

**Voor dit examen zijn maximaal 83 punten te behalen; het examen bestaat uit 35 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.**

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

## Zuurstofvoorziening

In een bemand ruimtevaartuig moet zuurstof worden meegenomen of een stof waaruit zuurstof gemaakt kan worden.

Kaliumsuperoxide ( $\text{KO}_2$ ) is een vaste stof die bij ontleding zuurstof levert.

Kaliumsuperoxide bestaat uit  $\text{K}^+$  ionen en  $\text{O}_2^-$  ionen.

- 2p **1**  Hoeveel protonen en hoeveel elektronen bevat een  $\text{O}_2^-$  ion?

Noteer je antwoord als volgt:

aantal protonen: ...

aantal elektronen: ...

Bij de ontleding van kaliumsuperoxide ontstaan zuurstof en kaliumoxide.

Per dag verbruikt een astronaut gemiddeld 1,5 kg zuurstof.

- 3p **2**  Geef de reactievergelijking voor de ontleding van kaliumsuperoxide.

- 4p **3**  Bereken hoeveel kg kaliumsuperoxide nodig is om een astronaut tijdens een ruimtereis van 30 dagen van zuurstof te voorzien.

Carolien heeft gelezen dat het gebruik van kaliumsuperoxide een bijkomend voordeel heeft. Het kaliumoxide dat ontstaat, reageert met het uitgedemde koolstofdioxide. Bij deze reactie ontstaat kaliumcarbonaat.

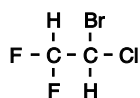
Carolien wil met een proefje aantonen dat kaliumoxide met koolstofdioxide reageert.

Tussen kaliumoxide en kaliumcarbonaat kan Carolien geen verschil zien, want het zijn beide witte vaste stoffen.

- 2p **4**  Beschrijf een proefje waarmee Carolien kan aantonen dat kaliumoxide reageert met koolstofdioxide. Vermeld daarbij de gebruikte stoffen, de handelingen en de waarneming die gedaan wordt als kaliumoxide inderdaad met koolstofdioxide reageert.

## Halonen

Stof A behoort tot de zogenoemde halonen.



stof A

Om de halonen van elkaar te onderscheiden kan men gebruik maken van een triviale naam die bestaat uit het woord HALON gevolgd door 4 cijfers.

- 2p **5**  Geef deze triviale naam van stof A. Gebruik daarbij informatie uit Binas-tabel 103A.

Noteer je antwoord als volgt:

Stof A: HALON- . . . .

- 3p **6**  Geef de systematische naam van stof A.

Er zijn nog vier stoffen die dezelfde molecuulformule hebben als stof A.

- 4p **7**  Geef de structuurformules van deze vier isomeren van stof A.

## Chitine

Afval blijkt soms waardevolle verbindingen te bevatten. Zo bestaan garnalendoppen en kreeftenschalen voor een groot deel uit chitine, een biopolymeer met opmerkelijke eigenschappen. In Japan, waar veel schaaldieren worden gegeten, worden chitine en het daarvan afgeleide chitosan in allerlei producten verwerkt.

Chitine is een voorbeeld van een polysaccharide. Een deel van de structuurformule van een chitinemolecuul staat vereenvoudigd weergegeven in Binas-tabel 67A.

Chitine is opgebouwd uit één soort monosacchariden.

- 2p **8**  Geef de structuurformule van dit monosaccharide. Geef de ringstructuur op dezelfde manier weer als in Binas-tabel 67A is gedaan.
- 2p **9**  Geef de molecuulformule van dit monosaccharide.

De garnalendoppen en kreeftenschalen bestaan naast chitine voornamelijk uit calciumcarbonaat en eiwitten. De winning van chitine begint met het malen van de garnalendoppen en kreeftenschalen.

In een reactor worden de eiwitten uit het poeder volledig gehydrolyseerd.

Bij de volledige hydrolyse van de eiwitten ontstaan stoffen zoals alanine en glycine.

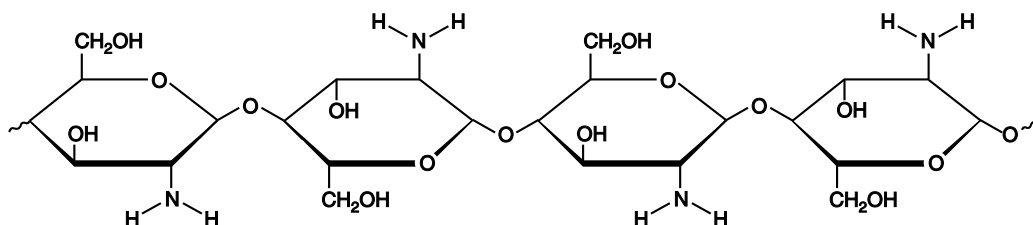
- 3p **10**  Geef de naam en de algemene structuurformule van de groep stoffen, waartoe alanine en glycine behoren.  
Noteer je antwoord als volgt:  
naam groep stoffen: ...  
algemene structuurformule: ...

Na verwijdering van de bij de hydrolyse ontstane stoffen en van het calciumcarbonaat houdt men zuiver chitine over.

De chitine wordt door toevoeging van een overmaat geconcentreerd natronloog omgezet in chitosan. Deze reactie kan schematisch als volgt worden weergegeven:



Een deel van de structuurformule van een chitosanmolecuul staat hieronder vereenvoudigd weergegeven:



- 2p **11**  Geef de structuurformule van het ion X.

## Afvalwaterzuivering

tekst-  
fragment

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 THIOPAQ-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 zwavel drab 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 THIOPAQ-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 de  
23 inhoud van de mengtank te neutraliseren. De rest van deze vloeistof wordt geloosd. De  
24 afgescheiden zwavel wordt door de chemische industrie gebruikt als grondstof.

*naar: [www.paques.nl/tech/water2.htm](http://www.paques.nl/tech/water2.htm)*

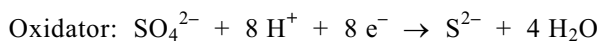
Toevoegen van kalk (calciumhydroxide) aan industrieel afvalwater dat verontreinigd is door zwavelzuur, heeft twee functies. De hydroxide-ionen neutraliseren het zuur en de calciumionen slaan neer met de sulfaationen. De vaste stof (de regels 2 en 3) die hierbij ontstaat, is een hydraat.

2p **12**  Geef de formule van dit hydraat. Maak hierbij gebruik van tabel 103A 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 **13**  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 **14**  Geef de vergelijking van de totale redoxreactie die in reactor 1 plaatsvindt.

2p **15**  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:

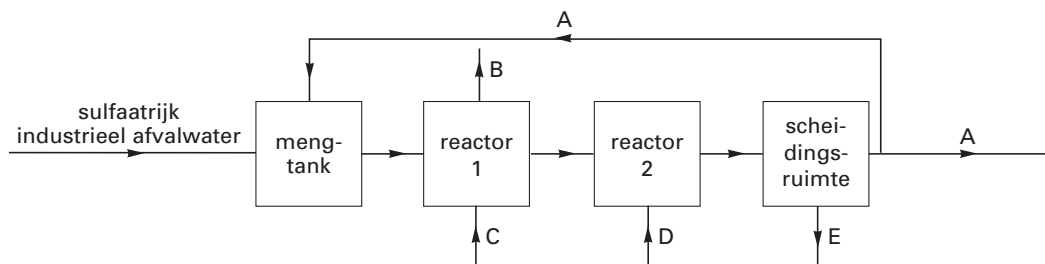
halfreactie reductor: ...

halfreactie oxidator: ...

1p **16**  Noem een scheidingsmethode die geschikt is om de zwavel af te scheiden (regel 21).

Het totale THIOPAQ-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 stoffstromen zijn aangegeven. Op de plaatsen A, B, C, D en E ontbreken de namen van de volgende stoffstromen: koolstofdioxide, licht basisch sulfaatarm water, reductor ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), zwavel, zuurstof.

blokschema



3p **17**  Welke naam hoort bij welke letter in het blokschema?

Noteer je antwoord als volgt:

A = ...

B = ...

C = ...

D = ...

E = ...

Het THIOPAQ-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 **18**  Bereken hoeveel massaprocent van het sulfaat uit het afvalwater van de fabriek in Emmen wordt verwijderd met behulp van het THIOPAQ-proces.

3p **19**  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 tekstfragment worden genoemd. Beide processen hebben zowel voor- als nadelen.

1p **20**  Geef aan de hand van gegevens uit de tekst een argument om te kiezen voor het kalkproces.

2p **21**  Geef aan de hand van gegevens uit de tekst twee argumenten om te kiezen voor het THIOPAQ-proces.

## CO-detector

Bij onvoldoende luchttoevoer kan bij verbranding van aardgas het giftige koolstofmono-oxide ontstaan.

- 3p **22** □ Geef de vergelijking voor de onvolledige verbranding van methaan. Neem daarbij aan dat hierbij uitsluitend koolstofmono-oxide en water ontstaan.

Om vergiftiging door koolstofmono-oxide te voorkomen, zijn verschillende CO-detectoren ontwikkeld. In het onderstaande tekstfragment wordt de werking van zo'n detector uitgelegd.

tekst-  
fragment

### CO-detector

Deze CO-detector bestaat uit een stukje plastic waarop een hoeveelheid oranje kristallen is geplakt. Daar omheen is een ring afgedrukt met dezelfde oranje kleur. De oranje kristallen worden donker wanneer koolstofmono-oxide aanwezig is. Het is de bedoeling om deze detector naast b.v. een geiser te plakken.

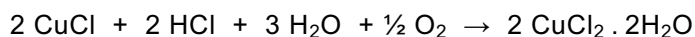
De formule van de stof met de oranje kleur is  $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . In aanwezigheid van CO treedt een redoxreactie op waarbij het donkergrijze palladium (Pd) ontstaat:



In de kristallen is ook een hoeveelheid koper(II)chloride aanwezig. Wanneer de detector weer in aanraking komt met lucht waarin geen koolstofmono-oxide aanwezig is, reageert het koper(II)chloride met het palladium. Daarbij ontstaat o.a. koper(I)chloride:



Koper(I)chloride reageert tenslotte met zuurstof uit de lucht, waarbij het koper(II)chloride wordt teruggevormd:



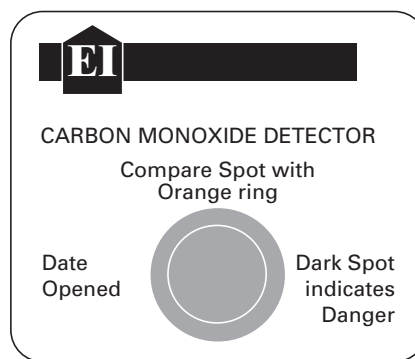
naar: *Education in Chemistry*

De reactie van CO met  $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  is een redoxreactie waarbij de palladiumdeeltjes van lading veranderen.

- 2p **23** □ Bepaal aan de hand van de ladingsverandering of de palladiumdeeltjes in  $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bij deze reactie oxidator of reductor zijn.  
Noteer je antwoord als volgt:  
de lading van de palladiumdeeltjes in  $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  voor de pijl: ...  
de lading van de palladiumdeeltjes in Pd na de pijl: ...  
de palladiumdeeltjes in  $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  zijn dus ...

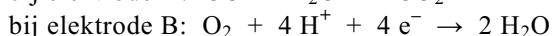
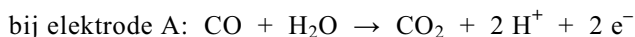
Door het optellen van de drie reactievergelijkingen uit het tekstfragment is het mogelijk één vergelijking af te leiden voor het totale proces dat in de detector heeft plaatsgevonden.

- 3p **24** □ Geef de vergelijking van het totale proces dat in de detector heeft plaatsgevonden.



De CO-detectie met de palladiumchloridekristallen geeft geen informatie over de concentratie van koolstofmono-oxide. Er zijn ook apparaten waarmee de concentratie wel kan worden gemeten.

Een bepaald type apparaat om de concentratie van koolstofmono-oxide te bepalen, maakt gebruik van een elektrochemische cel. Wanneer de lucht koolstofmono-oxide bevat, vinden in deze cel de volgende twee halfreacties plaats:



Door het optreden van deze halfreacties ontstaat een elektronenstroom.

- 2p **25**  Loopt de elektronenstroom van elektrode A naar elektrode B of van elektrode B naar elektrode A? Geef een verklaring voor je antwoord.

De concentratie van koolstofmono-oxide bepaalt de grootte van de elektronenstroom. Daardoor kan op het apparaat de concentratie worden afgelezen.

In een bepaalde garage geeft het apparaat aan dat de concentratie van koolstofmono-oxide  $0,37 \text{ mmol m}^{-3}$  is.

- 2p **26**  Is de MAC-waarde voor koolstofmono-oxide in deze garage overschreden? Geef een verklaring voor je antwoord.

## Rubber

In de chemische industrie wordt ethanol gebruikt als grondstof voor de productie van 1,3-butadien. Wanneer ethanoldamp bij ongeveer  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  in contact gebracht wordt met een mengsel van aluminiumoxide en zinkoxide, treedt de volgende evenwichtsreactie op:



- 1p **27**  Welke functie heeft het mengsel van aluminiumoxide en zinkoxide?

- 3p **28**  Geef de evenwichtsvoorwaarde voor bovenstaand homogeen evenwicht.

Bij een experiment wordt uitgegaan van 80 mol ethanoldamp. In het evenwichtsmengsel blijkt 9,0 mol 1,3-butadien aanwezig te zijn.

- 2p **29**  Bereken hoeveel procent van het ethanol is omgezet.

Men gebruikt 1,3-butadien als grondstof voor een soort rubber.

Samir vraagt zich af of in dit rubber nog dubbele bindingen aanwezig zijn.

- 3p **30**  Beschrijf een proefje waarmee Samir kan onderzoeken of in dit rubber dubbele bindingen aanwezig zijn. Vermeld daarbij de gebruikte stoffen, de handelingen, de mogelijke waarneming(en) en de conclusies die uit de waarneming(en) getrokken kunnen worden.

*Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.*

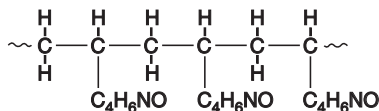
## Betadine

In de loop van de tijd zijn verschillende middelen ontwikkeld om wonden te ontsmetten.

Een bekend middel is Betadine, een bruin gekleurde vloeistof.

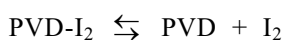
Het werkzame bestanddeel van Betadine is povidonjood, dat in deze opgave wordt weergegeven met PVD-I<sub>2</sub>. Dit is een zogenoemd complex waarin het jood gebonden is aan het polymeer polyvinylpyrrolidon (PVD). Een stukje uit het midden van de structuurformule van polyvinylpyrrolidon kan als volgt worden weergegeven:

figuur 1



- 2p **31** □ Geef de structuurformule van het monomeer waaruit polyvinylpyrrolidon is opgebouwd. Gebruik hierbij de notatie C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>NO zoals in figuur 1.

De werking van Betadine berust op geleidelijk uit povidonjood vrijkomend jood dat geen pijn veroorzaakt bij contact met de huid. In de oplossing heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



- 2p **32** □ Geef aan wat hier bedoeld wordt met evenwicht.

Dionne heeft een experiment uitgevoerd om het aantal gram jood te bepalen dat aanwezig is in een druppelflesje (30 mL) Betadine. Zij heeft bepaald hoeveel druppels Betadine nodig zijn om precies 10,0 mL 0,015 M natriumthiosulfaat (een oplossing waarin Na<sup>+</sup> en S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionen voorkomen) om te zetten. Bij deze bepaling reageren de S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionen met I<sub>2</sub>. Povidon-jood reageert niet met een natriumthiosulfaatoplossing. Toch wordt bij het experiment van Dionne de totale hoeveelheid jood in Betadine bepaald, zowel de hoeveelheid die gebonden is in PVD-I<sub>2</sub> als de hoeveelheid die ongebonden is.

- 2p **33** □ Leg dit uit aan de hand van het gegeven evenwicht.

Het blijkt dat 63 druppels Betadine nodig zijn om precies 10,0 mL 0,015 M natriumthiosulfaat om te zetten. Dionne heeft ook bepaald dat 58 druppels Betadine een volume hebben van 2,0 mL.

De reactie tussen I<sub>2</sub> en de oplossing met S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionen is een redoxreactie.

- 3p **34** □ Geef de vergelijkingen van de halfreacties en de totaalvergelijking van deze redoxreactie.

- 4p **35** □ Bereken, met behulp van de resultaten van Dionne, het totale aantal gram jood in 30 mL Betadine.

Einde