwichten komt uit reactor 1 een mengsel van koolstofdioxide, ammoniak, water, ureum en ammoniumcarbamaat. De omstandigheden in reactor 2 zijn zodanig dat het ammoniumcarbamaat hierin wordt omgezet tot ammoniak en koolstofdioxide: evenwicht 1 loopt af naar links. Doordat de omstandigheden in reactor 2 verschillen van de omstandigheden in reactor 1, wordt ook de ligging van evenwicht 2 beïnvloed. De reacties van evenwicht 2 verlopen echter veel langzamer dan de reacties van evenwicht 1, daarom mag worden aangenomen dat de omzetting van ammoniumcarbamaat tot koolstofdioxide en ammoniak de enige reactie is die in reactor 2 plaatsvindt.

13 4p Hoe moeten de omstandigheden in reactor 2 zijn om te bewerkstelligen dat hierin het ammoniumcarbamaat wordt omgezet tot koolstofdioxide en ammoniak? Bespreek twee factoren. Geef een verklaring voor je antwoord.

Uit het mengsel dat in reactor 2 ontstaat, zijn het koolstofdioxide en de ammoniak gemakkelijk te scheiden van het ureum en het water. Het koolstofdioxide en de ammoniak wil men terugvoeren naar reactor 1. Om technische redenen is het echter noodzakelijk om deze gassen eerst te scheiden en ze vervolgens afzonderlijk terug te voeren naar reactor 1. Om het koolstofdioxide en de ammoniak van elkaar te scheiden, leidt men deze gassen in een reactor, reactor 3. In deze reactor wordt tevens een oplossing van zwavelzuur geleid. De ammoniak reageert in deze oplossing, het koolstofdioxide niet.

De oplossing die in reactor 3 ontstaat, wordt naar een volgende reactor, reactor 4, geleid. In reactor 4 wordt tevens een oplossing van een stof Y geleid.

Bij de reactie die in reactor 4 optreedt, komt de ammoniak weer vrij.

14 1p Geef de formule van een stof Y die, in opgeloste vorm, kan worden gebruikt in reactor 4.

15 3p Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven.

Gebruik daarvoor:

* een blok voor reactor 3;
* een blok voor reactor 4;
* lijnen met pijlen voor de stofstromen die reactor 3 en reactor 4 ingaan en

verlaten.

Zet bij de zelfgetekende stofstromen de formules van de stoffen of soorten deeltjes die bij die stofstromen horen.

**Styreen**

Hiernaast is de structuurformule van styreen afgebeeld.

In de industrie wordt styreen onder andere bereid uit ethylbenzeen. In een evenwichtsreactie ontstaat styreen en waterstof. De vorming van styreen is endotherm.

De omstandigheden in de reactor zijn zodanig dat alle stoffen in de gasfase verkeren. Om de jaaropbrengst aan styreen zo hoog mogelijk te maken, wordt de reactie bij hoge temperatuur uitgevoerd.

16 2p Geef de reactievergelijking voor de vorming van styreen uit ethylbenzeen.  
Gebruik structuurformules voor de organische stoffen.

17 2p Geef twee redenen waarom het voor de jaaropbrengst voordelig is om de reactie bij een hoge temperatuur uit te voeren. Licht je antwoord toe.

Het voor de bereiding van styreen benodigde ethylbenzeen wordt in een apart proces bereid. Daartoe laat men etheen reageren met benzeen. Er ontstaan echter ook bijproducten. Het ontstane ethylbenzeen kan namelijk met etheen doorreageren onder vorming van di-ethylbenzenen. En ook de di-ethylbenzenen kunnen met etheen reageren, waarbij tri-ethylbenzenen worden gevormd.  
Er zijn meerdere stoffen die als tri-ethylbenzeen kunnen worden aangeduid.

18 2p Geef de structuurformules van alle tri-ethylbenzenen.

De ontstane di- en tri-ethylbenzenen worden in een aparte reactor met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. In een fabriek voor de industriële bereiding van styreen worden beide processen (de bereiding en ontleding van ethylbenzeen) gecombineerd. In het totale proces worden drie reactoren gebruikt en drie destillatiekolommen. Hieronder volgt een beschrijving van het totale proces.

* In reactor 1 (R1) laat men etheen reageren met benzeen. Men gebruikt overmaat benzeen. Hier ontstaat een mengsel van ethylbenzeen, di- en tri-ethylbenzenen en niet-gereageerd benzeen. Alle etheen reageert.
* In destillatiekolom 1 (K1) wordt benzeen afgescheiden uit het mengsel dat erin komt.
* In destillatiekolom 2 (K2) wordt het ethylbenzeen uit het residu van K1 afgescheiden.
* In reactor 2 (R2) worden de di- en tri-ethylbenzenen met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. Ook hier gebruikt men overmaat benzeen. Alle di- en tri-ethylbenzenen worden omgezet.
* In reactor 3 (R3) vindt de ontleding van ethylbenzeen plaats. Omdat dit een evenwichtsreactie is, verlaat een mengsel van ethylbenzeen, styreen en waterstof deze reactor.
* Het mengsel dat uit R3 komt, wordt eerst afgekoeld zodat ethylbenzeen en styreen vloeibaar worden. Het dan nog aanwezige gasvormige waterstof wordt via een ventiel (V) verwijderd en opgevangen.
* Het overblijvende mengsel van ethylbenzeen en styreen wordt in destillatiekolom 3 (K3) gescheiden.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen, is een onvolledig blokschema voor het totale proces weergegeven. Alle reactoren en destillatiekolommen zijn hierin getekend. Een groot deel van de stofstromen ontbreekt.

Bij de destillatiekolommen wordt aangegeven welke stof de kolom via de top verlaat en welke stoffen via de onderkant worden afgevoerd (zie de figuur hiernaast).

De cijfers in het blokschema verwijzen naar de volgende stoffen:

1 benzeen 4 di-ethylbenzenen 7 waterstof

2 etheen 5 tri-ethylbenzenen

3 ethylbenzeen 6 styreen

19 4p Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen.

* Zet bij deze stofstromen met cijfers welke stof(fen) daar bij hoort (horen).
* Geef ook aan welke stoffen bij de diverse destillatiekolommen via de top en via de onderkant worden afgevoerd. De kookpunten van de diverse stoffen zijn als volgt:

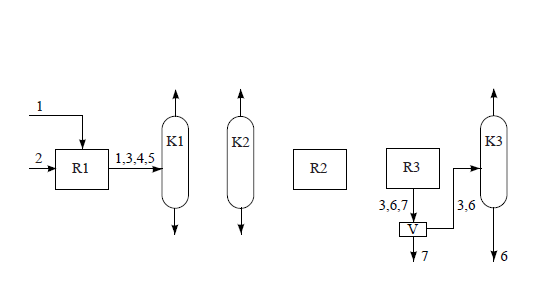
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| benzeen | 80 °C | di-ethylbenzenen | 182-184 °C |
| etheen | -104 °C | tri-ethylbenzenen | 216-218 °C |
| ethylbenzeen | 135 °C | styreen | 145 °C |

# Houd rekening met het feit dat men, waar mogelijk, stoffen recirculeert.

Uitwerkbijlage

15



****

**19**

## Zink

1 het is niet de juiste naam want het ijzerion kan in meerdere waardigheden bestaan dus de waardigheid moet in de naam vermeld worden.

IJzer (II) sulfide = FeS

IJzer (III) sulfide = Fe2S3

(In pyriet is echter het S22− ion aanwezig)

2 red FeS2 +8H2O → Fe3+ + 2SO42− + 16H+ + 15e−

3 ox O2 + 4H+ + 4e− → 2H2O

totaal 4 FeS2 + 2H2O + 15 O2 → 4Fe3+ + 8 SO42− + 4H+

4 3 · 106 m3 ≙ 1,5 · 106 m3 vloeistof ≙ 1,5 · 109 liter

pH = 2,5 dus [H+] = 10−2,5 = 3,2 · 10−3 mol L−1

hoeveelheid H+ = 3,2 · 10−3 · 1,5 · 109 = 4,74 · 106 mol

H+ : Na2CO3 = 1 : 2 dus mol Na2CO3 ·10H2O nodig.

2,37 · 106 ≙ 2,37 · 106 · 286,2 = 6,8 · 108 g Na2CO3· 10H2O nodig

dus 7 · 105 kg Na2CO3 · 10H2O

5 Uit 1,00 mol CaCO3 ontstaat dus 0,80 CaO

massa grondstoffen is 100,09 g

massa product is 0,80 • 56,077 = 44,862 g

E factor = = 1,23

Zilverpoets

6 Ag+ wordt omgezet tot Ag en moet dus een elektron opnemen dus het lepeltje is positief

7 Om stroom te geleiden heb je ionen nodig die heb je zowel bij zout als bij bakpoeder, maar niet bij suiker

8 Er moet direct of indirect contact zijn omdat de stroomkring gesloten moet zijn

### Structuurbepaling

9 stof Q is een tertiair alcohol en kan dus niet geoxideerd worden. Stof R is een primair alcohol en kan dus wel geoxideerd worden met aangezuurde kaliumdichromaat oplossing

10 Het dichromaat ion is oranje en het Cr3+ ion is blauw groen. Als het alkohol geoxideerd kan worden zal de kleur dus van oranje naar blauw/groen verkleuren

Als de oranje oplossing van het kaliumdichromaat blauw groen word dan was het een primair alcohol en dus structuurformule R. Als de oplossing niet verkleurd heb je te maken met het tertiair alcohol en dus structuur Q

**Ureum**

11 ammoniumnitraat NH4NO3 M = 2 · 14,01 + 4 · 1,008 + 3 · 16

ureum N2H4CO M = 2 · 14,01 + 4 · 1,008 + 12 + 16 =

Beide bevatten 2 stikstofatomen en dus beide dezelfde massa stikstof, maar de massa van ammoniumnitraat is groter. Het massapercentage is dus hoger

12 60 % wordt omgezet dus per ingevoerde mol CO2 wordt 0,6 mol omgezet.

CO2 : NH3 = 1: 2 dus er reageert 1,2 mol NH3

Er blijft dus 1,0 − 0,6 = 0,4 mol CO2 over en 2,95 − 1,2 = 1,75 mol NH3 over

CO2 : NH3 = 0,4 : 1,75 = 1 : 4,4

13 De temperatuur moet hoog zijn want de reactie naar links (evenwicht 1) is endotherm.

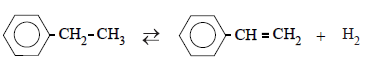
De druk moet laag zijn omdat het evenwicht dan ligt aan de kant van de meeste deeltjes dus ook links.

14 NaOH

15



# Styreen

16

17 Bij een hoge temperatuur is de reactiesnelheid hoger dus wordt het evenwicht eerder bereikt.

Bij een hogere temperatuur ligt het evenwicht meer rechts omdat de reactie naar rechts endotherm is en heb je dus een hogere opbrengst van styreen.

18



19

