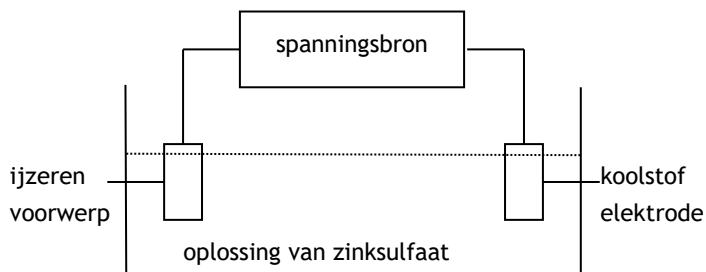


**Corrosiebestrijding (1992-II)**

Ijzeren voorwerpen kunnen tegen roesten worden beschermd door ze te bedekken met een dun laagje van een ander metaal. Hiernaast is een opstelling getekend waarmee je een laagje zink kunt aanbrengen op ijzer. Dit gebeurt als de spanningsbron wordt ingeschakeld. Aan de koolstofelektrode ontstaat dan een gas.



- 2p 1. Leg uit met welke pool van de spanningbron, de positieve of de negatieve, het ijzeren voorwerp is verbonden.
- 1p 2. Geef de naam van het gas dat aan de koolstofelektrode ontstaat.

Als een oplossing van tin(II)sulfaat wordt gebruikt in plaats van een oplossing van zinksulfaat dan wordt ook tin afgezet als de spanningsbron niet is ingeschakeld.

- 2p 3. Leg uit met behulp van BINAS tabel 48 uit waarom zich tin op het ijzer afzet, ook als de spanningsbron niet is ingeschakeld.

**Natrium maken (1998-II)**

Eén van de eerste manieren om natrium in grotere hoeveelheden te maken, bestond uit het laten reageren van natriumcarbonaat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) met koolstof. Bij die bereiding ontstond tevens koolstofdioxide.

- 2p 4. Geef de vergelijking voor deze reactie

Later ging men natrium bereiden door elektrolyse van gesmolten natriumzouten. In het begin van deze eeuw werd daarvoor gesmolten NaOH gebruikt. De volgende reactie treden daarbij aan de elektroden op:



Op basis van reactie 1 mag verwacht worden dat per mol elektronen één mol natrium ontstaat.

Eén van de nadelen van dit proces is echter, dat het gevormde water reageert met het gevormde natrium:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$

- 2p 5. Leg uit dat bij dit proces, ten gevolge van laatstgenoemde reactie, per mol elektronen een half mol natrium wordt verkregen.

Eén ander nadeel was dat het NaOH eerst gemaakt moest worden. Daartoe werd een elektrolyse van een NaCl oplossing uitgevoerd. Bij deze elektrolyse ontstaat chloor.

- 2p 6. Geef de vergelijkingen van de reacties die bij de elektrolyse van een NaCl oplossing aan de elektroden optreden. Noteer je antwoord als volgt :
- Aan de positieve elektrode : .....
- Aan de negatieve elektrode : .....

### Schonere diesel (2001-I)

Lees het onderstaande tekstfragment en beantwoord dan de vragen.

#### Scheutje kunstmest maakt diesel schoner

**Dieselmotoren stoten veel verzurende stoffen uit doordat ze het zonder katalysator moeten stellen. In Delft is een techniek ontwikkeld om in dit manco te voorzien. Vrachtauto's moeten dan wel met een kunstmesttank worden uitgerust.**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1 De NO<sub>x</sub>-uitstoot door het verkeer daalt gestaag<br/>2 sinds de invoering van de katalysator voor<br/>3 benzinemotoren. Daarmee worden koolstof-<br/>4 mono-oxide, stikstofoxiden en onverbrande<br/>5 koolwaterstoffen effectief te grazen genomen.<br/>6 In chemische termen: een deel van het<br/>7 koolstofmono-oxide en de onverbrande<br/>8 koolwaterstoffen worden verbrand tot<br/>9 koolstofdioxidegas en water, de rest reageert<br/>10 met NO<sub>x</sub> onder andere tot onschuldig<br/>11 stikstofgas.<br/>12 Katalysatoren voor benzinemotoren kunnen<br/>13 niet gebruikt worden om NO<sub>x</sub> uit de uit-<br/>14 laatgassen van dieselmotoren te halen,<br/>15 doordat de dieselmotor met een grote<br/>16 overmaat aan lucht werkt. De stikstofoxiden<br/>17 komen daardoor niet aan bod en worden<br/>18 ongemoeid gelaten.<br/>19 De uit Japan afkomstige promovendus E. Ito<br/>20 ontwikkelde aan de Technische Universiteit<br/>21 Delft een nieuwe katalysator die de<br/>22 stikstofoxiden uit de uitlaatgassen van diesel-<br/>23 motoren in contact weet te brengen met<br/>24 ammoniak. Het resultaat is dat de schadelijke<br/>25 stikstofoxiden als onschuldig stikstofgas</p> | <p>26 ontwijken naar de atmosfeer.<br/>27 Daarnaast zorgt de nieuwe katalysator ook<br/>28 voor de verbranding van het koolstofmono-<br/>29 oxide en de onverbrande koolwaterstoffen.<br/>30 Elke vrachtwagen uitrusten met een<br/>31 ammoniaktank is echter een gevaarlijke<br/>32 aangelegenheid.<br/>33 Het goedje is namelijk behoorlijk reactief.<br/>34 De Delftse onderzoekers denken dat de<br/>35 oplossing ligt in ureum, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, dat veel als<br/>36 kunstmest wordt gebruikt. In aanwezigheid<br/>37 van water en bij een hoge temperatuur<br/>38 ontleedt ureum meteen in ammoniak en<br/>39 koolstofdioxidegas. Door een waterige<br/>40 ureumoplossing in te spuiten in de hete<br/>41 uitlaatgassen, wordt continu ammoniak<br/>42 gemaakt, waarmee de stikstofoxiden kunnen<br/>43 worden aangepakt. De reactie van<br/>44 stikstofoxiden met ammoniak geschiedt in<br/>45 een speciale katalysator waarop het metaal<br/>46 cerium is aangebracht. Ito bleek geluk te<br/>47 hebben, want de katalysator blijkt ook in staat<br/>48 een eventueel overschot aan ammoniak af te<br/>49 breken tot stikstofgas.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*naar: de Volkskrant*

In regel 3 tot en met 5 van dit tekstfragment wordt een aantal stoffen genoemd. Enige van deze stoffen werken verzurend.

- 1p 7. Geef de naam van een zuur dat uit een van deze verzurende stoffen kan ontstaan.

In regel 6 tot en met 11 worden de reacties beschreven die optreden in de katalysator voor benzinemotoren.

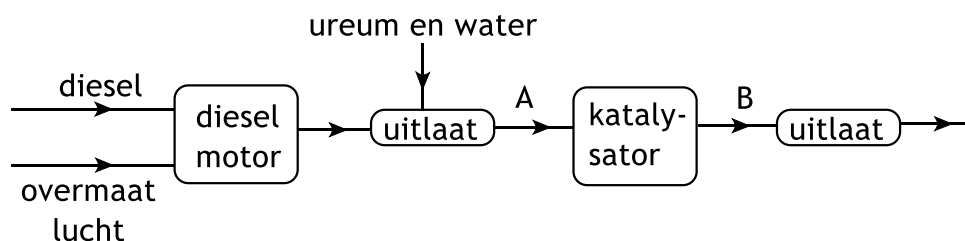
- 3p 8. Geef de vergelijking van de beschreven reactie van koolstofmono-oxide met stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>).

Bij dieselmotoren reageren koolstofmono-oxide en de onverbrande koolwaterstoffen niet met stikstofoxiden, maar met een andere stof (regel 12 tot en met 18).

- 1p 9. Geef de naam van de stof waarmee koolstofmono-oxide en de onverbrande koolwaterstoffen, bij gebruik van een dergelijke katalysator bij dieselmotoren, zouden reageren.

Het door de Delftse onderzoekers ontwikkelde proces kan schematisch als volgt worden weergegeven:

blokschema



In dit blokschema ontbreken de namen van een aantal stoffen die wel in het artikel worden genoemd. Een aantal van deze stoffen moet in het blokschema bij A en B vermeld worden.

- 4p 10. Neem de onderstaande tabel over en geef bij de genoemde stoffen met *ja* of *nee* aan of de stof bij A en of de stof bij B in het blokschema vermeld moet worden. Als voorbeeld is dit voor koolstofmono-oxide en voor stikstof al ingevuld.

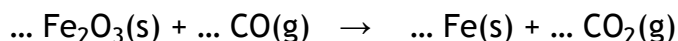
|                     | bij A     | bij B      |
|---------------------|-----------|------------|
| koolstofmono-oxide: | <i>ja</i> | <i>nee</i> |
| stikstof            | <i>ja</i> | <i>ja</i>  |
| ammoniak            | ..        | ..         |
| koolstofdioxide     | ..        | ..         |
| stikstofoxiden      | ..        | ..         |
| ureum               | ..        | ..         |

In kranten en tijdschriften worden de namen van chemische processen nogal eens op een onjuiste manier gebruikt. In regel 36 tot en met 39 staat dat ureum ontleedt. Dit is onjuist, deze reactie is geen ontledingsreactie.

- 3p 11. Geef de vergelijking van de in regel 36 tot en met 39 beschreven reactie.  
 1p 12. Geef aan waarom deze reactie geen ontledingsreactie genoemd mag worden.

## Hoogoven

In de hoogovens wordt ijzererts omgezet in ijzer volgens:

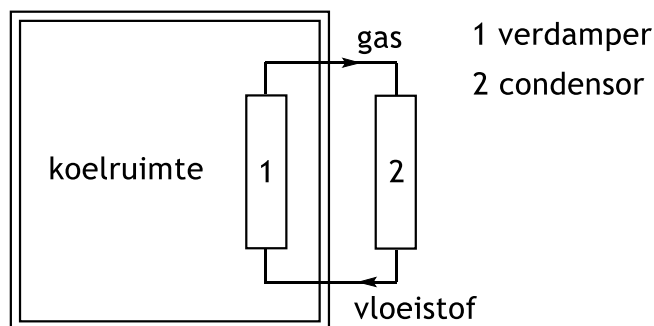


- 1p 13. Neem de reactievergelijking over en maak deze kloppend door de juiste coëfficiënten in te vullen voor de formules.  
 2p 14. Leg uit of CO hier als oxidator of als reductor heeft gereageerd.  
 2p 15. Geef de elektronenoverdracht aan tussen de stoffen voor de pijl.  
 3p 16. Bereken kg ijzererts nodig is om 300 kg ijzer te produceren. Neem aan dat het rendement 85% bedraagt.  
 2p 17. Bereken de atomeconomie van dit proces.  
 2p 18. Bereken de E-factor van dit proces. Ga weer uit van een rendement van 85%.

## Koelmiddel (2002-I)

In een koelinstallatie circuleert een koelmiddel in een gesloten kringloop zoals schematisch is weergegeven in onderstaande figuur.

In de verdamper verdampt het koelmiddel. Hierdoor daalt de temperatuur in de koelruimte.



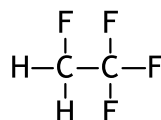
- 2p **19.** Leg uit dat door het verdampen van het koelmiddel de temperatuur in de koelruimte daalt.

Als koelmiddel werden in het verleden CFK's gebruikt. CFK's zijn verbindingen van chloor, fluor en koolstof. Tegenwoordig mogen CFK's niet meer worden gebruikt, omdat ze de ozonlaag aantasten. Ozon wordt daarbij omgezet in zuurstof.

- 2p **20.** Geef de reactievergelijking van de omzetting van ozon in zuurstof.

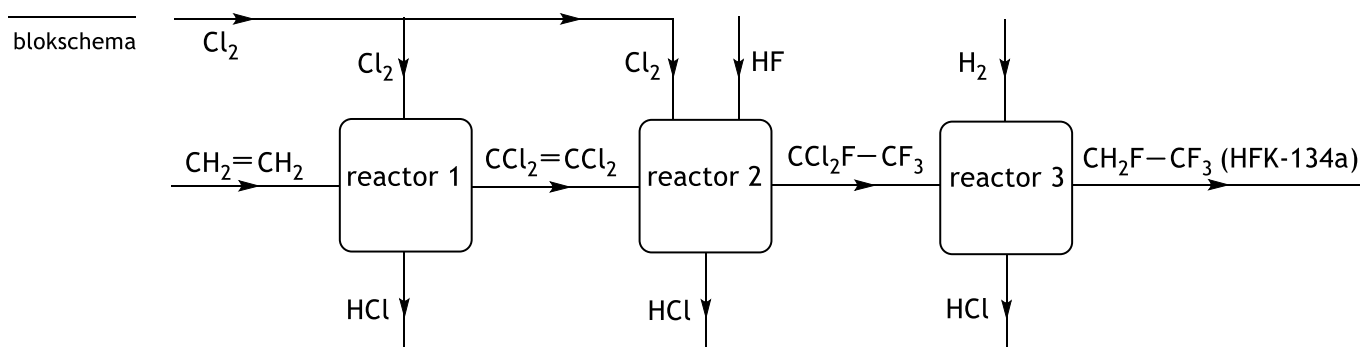
Tegenwoordig wordt in koelinstallaties vaak gebruik gemaakt van HFK's, die de ozonlaag niet aantasten. Dit zijn verbindingen van waterstof, fluor en koolstof. Een veel gebruikt koelmiddel is HFK-134a ( $\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$ ).

Hiernaast staat de structuurformule:



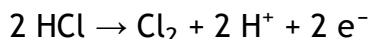
- 3p **21.** Geef de systematische naam van HFK-134a.

Bij de productie van HFK-134a is etheen een beginstof. De productie gebeurt in drie stappen die hieronder in een blokschema zijn weergegeven.



- 2p **22.** Is de reactie die plaatsvindt in reactor 1 een additiereactie? Geef een verklaring voor je antwoord.
- 2p **23.** Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt in reactor 2. Gebruik hierbij de formules zoals ze in blokschema 2 zijn weergegeven.
- 2p **24.** Beredeneer aan de hand van het blokschema hoeveel mol HCl er in totaal ontstaat bij de productie van 1,0 mol HFK-134a uit etheen.

Er is een methode ontwikkeld voor de recycling van de grote hoeveelheid HCl die bij de productie van HFK-134a ontstaat. Bij deze methode wordt door middel van elektrolyse het gas HCl omgezet in  $H_2$  en  $Cl_2$ . Bij de elektrolyse wordt aan de ene elektrode het gas HCl omgezet in  $Cl_2$  en  $H^+$ . De vergelijking van deze halfreactie is:



Het  $H^+$  dat ontstaat, gaat naar de andere elektrode en wordt omgezet in  $H_2$ .

- 2p **25.** Vindt de omzetting van HCl in  $Cl_2$  en  $H^+$  plaats aan de positieve of aan de negatieve elektrode? Geef een verklaring voor je antwoord.

Bij de elektrolyse van HCl gas ontstaan dus  $Cl_2$  gas en  $H_2$  gas. Al het  $Cl_2$  gas en een deel van het  $H_2$  gas worden opnieuw gebruikt voor de productie van HFK-134a, de rest van het  $H_2$  gas wordt afgevoerd.

Het blokschema van de productie van HFK-134a kan worden uitgebreid met de stofstromen die ontstaan doordat het proces wordt uitgebreid met de elektrolyse van het geproduceerde HCl gas.

- 4p **26.** Geef in het blokschema de ontbrekende stofstromen op de juiste wijze weer.

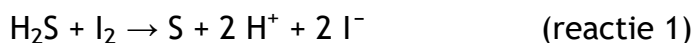
Om te bepalen of de productie van HFK-134a uit etheen een groen proces is, kan de atomeconomie en de E-factor berekend worden.

- 2p **27.** Geef in de productie van HFK-134a uit etheen in één reactievergelijking weer. Gebruik hierbij de formules zoals ze in blokschema 2 zijn weergegeven.
- 2p **28.** Bereken de atomeconomie van dit proces.
- 2p **29.** Bereken de E-factor van dit proces. Ga uit van 100% rendement.
- 4p **30.** Noem twee uitgangspunten in de groene chemie die voor dit proces nog verbeterd zouden kunnen worden. Geef een toelichting bij je antwoord. Maak gebruik van tabel 97 F van BINAS.

### H<sub>2</sub>S-verwijdering (2004-II)

Waterstofsulfide ( $H_2S$ ) is een milieuvervuilend gas dat bij verschillende industriële chemische processen vrijkomt. In het laboratorium is een methode ontwikkeld om waterstofsulfide uit een gasmengsel te verwijderen.

Hierbij wordt het gasmengsel door een joodoplossing geleid. Bij de reactie die optreedt, ontstaat vast zwavel.



In een laboratoriumopstelling leidt men een gasmengsel dat 20,0 mg waterstofsulfide per m<sup>3</sup> bevat door 600 mL 0,103 M joodoplossing.

3p **31.** Bereken hoeveel m<sup>3</sup> gas maximaal gezuiverd kan worden.

1p **32.** Geef de naam van een scheidingsmethode die geschikt is om de gevormde zwavel te verwijderen.

De oplossing van waterstofjodide die overblijft na het verwijderen van zwavel, wordt geëlektrolyseerd. De vergelijking van de totale redoxreactie die hierbij plaatsvindt, is:



2p **33.** Geef de vergelijkingen van de halfreacties die aan de elektroden verlopen.

Noteer je antwoord als volgt:

aan de positieve elektrode: ...

aan de negatieve elektrode: ...

De joodoplossing die bij reactie 2 is ontstaan, wordt opnieuw gebruikt om waterstofsulfide uit het gasmengsel te verwijderen. De zwavel die na reactie 1 afgescheiden is en het waterstofgas dat in reactie 2 gevormd is, kunnen ook nuttig gebruikt worden.

1p **34.** Noem een nuttige toepassing van waterstofgas.

Van het hierboven beschreven proces waarbij waterstofsulfide uit een gasmengsel wordt verwijderd, kan een blokschema getekend worden. In dit schema moeten drie blokken worden opgenomen: twee reactoren en één scheidingsruimte. Elk blok moet één van de volgende aanduidingen bevatten: reactor 1; reactor 2; scheidingsruimte.

De stofstromen moeten met pijlen worden aangegeven. De volgende stoffen en mengsels moeten met behulp van de cijfers 1 t/m 6 bij de pijlen worden weer-gegeven:

1: gasmengsel met H<sub>2</sub>S

2: gasmengsel zonder H<sub>2</sub>S

3: oplossing van HI (waterstofjodide)

4: oplossing van I<sub>2</sub>

5: waterstof

6: zwavel

4p **35.** Teken een blokschema van het hierboven beschreven proces waarmee waterstofsulfide uit een gasmengsel verwijderd wordt. Vermeld in elk blok de juiste aanduiding en vermeld met behulp van de hierboven gegeven cijfers de stoffen en mengsels bij de juiste pijlen. Houd rekening met het feit dat meerdere cijfers bij één pijl kunnen staan en dat sommige cijfers meerdere malen gebruikt kunnen worden.

Lees het onderstaande tekstfragment en beantwoord dan de vragen.

1 Veel industrieel afvalwater bevat verdund zwavelzuur. Meestal wordt dit afvalwater  
2 gezuiverd door toevoeging van kalk (calciumhydroxide). Bij de reactie die optreedt slaat  
3 het sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) als gips neer. Dit is een eenvoudig proces, dat weinig investering  
4 vereist. Het wordt al tientallen jaren toegepast. Het produceert water met een  
5 voorspelbare kwaliteit. De behandeling met kalk levert echter een grote hoeveelheid  
6 “drab” op waaruit het water moeilijk verwijderd kan worden. De kosten hiervoor zijn  
7 relatief hoog. Voorts is het effect van de behandeling met kalk relatief klein, daar de  
8 sulfaatconcentratie niet onder 1500 mg per liter gebracht kan worden. Aan lozing van  
9 sulfaathoudend afvalwater worden steeds strengere eisen gesteld. In de Verenigde  
10 Staten is voorgesteld dat de sulfaatconcentratie in gezuiverd water maximaal  
11 500 mg per liter mag zijn.  
12 Het zogenoemde SULFATEQ-proces voor het verwijderen van sulfaat is een nieuw  
13 biologisch proces waarbij sulfaat onder invloed van bacteriën in twee stappen wordt  
14 omgezet in zwavel. Het volume van de hierbij geproduceerde zwaveldrab is 6 tot 10  
15 maal kleiner in vergelijking met de ontstane drab bij de behandeling met kalk. Verder  
16 kunnen sulfaatconcentraties lager dan 500 mg per liter worden bereikt.  
17 Het SULFATEQ-proces vindt in twee afzonderlijke bioreactoren plaats. Vanuit een  
18 mengtank wordt het afvalwater in de eerste reactor geleid. Hier wordt een reductor  
19 ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) toegevoegd die het sulfaat omzet in sulfide. Vervolgens wordt in de tweede  
20 reactor met behulp van zuurstof het sulfide omgezet in zwavel. Daarna wordt in een  
21 scheidingsruimte de vaste zwavel afgescheiden. Een deel van de licht basische  
22 vloeistofstroom die overblijft na verwijdering van de zwavel, wordt gerecirculeerd om  
23 de inhoud van de mengtank te neutraliseren. De rest van deze vloeistof wordt geloosd.  
24 De afgescheiden zwavel wordt door de chemische industrie gebruikt als grondstof.

naar: <http://nl.paques.nl/producten/other/sulfateq>

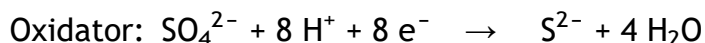
Toevoegen van kalk (calciumhydroxide) aan industrieel afvalwater dat verontreinigd is door zwavelzuur, heeft twee functies. De hydroxide-ionen neutraliseren het zuur en de calciumionen slaan neer met de sulfaationen. De vaste stof (de regels 2 en 3) die hierbij ontstaat, is een hydraat.

2p **36.** Geef de formule van dit hydraat. Maak hierbij gebruik van tabel 66A uit BINAS.

Het is niet mogelijk om met behulp van calciumhydroxide alle sulfaationen uit het afvalwater te verwijderen. Zelfs bij gebruik van overmaat kalk blijft toch nog een relatief grote hoeveelheid opgelost sulfaat in het afvalwater over.

1p **37.** Noem een gegeven uit BINAS waaruit dit afgeleid kan worden.

De vergelijkingen van de halfreacties die in de eerste reactor (reactor 1) plaatsvinden (de regels 18 en 19) kunnen als volgt worden weergegeven:

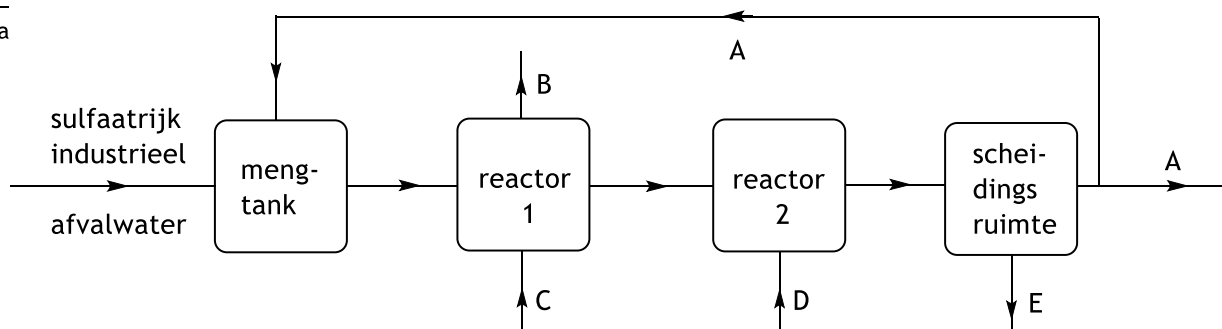


3p **38.** Geef de vergelijking van de totale redoxreactie die in reactor 1 plaatsvindt.

- 2p 39. Geef van de redoxreactie die in de tweede reactor plaatsvindt (de regels 19 en 20) de vergelijkingen van de halfreacties. Noteer je antwoord als volgt:  
 halfreactie reductor: ...  
 halfreactie oxidator: ...
- 1p 40. Noem een scheidingsmethode die geschikt is om de zwavel af te scheiden (regel 21).

Het totale SULFATEQ-proces (de regels 17 tot en met 24) kan in een blokschema worden weergegeven. Hieronder is een deel van dit blokschema weergegeven. De reactoren 1 en 2, de scheidingsruimte en de stofstromen zijn aangegeven. Op de plaatsen A, B, C, D en E ontbreken de namen van de volgende stofstromen: koolstofdioxide, licht basisch sulfaatarm water, reductor ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), zwavel, zuurstof.

blokschema



- 3p 41. Welke naam hoort bij welke letter in het blokschema?  
 Noteer je antwoord als volgt:  
 A = ...  
 B = ...  
 C = ...  
 D = ...  
 E = ...

Het SULFATEQ-proces wordt toegepast bij een fabriek in Emmen die kunstvezels produceert. De installatie verwerkt per uur  $40 \text{ m}^3$  afvalwater dat  $2,0 \text{ g}$  sulfaat per liter bevat. Hierbij wordt per uur  $60 \text{ kg}$  sulfaat uit het afvalwater verwijderd.

- 2p 42. Bereken hoeveel massaprocent van het sulfaat uit het afvalwater van de fabriek in Emmen wordt verwijderd met behulp van het SULFATEQ-proces.
- 3p 43. Bereken hoeveel kg zwavel per uur ontstaat bij de zuivering van het afvalwater van de fabriek in Emmen. Neem aan dat al het verwijderde sulfaat wordt omgezet in zwavel.

Een nieuw te bouwen fabriek zal als afvalwater verdund zwavelzuur produceren. De directie wil een keuze maken uit de twee zuiveringsprocessen die in het tekst-fragment worden genoemd. Beide processen hebben zowel voor- als nadelen.

- 1p 44. Geef aan de hand van gegevens uit de tekst een argument om te kiezen voor het kalkproces.
- 2p 45. Geef aan de hand van gegevens uit de tekst twee argumenten om te kiezen voor het SULFATEQ-proces.

**Einde**

### Corrosiebestrijding

- 01 2p Bij het ijzeren voorwerp vindt de volgende halfreactie plaats  
 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$   
 $\text{Zn}^{2+}$  moet elektronen ontvangen, dus moet het ijzeren voorwerp de negatieve pool zijn.
- 02 1p Sterkste reductor reageert:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$   
dus het gas is zuurstof
- 03 2p  $\text{Sn}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Sn} + \text{Fe}^{2+}$   
 $\text{Sn}^{2+}$  is een sterk genoeg als oxidator om het ijzer te reduceren.  
 $\text{Sn}^{2+}$  staat hoger in de tabel dan  $\text{Fe}^{2+}$

### Natrium maken

- 04 2p  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} \rightarrow 4\text{Na} + 3\text{CO}_2$
- 05 2p Per 4 mol elektronen ontstaat 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$  en 4 mol Na  
deze twee mol  $\text{H}_2\text{O}$  reageert met 2 mol Na  
dus per 4 mol elektronen blijft er 2 mol Na over  
dus per mol elektronen ontstaat er 0,5 mol Na
- 06 2p positieve elektrode :  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$   
negatieve elektrode:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
*Opmerking:*  
Bij een elektrolyse moet de reductor (hier:  $\text{Cl}^-$ ) elektronen afstaan. Dat gebeurt bij de positieve elektrode. De oxidator (hier:  $\text{H}_2\text{O}$ ) moet elektronen opnemen. Dus bij de negatieve elektrode.

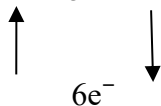
### Schonere diesel

- 07 1p Als verzurende stof wordt stikstofoxide genoemd. Het gaat dan om NO en  $\text{NO}_2$ .  
Hieruit kan salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ) ontstaan (in een reactie met zuurstof en water).
- 08 3p  $4\text{CO} + 2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 4\text{CO}_2$
- 09 1p Zuurstof (het antwoord 'lucht' is 0 punten).
- 10 4p
- |                 | bij A | bij B |
|-----------------|-------|-------|
| Ammoniak        | ja    | nee   |
| Koolstofdioxide | ja    | ja    |
| Stikstofoxiden  | ja    | nee   |
| Ureum           | nee   | nee   |
- 11 3p  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$
- 12 1p Bij een ontledingsreactie heb je één beginstof. Dat is hier niet het geval.  
(N.B. je kunt de reactie opvatten als een hydrolyse (= ontleding met behulp van water), maar dit is eigenlijk niet echt een ontledingsreactie).

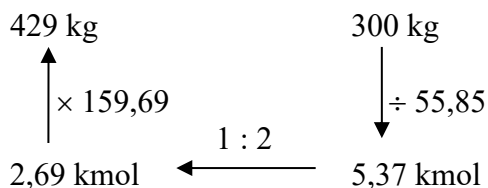
## Hoogoven

- 13 1p  $1 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ CO} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}_2$ .
- 14 2p In  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  heeft Fe een lading van 3+. In Fe heeft Fe een lading van 0.  
 $\text{Fe}^{3+}$  neemt 3 elektronen op en is daarmee oxidator.  
 Dan moet CO de reductor zijn.

- 15 2p  $1 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ CO} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}_2$ .



- 16 3p  $1 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ CO} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}_2$ .



Met een rendement van 85% is nodig:  $\frac{100}{85} \times 429 = \mathbf{505 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3}$ .

- 17 2p Atoomeconomie =  $\frac{2 \times 55,85}{2 \times 55,85 + 3 \times 44,010} \times 100\% = 45,83\%$ .

- 18 2p E-factor =  $\frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$

$$m_{\text{beginstoffen}} = 159,69 + 3 \times 28,010 = 243,72 \text{ u}$$

$$m_{\text{werkelijke opbrengst product}} = \frac{85}{100} \times 2 \times 55,85 = 94,945 \text{ u.}$$

$$\text{E-factor} = \frac{243,72 - 94,945}{94,945} = 1,567.$$

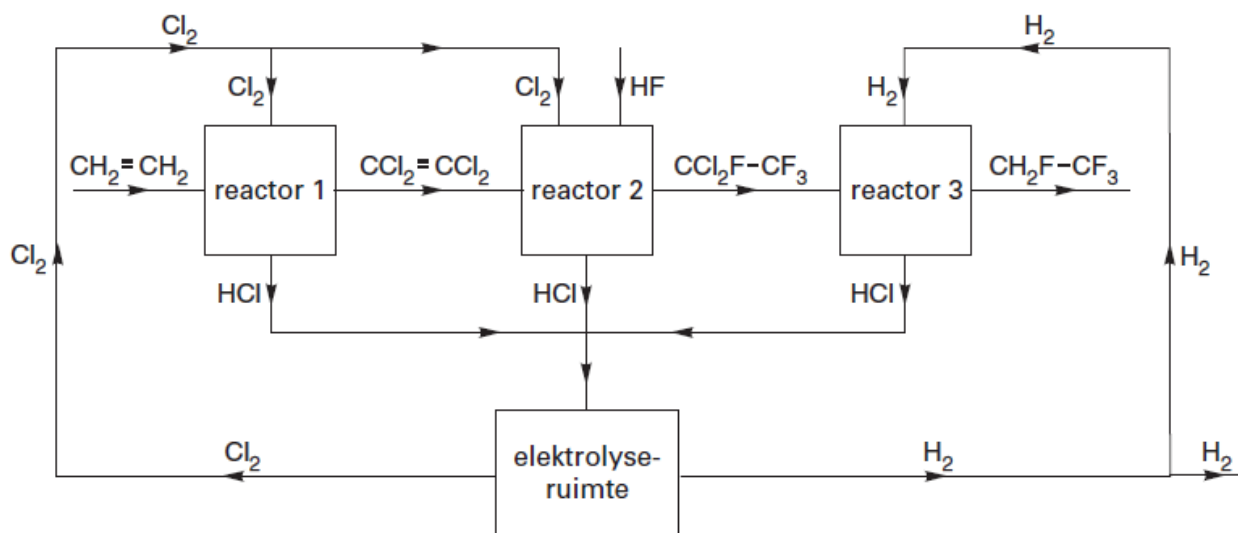
*Opmerking:*

Als de E-factor groter is dan 1, is de massa van het afval groter dan de massa van het product.

## Koelmiddel

- 19 2p Om het koelmiddel te laten verdampen is energie / warmte nodig.  
 Deze energie wordt onttrokken aan de koelruimte (waardoor de temperatuur daalt)
- 20 2p  $2 \text{ O}_3 \rightarrow 3 \text{ O}_2$ .
- 21 3p 1,1,1,2-tetrafluorethaan.
- 22 2p Er ontstaat niet één stof / de dubbele binding blijft behouden.  
 Dus geen additie.
- 23 2p  $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2 + \text{Cl}_2 + 4 \text{ HF} \rightarrow \text{CCl}_2\text{F}-\text{CF}_3 + 4 \text{ HCl}$
- 24 2p Bij stap 1 komt 4,0 mol HCl vrij en bij stap 2 komt 4,0 mol HCl vrij.  
 Bij stap 3 komt 2,0 mol HCl vrij. Totaal: 10 mol HCl.
- 25 2p Het gaat om elektrolyse, dus een gedwongen reactie.  
 In de halfreactie reageert een reductor.  
 Deze wordt gedwongen  $e^-$  af te staan bij de positieve elektrode.

26 4p



27 2p  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 4 \text{HF} \rightarrow \text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3 + 3 \text{H}_2$

28 2p  $M(\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3) = 102,036 \text{ u}$

$$\text{Atoomeconomie} = \frac{102,036}{102,036 + 3 \times 2,016} \times 100\% = 94,40\%.$$

29 2p Bij 100% rendement kun je de E-factor vaak simpeler als volgt berekenen:

$$\text{E-factor} = \frac{m_{\text{afval}}}{m_{\text{product}}}.$$

$$\text{Omdat waterstof het enige afvalproduct is, geldt: E-factor} = \frac{3 \times 2,016}{102,036} = 0,05927.$$

30 4p Nummer 6: energie-efficiënt ontwerpen.

Er wordt elektrolyse gebruikt en dat kost veel elektrische energie.

Nummer 8: reacties in weinig stappen.

Er zijn nu vier stappen (inclusief elektrolyse). Het kan (misschien) in minder stappen.

*Opmerking:*

Soms zijn meer stappen te verkiezen. Bijvoorbeeld als bij een proces met minder stappen een reactie niet verloopt of een (veel) lager rendement oplevert.

## H<sub>2</sub>S-verwijdering

31 3p Aantal mmol I<sub>2</sub>:  $600 \text{ mL} \times 0,103 \text{ M} = 61,8 \text{ mmol I}_2$ .

Aantal mmol H<sub>2</sub>S: 61,8 mmol, want I<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>S = 1 : 1.

Aantal mg H<sub>2</sub>S:  $61,8 \text{ mmol} \times 34,081 \text{ mg mmol}^{-1} = 2106 \text{ mg H}_2\text{S}$

Aantal m<sup>3</sup> gas:  $\frac{2106 \text{ mg}}{20,0 \text{ mg m}^{-3}} = 105 \text{ m}^3$ .

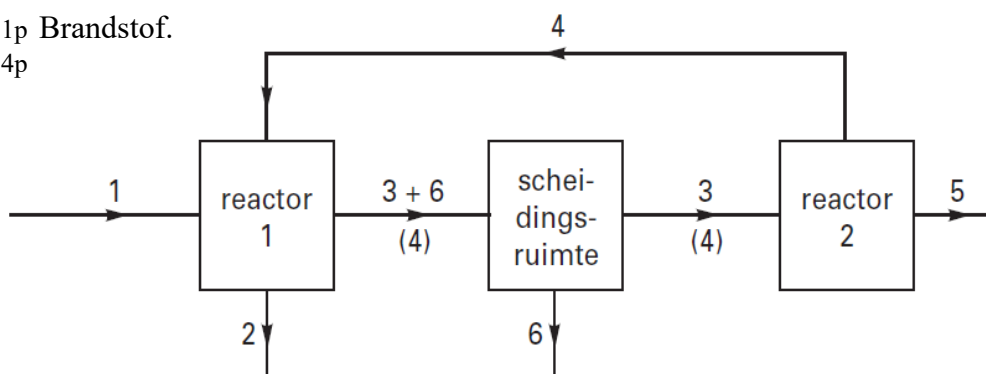
32 1p Filteren / bezinken / centrifugeren

33 2p Positieve elektrode:  $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$

Negatieve elektrode:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

34 1p Brandstof.

35 4p



### Afvalwaterzuivering (2002-II)

36 2p  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

37 1p Calciumsulfaat is matig oplosbaar.

38 3p  $\text{SO}_4^{2-} + 2 \text{CH}_2\text{O} \rightarrow \text{S}^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2$

39 2p Halfreactie reductor:  $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S} + 2 \text{e}^-$   
Halfreactie oxidator:  $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$

40 1p Filtreren / bezinken / centrifugeren.

41 3p A = licht basisch sulfaatarm water

B = koolstofdioxide

C = reductor

D = zuurstof

E = zwavel

42 2p Gegeven: 2,0 g sulfaat per liter, dus 2,0 kg sulfaat per  $\text{m}^3$ .  
In 40  $\text{m}^3$  afvalwater is dat  $40 \times 2,0 = 80$  kg sulfaat.

Er wordt 60 kg sulfaat verwijderd  $\rightarrow \frac{60}{80} \times 100\% = 75\%$ .

43 3p Er wordt 60 kg sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) per uur verwijderd.  
Molmassa  $\text{SO}_4^{2-} = 96,06 \text{ gram mol}^{-1} = 96,06 \text{ kg kmol}^{-1}$ .

Aantal kmol sulfaat:  $\frac{60 \text{ kg}}{96,06 \text{ kg kmol}^{-1}} = 0,62 \text{ kmol sulfaat}$ .

Dit bevat 0,62 kmol S.

Aantal kg S:  $0,62 \times 32,06 = 20 \text{ kg S}$ .

44 1p Er zijn minder reactoren nodig (dan bij het SULFATEQ-proces) /  
Het vereist veel minder investering (dan het SULFATEQ-proces).

45 2p • Er wordt meer sulfaat verwijderd (dan bij het kalkproces).  
• Er wordt zwavel gewonnen dat gebruikt kan worden.  
• Er blijft minder afval over.