

# Examen HAVO

# 2009

tijdvak 1  
dinsdag 2 juni  
13.30 - 16.30

**scheikunde (pilot)**

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 35 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 79 punten te behalen.

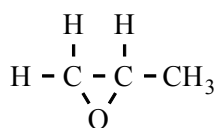
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

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.

## Propeenoxide

Propeenoxide is een belangrijke grondstof voor onder andere de productie van een aantal kunststoffen. Propeenoxide is een koolstofverbinding met de volgende structuurformule.

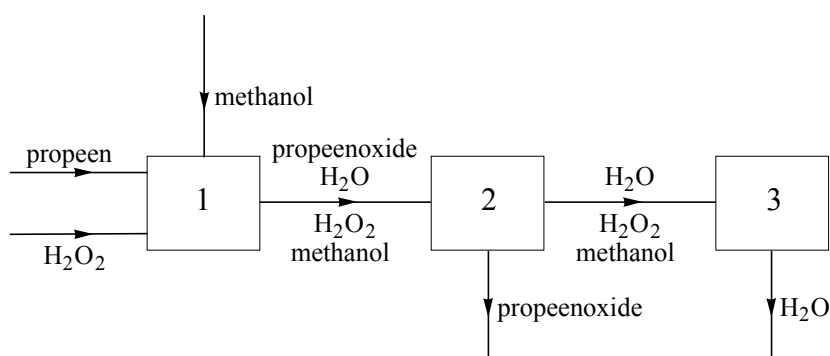


Er bestaan verschillende isomeren van proppeenoxide.

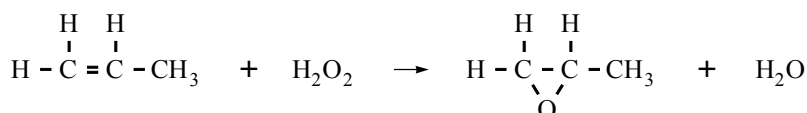
- 3p 1 Geef de structuurformule van een isomeer van proppeenoxide die behoort tot de alcoholen en waarvan de moleculen een dubbele binding bevatten.

Hieronder is een gedeelte van het blokschema weergegeven van een nieuw ontwikkeld proces om op industriële schaal proppeenoxide te produceren.

### blokschema 1



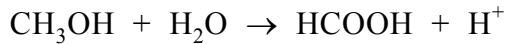
In ruimte 1 reageert proppeen met waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), waarbij methanol als oplosmiddel wordt gebruikt. Deze reactie verloopt in aanwezigheid van een katalysator. Waterstofperoxide wordt in overmaat in ruimte 1 ingevoerd zodat alle proppeen wordt omgezet. Hieronder is de vergelijking weergegeven van de reactie die in ruimte 1 plaatsvindt.



In een fabriek reageert bij het bovenbeschreven productieproces 90 procent van het toegevoerde waterstofperoxide in ruimte 1. De overige 10 procent van het waterstofperoxide reageert in ruimte 3. Hierbij ontstaat geen proppeenoxide.

- 3p 2 Bereken hoeveel ton waterstofperoxide tenminste nodig is voor de jaarproductie van  $3,0 \cdot 10^5$  ton ( $1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ) proppeenoxide volgens het bovenbeschreven proces.

Uit het mengsel dat in ruimte 1 ontstaat, wordt via een eerste destillatie, in ruimte 2, propeenoxide afgescheiden. Tijdens een tweede destillatie, in ruimte 3, zijn de omstandigheden zodanig dat er ook twee reacties plaatsvinden. Eerst reageert het overgebleven waterstofperoxide met een deel van de methanol. Bij deze redoxreactie ontstaan water en methaanzuur. De halfreactie van de reductor is hieronder gedeeltelijk weergegeven:



In de vergelijking van deze halfreactie zijn  $e^-$  en de coëfficiënten weggelaten.

- 3p **3** Neem de vergelijking over, zet  $e^-$  aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

Na de eerste reactie reageert het gevormde methaanzuur in ruimte 3 met een deel van de methanol tot een stof waarvan in de moleculen een esterbinding voorkomt. Deze stof wordt een ester genoemd.

- 2p **4** Geef de structuurformule van de ester die in ruimte 3 wordt gevormd.

In ruimte 3 wordt water afgescheiden van het mengsel van methanol en de gevormde ester. In een laatste destillatie worden methanol en de ester van elkaar gescheiden. De ester wordt afgevoerd en de methanol wordt opnieuw gebruikt in het productieproces. Hoewel de methanol opnieuw wordt gebruikt, moet toch voortdurend nieuwe methanol worden toegevoerd.

- 1p **5** Geef aan waarom voortdurend nieuwe methanol aan het productieproces moet worden toegevoerd.

De ruimte waarin de destillatie van het mengsel van methanol en de ester plaatsvindt, is niet in blokschema 1 opgenomen. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is blokschema 1 uitgebreid met ruimte 4 waarin deze laatste destillatie plaatsvindt. Het blokschema op de uitwerkbijlage is nog niet compleet.

- 3p **6** Geef in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen weer door het tekenen van lijnen met pijlen. Zet bij de stofstroom tussen ruimte 3 en 4 en bij de zelf getekende stofstromen de namen van de bijbehorende stoffen. De ester die in ruimte 3 is ontstaan, mag worden aangeduid met 'ester'.

## Houtas

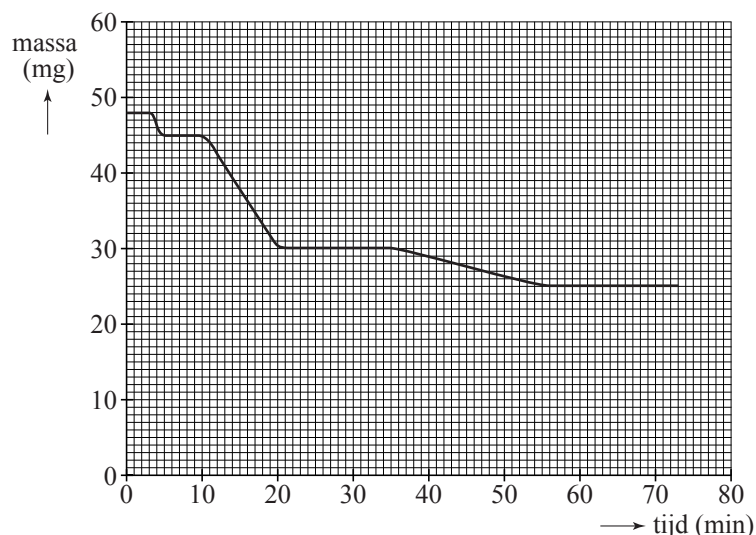
Het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een toename van de concentratie van koolstofdioxide in de atmosfeer. Omdat men aanneemt dat dit leidt tot een versterkt broeikaseffect, wordt voortdurend gezocht naar alternatieve brandstoffen. Hout, verkregen door bosbouw, is een mogelijk alternatief. De energievoorziening uit hout kan dan 'CO<sub>2</sub>-neutraal' genoemd worden.

- 2p 7 Beschrijf hoe de bosbouw moet worden ingericht om de energievoorziening uit hout dat via bosbouw wordt verkregen, 'CO<sub>2</sub>-neutraal' te kunnen noemen.

Bij de verbranding van hout blijft altijd een hoeveelheid as over. De samenstelling van de as hangt onder andere af van de houtsoort en van de temperatuur tijdens de verbranding. Wanneer deze temperatuur onder 600 °C blijft, bestaat de as voornamelijk uit calciumcarbonaat. Ook kan een hoeveelheid kaliumcarbonaat aanwezig zijn.

In Scandinavië, waar hout een veel gebruikte brandstof is, wordt onderzoek gedaan naar het effect van de temperatuur tijdens de verbranding op de samenstelling van de as. Daarbij wordt het hout eerst verbrand bij een temperatuur onder 600 °C. Na afkoelen (waarbij de as wat water opneemt) wordt een afgewogen hoeveelheid van ongeveer 50 mg van de verkregen as in een oven geplaatst. De temperatuur van de oven wordt daarna in ongeveer 70 minuten verhoogd van 20 °C tot 1200 °C. Tijdens het opwarmen wordt de massa van de vaste stof voortdurend gemeten. Op deze manier is de as onderzocht die is ontstaan bij de verbranding (bij een temperatuur onder 600 °C) van eikenhout. In diagram 1 is het resultaat van dit onderzoek weergegeven.

**diagram 1**



De massa-afname is het gevolg van drie processen:

- In de eerste 5 minuten verdampst het water dat tijdens het afkoelen was opgenomen.
- Na ongeveer 10 minuten (bij ongeveer 650 °C) begint de ontleding van calciumcarbonaat:  
$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

Na ongeveer 20 minuten is alle calciumcarbonaat ontleed.
- Na ongeveer 35 minuten (bij ongeveer 900 °C) begint de ontleding van kaliumcarbonaat tot kaliumoxide en koolstofdioxide.

Uit diagram 1 kan worden afgeleid hoeveel koolstofdioxide is ontstaan bij de ontleding van het calciumcarbonaat in de as. Met de gevonden hoeveelheid koolstofdioxide en de reactievergelijking van de ontleding van calciumcarbonaat kan vervolgens het massapercentage calciumcarbonaat in de onderzochte as worden berekend.

- 1p **8** Leid af, met behulp van diagram 1, hoeveel mg  $\text{CO}_2$  is ontstaan bij de ontleding van het  $\text{CaCO}_3$  in de onderzochte as.
- 3p **9** Bereken het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  in de as die in de oven werd geplaatst.

Nadat de temperatuur (na ongeveer 70 minuten) op 1200 °C is gekomen, laat men de rest van de as van het eikenhout afkoelen. Daarna wordt de samenstelling van deze asrest bepaald. Deze blijkt voornamelijk te bestaan uit calciumoxide. Kaliumoxide blijkt niet voor te komen in de asrest. En ook kalium komt niet voor. Dat de asrest geen kaliumoxide en geen kalium bevat, kan worden verklaard met behulp van gegevens uit de Binas-tabellen 40A en 42A.

- 2p **10** Geef deze verklaring en noem daarbij de gegevens uit de genoemde Binas-tabellen.

As die is ontstaan in de met hout gestookte verbrandingsoven van een elektriciteitscentrale bestaat voornamelijk uit calciumoxide. Deze as kan worden gebruikt om de grond te bewerken waarop bosbouw plaatsvindt.

- 2p **11** Noem twee chemische factoren die bewerking van de grond met calciumoxide nodig kunnen maken.

## Permanganaatfontein

Loes en Mathijs gaan als praktische opdracht een proef demonstreren op de open dag van hun school. Op het internet vinden ze het volgende voorschrift.

### voorschrift

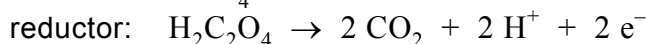
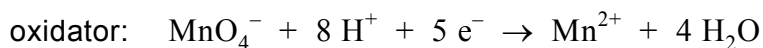
#### De permanganaatfontein

Vul een reageerbuis voor driekwart met 0,50 M oxaalzuuroplossing. Zuur de oplossing aan door 2 mL 2 M zwavelzuur toe te voegen. Laat een korreltje kaliumpermanganaat vallen in de verkregen oplossing. Na enige tijd ontstaat een fontein van paarse permanganaatsporen.

*naar: [www.chemie.uni-ulm.de/experiment/edm0306.html](http://www.chemie.uni-ulm.de/experiment/edm0306.html)*

- 2p 12 Bereken hoeveel gram oxaalzuur ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) Loes moet afwegen voor de bereiding van 100 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing.

Loes vult een reageerbuis voor driekwart met de oxaalzuuroplossing en voegt 2 mL 2 M zwavelzuur toe. Voorzichtig laat Mathijs een korreltje kaliumpermanganaat,  $\text{KMnO}_4$ , in de reageerbuis vallen. Ze zien dat het zinkende korreltje een paars spoor achterlaat: een deel van het kaliumpermanganaat lost op. Het paarse spoor verdwijnt vrijwel direct omdat er een redoxreactie optreedt. Loes en Mathijs vinden in Binas de vergelijkingen van de halfreacties:



- 3p 13 Leid met behulp van de bovenstaande vergelijkingen van de halfreacties de vergelijking van de totale redoxreactie af.

Het koolstofdioxide dat bij de reactie ontstaat, is in het begin nog niet te zien. Bij het kaliumpermanganaatkorreltje dat op de bodem ligt, zien Loes en Mathijs een paars wolkje ontstaan. Na enige tijd is een duidelijke gasontwikkeling waar te nemen bij het kaliumpermanganaatkorreltje. Het kaliumpermanganaat lost op en het ontstane paarse wolkje wordt door het opstijgende gas meegenomen. Af en toe wordt ook het korreltje even door de gasstroom opgetild en valt daarna weer terug. Ook hierbij ontstaat een paars spoor. Het lijkt op een fontein. De gasontwikkeling gaat steeds sneller. Als het kaliumpermanganaat op is, stopt de gasontwikkeling.

Loes en Mathijs vragen zich af waarom de gasontwikkeling steeds sneller gaat.

Op de open dag zouden zij hierover vragen kunnen krijgen.

Zij bedenken twee hypothesen:

- I. de reactie is exotherm;
- II. de  $\text{Mn}^{2+}$  ionen, die zijn gevormd bij de reactie, werken als katalysator.

- 2p **14** Leg uit dat hypothese I een verklaring kan zijn voor hun waarneming met betrekking tot de gasontwikkeling.

Ze besluiten hypothese II te onderzoeken. Daarom voegen zij aan de oxaalzuuroplossing een stof toe voordat ze het korreltje kaliumpermanganaat erin laten vallen.

- 2p **15** Geef de naam van een stof die zij kunnen toevoegen en leg uit waarom deze stof geschikt is om hypothese II te onderzoeken.

# Oude kanonskogels

## tekstfragment 1

1 In 1976 was de Britse chemicus Bob Child bezig met het onderzoeken  
2 van voorwerpen uit het wrak van de *Coronation*. In het ruim van dit in  
3 1691 gezonken oorlogsschip waren onder meer tientallen kanonskogels  
4 gevonden die met een cementachtige korst bedekt waren.  
5 Toen hij deze korst met een hamer kapotsloeg, begon een aantal kogels  
6 spontaan te gloeien.  
7 Daarbij begon het houten bureaublad waarop ze lagen, te roken.  
8 In 2001 onderzochten Child en zijn collega Rosseinsky dit verschijnsel  
9 opnieuw en kwamen tot de volgende verklaring. Nadat de *Coronation*  
10 was gezonken, roestten de ijzeren kogels in het zoute water als gevolg  
11 van een reactie met zuurstof en water bijna helemaal door. Hierdoor  
12 zetten de kogels uit waardoor ze een kleinere dichtheid kregen. De  
13 doorgeroeste kogels zakten geleidelijk weg in het zand op de zeebodem.  
14 Dit zand reageerde met de buitenkant van de kogels en vormde een  
15 luchtdichte korst. In de loop der eeuwen zette organisch materiaal, dat  
16 ook in de doorgeroeste kogels was ingesloten, het ijzerroest weer om tot  
17 ijzer. Doordat het volume dat door de korst was ingesloten gelijk bleef,  
18 ontstonden er holle ruimtes op de plaats waar het ijzerroest had  
19 gezeten. Toen de korst werd gebroken, drong lucht door in de holle  
20 ruimtes, met de hierboven beschreven gevolgen.

*naar: Nature*

Het is bekend dat de aanwezigheid van zout in het water (regel 10) waarin ijzer roest, het roesten van ijzer versnelt. Aad wil dit met een proefje aantonen.

- 2p **16** Beschrijf een proefje waarmee Aad kan aantonen dat de snelheid van het roesten van ijzer toeneemt door de aanwezigheid van zout in water. Noem daarbij ook de waarneming(en) waaruit hij zijn conclusie kan trekken.

Een mogelijke formule van het materiaal waaruit de cementachtige korst (regel 4) bestaat, is  $\text{Fe}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ . Dit zout bevat onder andere  $\text{Si}_4\text{O}_{10}^{4-}$  ionen.

- 2p **17** Leid af wat de lading van de ijzerionen in  $\text{Fe}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  is.  
2p **18** Leid af hoeveel elektronen elk ijzerion in  $\text{Fe}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  bevat.

De reactie die wordt beschreven in de regels 15 tot en met 17 is een redoxreactie.

- 2p **19** Is het organisch materiaal bij deze reactie de oxidator of de reductor? Geef een verklaring voor je antwoord.



Massieve ijzeren kogels gaan niet spontaan gloeien wanneer daarop met een hamer wordt geslagen.

- 2p **20** Leg uit dat de verklaring van Child en Rosseinsky (regel 9 en verder) voor het verschijnsel dat in de regels 5 en 6 is genoemd, aannemelijk is.

## Van urine tot kunstmest

---

De hoogheemraadschappen van Rijnland en Delfland zijn in samenwerking met onder andere Eco-toilet een onderzoek gestart naar de bereiding van kunstmest uit urine. In onderstaand artikel wordt daarvan verslag gedaan.

### tekstfragment 1

## Van Haagse plaspaal naar grasmest in Hengelo

### **Uitgaansleven van Den Haag blijkt uitstekende mest op te leveren**

Om wildplassen te voorkomen, werden vanaf mei 2007 in het Haagse uitgaansleven mobiele toiletten neergezet. Elk weekeinde wordt op die manier in Den Haag tussen de vierduizend en zesduizend liter urine opgevangen.

Aanvankelijk verdween deze urine gewoon in het riool. Nu gaat de verzamelde urine met een tankwagen naar Leiden. Daar, bij de waterzuiveringsinstallatie van het hoogheemraadschap, volgt een chemisch proces waarbij uiteindelijk kunstmest ontstaat.

Voor die liters urine is een speciale installatie gebouwd die bestaat uit een opslagtank en een eenvoudige reactor. In de reactor wordt urine verwerkt tot struviet. Dat is een mineraal, samengesteld uit ammonium, fosfaat en magnesium. En struviet is uitstekend te gebruiken als kunstmest. De kwaliteit van deze kunstmest werd voor het eerst getest op de grasvelden van voetbalclub Tubantia in Hengelo. Daar bleek het gras even goed te groeien als met conventionele kunstmest.

*naar: Het Parool*

De samenstelling van struviet wordt chemisch onzorgvuldig beschreven. Struviet is een zogenaamd dubbelzout dat uit twee soorten positieve ionen en één negatieve ionsoort bestaat.

- 2p **21** Geef de formules van de ionen waaruit struviet bestaat en geef de formule van struviet.

Kees en Daphne willen meer te weten komen over het chemische proces en gaan op zoek naar meer informatie. In Binas-tabel 85B vinden ze de samenstelling van urine. Ze vinden op internet een voorschrift voor een proef waarmee thuis op kleine schaal struviet uit urine kan worden gemaakt. Het voorschrift is als tekstfragment 2 opgenomen in de bijlage. Lees tekstfragment 2 en beantwoord daarna de volgende vragen.

2p **22** Beschrijf hoe je in stap 1 te werk moet gaan om de pH van de urine te bepalen met de bijgeleverde pH-teststrips.

2p **23** Wat is de functie van het urease bij deze proef? Motiveer je antwoord met een gegeven uit tekstfragment 2.

Eén van de reactieproducten van de hydrolyse van ureum veroorzaakt de toename van de pH tot 9 of hoger (stap 4).

2p **24** Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat dit reactieproduct de pH doet toenemen tot (ruim) boven 7.

Wanneer magnesiumchloride in contact komt met water (stap 5) ontstaat warmte.

3p **25** Verklaar deze warmte-ontwikkeling. Noem in deze verklaring onder andere de bindingen die worden verbroken en die worden gevormd.

2p **26** Geef een mogelijke verklaring voor het bruisen, dat soms kan worden waargenomen, wanneer magnesiumchloride in contact komt met het mengsel dat na stap 4 is ontstaan.

4p **27** Bereken hoeveel gram magnesiumchloride minstens moet worden toegevoegd aan 200 mL urine om het aanwezige fosfaat volledig om te zetten tot struviet. Maak gebruik van de volgende gegevens:

- Binas-tabel 85B; met % wordt massaprocent bedoeld;
- de dichtheid van urine is  $1,0 \text{ g mL}^{-1}$ ;
- na de hydrolyse is ammonium in overmaat aanwezig;
- per mol fosfaat is één mol magnesiumchloride nodig.

2p **28** Bereken hoeveel liter plantenvoeding kan worden gemaakt met de struviet die ontstaan is uit 200 mL ochtendurine. Gebruik de gegevens die in stap 7 zijn vermeld en geef je antwoord in 2 significante cijfers.

Kees en Daphne bekijken op YouTube een filmpje van de uitvoering van de proef die in tekstfragment 2 is beschreven. Het filmpje wordt besloten met een animatie waarin met molecuulmodellen de hydrolyse van ureum wordt verduidelijkt. Het beginbeeld en het eindbeeld van deze animatie zijn opgenomen in figuur 1 op de bijlage. Er zit een fout in figuur 1. Kees en Daphne sturen een e-mail naar de makers van de animatie om ze op die fout te wijzen. Verder doen zij in hun e-mail een aanbeveling voor een verbetering van de weergave van de hydrolyse.

- 4p **29** Schrijf zo'n e-mail en vermeld daarin welke twee veranderingen in beginbeeld en/of eindbeeld de weergave van de hydrolyse verbeteren.
- Eén van de veranderingen moet gaan over de fout in figuur 1.
  - Vermeld ook waarom de weergave van de hydrolyse verbeterd wordt door de aanbevolen veranderingen.

Kees en Daphne bellen met het hoogheemraadschap om meer informatie over het proces zoals dat bij de waterzuiveringsinstallatie wordt uitgevoerd. Zij vragen onder andere waarom de productie van struviet alleen met apart verzamelde urine wordt uitgevoerd en niet met het (gewone) rioolwater waarin urine normaal gesproken terechtkomt. Stel dat jij chemicus bent die bij het proefproject is betrokken en deze vraag beantwoordt.

- 2p **30** Geef twee redenen die jij als chemicus zou noemen waarom het beter is om apart verzamelde urine te gebruiken in plaats van rioolwater om struviet te maken.

**Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende bladzijde.**

## Azijnsoorten

---

Er zijn verschillende oplossingen bekend die azijnzuur (ethaanzuur,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) bevatten. Hieronder worden vier soorten genoemd.

*Azijn* is een oplossing die 4,0 gram azijnzuur per 100 mL bevat. Het is als een kleurloze maar ook als een bruine vloeistof te koop. In het laatste geval is karamel toegevoegd. Is het azijnzuur verkregen uit alcohol (de zogenoemde natuurlijke methode) dan gebruikt men wel de aanduiding "*natuurazijn*".

*Dubbele azijn* bevat ten minste 8,0 gram azijnzuur per 100 mL. Het wordt onder andere gebruikt als schoonmaakazijn.

*Kruidenazijn* is een azijn waaraan een natuurlijk extract van één of meer kruiden is toegevoegd. In plaats van het extract kunnen ook blaadjes en/of takjes van het kruid worden toegevoegd.

*Azinessence* is een vloeistof die 80 gram azijnzuur per 100 mL bevat.

- 2p **31** Bereken de molariteit van het azijnzuur in azijn.

Bij de productie van azijn volgens de natuurlijke methode wordt uitgegaan van zwak-alcoholische vloeistoffen. Azijnzuurbacteriën zorgen voor de omzetting van alcohol tot azijnzuur. De reactie die optreedt, is een redoxreactie waarbij zuurstof de oxidator is. Bij deze reactie ontstaat behalve azijnzuur uitsluitend water.

- 1p **32** Geef de vergelijking van de halfreactie van zuurstof.

Een voorbeeld van een kruidenazijn is dragonazijn. Deze kan worden bereid door zogenoemd dragonextract toe te voegen aan natuurazijn. Dragonextract is een heldere oplossing die wordt verkregen uit het kruid dragon door gebruik te maken van de scheidingsmethode extraheren.

- 2p **33** Beschrijf hoe de extractie kan worden uitgevoerd om dragonextract te verkrijgen.

Azijnzuur kan op verschillende manieren langs chemische weg worden gemaakt. Bij een bepaalde methode gaat men uit van calciumcarbide ( $\text{CaC}_2$ ). Door calciumcarbide onder de juiste omstandigheden met water te laten reageren, ontstaan vast calciumhydroxide en ethanal ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ). Om vervolgens azijnzuur te verkrijgen, laat men het ontstane ethanal met zuurstof reageren.

- 3p **34** Geef de vergelijking van de reactie van calciumcarbide met water waarbij calciumhydroxide en ethanal ontstaan.

Uitgaande van azinessence kan door het toevoegen van water dubbele azijn worden verkregen.

- 2p **35** Beschrijf hoe je 1,0 liter dubbele azijn verkrijgt met een azijnzuurgehalte van 8,0 g per 100 mL, wanneer je uitgaat van azinessence.

---

### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.