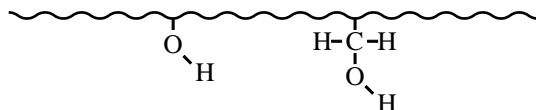


Papier en (afval)water

Papier bestaat grotendeels uit vezels (cellulose). De binding tussen de papiervezels wordt verkregen door waterstofbruggen tussen de hydroxylgroepen die in cellulose aanwezig zijn. Hieronder staat zo'n cellulosemolecuul schematisch weergegeven:



- 2p 1 Op de uitwerkbijlage staan twee cellulosemoleculen schematisch weergegeven. Teken tussen deze moleculen twee waterstofbruggen. Teken de waterstofbruggen als •••.

Om de kwaliteit van het papier te verbeteren, worden doorgaans vulstoffen en hulpstoffen toegevoegd. Zo kan titaanwit (titaan(IV)oxide) worden toegevoegd om het papier minder doorzichtig te maken. Voor het verhogen van de beschrijfbaarheid van het papier wordt vaak calciumcarbonaat toegevoegd.

- 1p 2 Geef de formule van titaanwit.

Ongeveer vijftien procent van het papier dat in Nederland wordt geproduceerd, wordt gemaakt uit oud papier. Oud papier wordt in draaiende trommels gemengd met water en vermalen tot pulp. Het gebruikte water wordt tijdens het proces verontreinigd. De verontreiniging wordt voor een groot deel veroorzaakt door het vrijkomen van zetmeel, dat als bindmiddel aan het papier werd toegevoegd. In het water wordt zetmeel gehydrolyseerd tot glucose.

- 3p 3 Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van zetmeel tot glucose in molecuulformules. Gebruik als formule voor een molecuul zetmeel $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Glucose wordt onder invloed van bacteriën omgezet tot organische zuren. Een van deze zuren is butaanzuur, een stof met een onaangename geur.

- 2p 4 Geef de structuurformule van butaanzuur.

Het verontreinigde afvalwater wordt gereinigd en opnieuw in het productieproces gebruikt.

In een papierfabriek is men gestart met een nieuw, verbeterd proces om het afvalwater te reinigen. In tabel 1 staat weergegeven hoe de gemiddelde samenstelling van het gereinigde afvalwater door het verbeterde reinigingsproces is veranderd.

tabel 1

Gemiddelde samenstelling van het gereinigde afvalwater

aanwezige deeltjes	concentratie bij het oude proces (g L ⁻¹)	concentratie bij het nieuwe proces (g L ⁻¹)
Ca ²⁺	3,7	0,54
Cl ⁻	0,55	0,45
ethaanzuur	5,0	1,0
propaanzuur	0,40	0,02
butaanzuur	0,70	0,25
melkzuur	5,8	0,80
overige verontreinigingen	35	7,5

Om de kwaliteit van het gereinigde afvalwater te bepalen, wordt onder andere het elektrisch geleidingsvermogen gemeten. Dit geleidingsvermogen blijkt door de invoering van het nieuwe reinigingsproces sterk te zijn afgenomen.

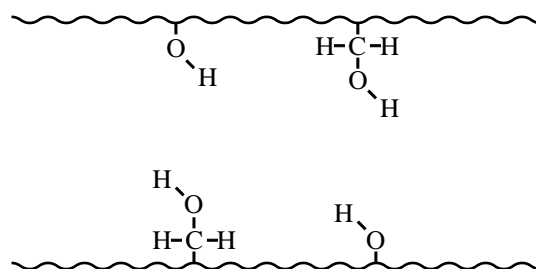
- 1p **5** Leg uit, aan de hand van tabel 1, dat het elektrisch geleidingsvermogen van het gereinigde afvalwater is afgenomen door het in gebruik nemen van het nieuwe proces. Neem hierbij aan dat de 'overige verontreinigingen' geen bijdrage leveren aan het elektrisch geleidingsvermogen.

Bij het nieuwe proces wordt meer butaanzuur verwijderd dan bij het oude proces. Bij beide processen wordt 50 m³ water per uur gereinigd.

- 2p **6** Bereken hoeveel gram butaanzuur, per uur, extra wordt verwijderd bij het nieuwe proces.
- 2p **7** Leg uit of door het in gebruik nemen van het nieuwe proces de pH van het gereinigde afvalwater is toegenomen, afgenomen of gelijk gebleven. Neem voor het beantwoorden van deze vraag aan dat de 'overige verontreinigingen' geen invloed hebben op de pH.

uitwerkbijlage

1



Zwavelzuur uit zinkerts

Het bedrijf Nyrstar Budel in Noord-Brabant is een belangrijke producent van het metaal zink. De grondstof voor zink is zinkerts, dat vooral uit zinksulfide (ZnS) bestaat. Eén van de eerste stappen in de productie van zink is het verhitten van zinkerts met zuurstof. Hierbij ontstaan zinkoxide en zwaveldioxide.

- 2p **8** Geef de vergelijking van deze reactie van zinksulfide met zuurstof.

Het ontstane zwaveldioxide mag niet in de lucht terecht komen, omdat het zure regen veroorzaakt. Daarom zet het bedrijf het zwaveldioxide om tot zwavelzuur. De omzetting van zwaveldioxide tot zwavelzuur verloopt in een aantal stappen. De eerste stap is de reactie van zwaveldioxide met zuurstof. Hierbij ontstaat het gas zwaveltrioxide (SO_3). Deze reactie verloopt normaal gesproken erg langzaam.

- 2p **9** Geef de vergelijking van de reactie van zwaveldioxide en zuurstof tot zwaveltrioxide.

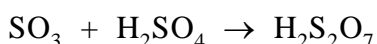
In de buitenlucht wordt de reactie van zwaveldioxide met zuurstof gekatalyseerd door metaalionen die in de muren van gebouwen aanwezig zijn. In de reactor van de zwavelzuurfabriek wordt als katalysator een stof met de formule V_2O_5 gebruikt. Over deze katalysator wordt, bij $280\text{ }^\circ\text{C}$, een mengsel van zwaveldioxide en zuurstof geleid.

- 2p **10** Noem twee oorzaken waardoor de reactie in de reactor sneller gaat dan in de buitenlucht.

Je kunt de stof V_2O_5 beschouwen als een zout dat bestaat uit vanadiumionen en oxide-ionen. Alle vanadiumionen in deze stof hebben dezelfde lading.

- 2p **11** Bereken de lading van een vanadiumion in V_2O_5 .

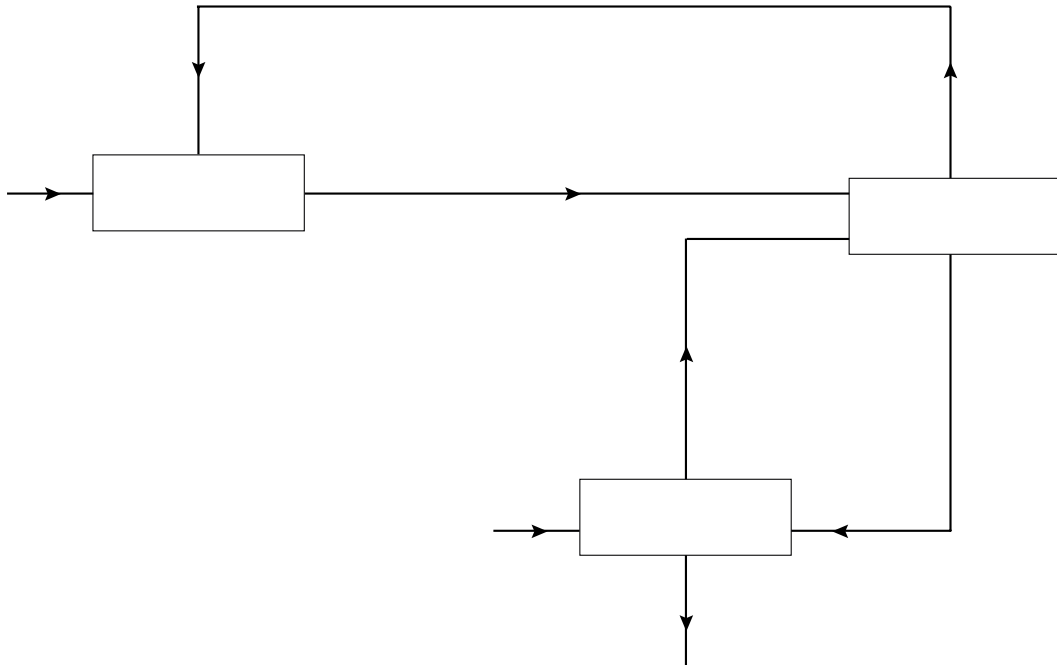
Niet al het zwaveldioxide en alle zuurstof wordt in de reactor omgezet. Hierdoor ontstaat een mengsel van zwaveldioxide, zuurstof en zwaveltrioxide. Dit mengsel wordt gekoeld tot $100\text{ }^\circ\text{C}$. Daarna komt het in een tweede reactor. In deze tweede reactor wordt voortdurend zwavelzuur geleid. Het zwaveltrioxide reageert dan met het zwavelzuur tot oleum ($H_2S_2O_7$). De vergelijking van deze reactie is:



Behalve deze reactie vindt ook een scheiding plaats: het zwaveldioxide en de zuurstof worden vanuit de tweede reactor teruggeleid naar de eerste reactor, het oleum gaat naar een derde reactor. In de derde reactor reageert het oleum met water, waarbij zwavelzuur ontstaat.

Hieronder is een onvolledig blokschema weergegeven voor de productie van zwavelzuur.

blokschema



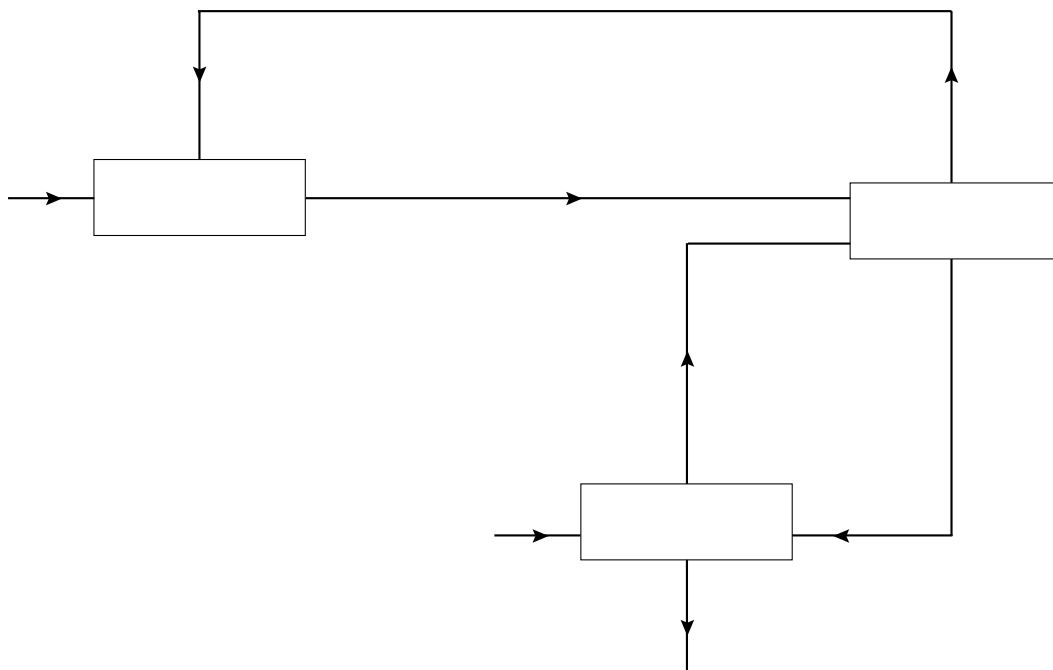
- 3p 12 Op de uitwerkbijlage is het bovenstaande blokschema nogmaals weergegeven. Geef het beschreven proces weer door het blokschema in te vullen. Gebruik hierbij onderstaande onderdelen. Het is mogelijk dat onderdelen meer dan één keer gebruikt (moeten) worden.
- zwaveldioxide en zuurstof
 - zwaveltrioxide
 - zwavelzuur
 - water
 - oleum
 - reactor 1
 - reactor 2
 - reactor 3

De productie van Nyrstar in het productiejaar 2006/2007 was volgens hun website 286997 ton zwavelzuur. Het is aannemelijk dat het rendement van deze zwavelzuurproductie niet 100% is.

- 3p 13 Bereken hoeveel kg zinksulfide minimaal nodig is om 286997 ton zwavelzuur te produceren ($1 \text{ ton} = 10^3 \text{ kg}$).
- 1p 14 Geef een reden waarom het rendement van deze zwavelzuurproductie lager zal zijn dan 100%.

uitwerkbijlage

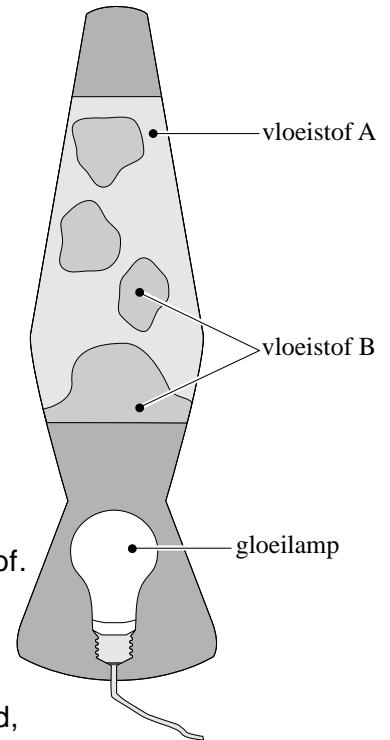
12



Lavalamp

Een lavalamp is een zogenoemde sfeerlamp. In de lamp is een ruimte met vloeistoffen aanwezig. Wanneer de lamp aan is, bewegen deze vloeistoffen in langzame en onregelmatige patronen. Hiernaast is een lavalamp afgebeeld.

Vloeistof A en vloeistof B zijn beide mengsels die niet met elkaar mengen. Ze hebben een klein verschil in dichtheid. Vloeistof A is een homogeen mengsel van water en een stof die goed oplost in het water. Vloeistof B is een homogeen mengsel van stoffen die niet met vloeistof A mengen. Dit mengsel kan bestaan uit paraffine ($C_{25}H_{52}$), gechlloreerde paraffine en een kleurstof. Vloeistof B is gekleurd en heeft de grootste dichtheid.



In het onderste gedeelte van de lavalamp bevindt zich een gloeilamp. Wanneer de gloeilamp wordt ingeschakeld, neemt vloeistof B als eerste warmte op, waardoor deze vloeistof uitzet en de dichtheid afneemt. Als de dichtheid van vloeistof B kleiner wordt dan de dichtheid van vloeistof A, stijgt vloeistof B in bellen op. Tijdens het opstijgen geven de bellen hun warmte af. Als de dichtheid van vloeistof B weer groter is geworden dan die van vloeistof A zakken de bellen terug naar de bodem. Het hele proces begint dan opnieuw.

- 2p **15** Leg uit of vloeistof B bestaat uit hydrofiele of hydrofobe stoffen.

Tijdens het opstijgen vindt warmteoverdracht plaats tussen de bellen en vloeistof A.

- 2p **16** Leg uit, redenerend vanuit de bellen, of hierbij een endotherm of een exotherm proces plaatsvindt.

Joep wil het effect van een lavalamp nabootsen. Hij heeft hiervoor het volgende voorschrift gevonden:

voorschrift

Maak je eigen lavalamp

Benodigdheden:

- 1 lege limonadefles van 1,5 liter
- 1 flesje voedselkleurstof
- 1 liter zonnebloemolie
- bruistabletten

Wat moet je doen?

- Vul de fles voor $\frac{1}{4}$ deel met warm water.
- Voeg de voedselkleurstof toe. Neem behoorlijk veel, zodat het mengsel donker van kleur wordt.
- Doe de dop op de fles en schud goed, zodat het water en de kleurstof goed mengen.
- Haal de dop weer van de fles en giet rustig de zonnebloemolie erin, totdat de fles bijna vol is.
- Doe een bruistablet in de fles.
- Kijk naar je lavalamp.
- Je kunt steeds nieuwe bruistabletten toevoegen.

naar: wetenslab.vpro.nl

In de proefbeschrijving staat dat warm water gebruikt moet worden.

- 1p **17** Wat is het voordeel van het gebruik van warm water in vergelijking met het gebruik van koud water?

Enkele seconden nadat Joep een bruistablet in de fles heeft gedaan, ziet hij aan de onderkant gekleurde bellen ontstaan die tot bovenin de fles stijgen en daarna weer zakken.

De stijgende bellen bestaan uit een gas en gekleurd water, de dalende bellen bestaan alleen uit gekleurd water. De bellen ontstaan door de reactie die optreedt na het oplossen van een bruistablet in water.

Een bruistablet bevat onder andere natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO_3) en enkele zuren. Wanneer een bruistablet in water komt, lossen deze stoffen op. Waterstofcarbonaationen reageren vervolgens met het aanwezige zuur, waarbij een gas ontstaat.

- 3p **18** Geef de reactievergelijking voor deze reactie tussen waterstofcarbonaationen en H^+ ionen. Vermeld hierbij ook de toestandsaanduidingen.

Aan de hand van de beschrijvingen van de originele lavalamp en de lavalamp van Joep kun je afleiden dat voor beide lampen (waarschijnlijk) niet dezelfde soort kleurstof gebruikt kan worden.

- 2p **19** Leg uit waarom voor de originele lavalamp en de lamp uit het voorschrift van Joep (waarschijnlijk) niet dezelfde soort kleurstof gebruikt kan worden.
- 2p **20** Leg uit of bij de originele lavalamp de bellen ook ontstaan als gevolg van het optreden van een chemische reactie, zoals bij de lamp uit het voorschrift van Joep.

Jozo

tekstfragment 1

Een volwassene heeft dagelijks 150 tot 200 microgram jodium* nodig. Jodium is belangrijk voor de vorming van schildklierhormonen. Deze hormonen zorgen dat de stofwisseling en het zenuwstelsel goed functioneren en dat met name kinderen goed groeien. Een jodiumtekort kan bij kinderen leiden tot een groeiachterstand en/of verminderd leervermogen. Een teveel aan jodium is ook niet goed. De veilige bovengrens ligt voor gezonde mensen op 600 microgram per dag.

In Nederland komt weinig jodium voor in de bodem en daarmee ook weinig in onze voeding. De overheid spreekt daarom met de voedingsmiddelenindustrie af welke voedingsmiddelen mogen worden verrijkt met jodium. Zo wordt jodium toegevoegd aan bakkers- en keukenzout. In 'gewoon' keukenzout of zeezout zit weinig tot geen jodium. Het zogenoemde 'Jozo'-zout dat in de winkel verkrijgbaar is, is keukenzout waaraan extra jodium is toegevoegd.

naar: <http://www.voedingscentrum.nl>

*) In bovenstaand tekstfragment wordt met 'jodium' de stof kaliumjodide bedoeld.

Hieronder staat de samenstelling van Jozo, zoals weergegeven op de verpakking, vermeld.

Ingrediënten:

- Zout (NaCl) min. 99,7%
- Jodium (KI) 50 mg/kg
- Antiklontermiddel

Eén theelepel Jozo heeft een massa van 2,0 gram.

- 3p **21** Bereken met behulp van de gegeven samenstelling van Jozo hoeveel microgram I^- één theelepel Jozo bevat (1 microgram = 10^{-6} g).

Joeri wil aantonen dat een Jozo-oplossing jodide-ionen bevat. Om jodide-ionen in een oplossing aan te tonen kan men een scheutje zetmeeloplossing en een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing (H_2O_2) toevoegen. Als jodide-ionen aanwezig zijn, vindt een redoxreactie plaats waarbij jood ontstaat. Wanneer zetmeel in contact komt met jood, kleurt de oplossing blauw.

- 3p **22** Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt wanneer een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing wordt toegevoegd aan een oplossing die jodide-ionen bevat. Noteer beide halfreacties en de vergelijking van de totale redoxreactie.

Joeri schenkt een scheutje zetmeeloplossing bij de Jozo-oplossing en voegt vervolgens een overmaat van een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing toe. De oplossing kleurt blauw. Er is dus jood ontstaan.

Tot verbazing van Joeri verdwijnt de blauwe kleur na enige tijd.

Hij bedenkt twee hypothesen voor het verdwijnen van de blauwe kleur:

- 1 Het ontstane jood reageert met een stof in de Jozo-oplossing.
- 2 Het zetmeel reageert met een stof in de Jozo-oplossing.

Joeri besluit deze hypothesen te onderzoeken. Hij voert de proef opnieuw uit en zodra de blauwe kleur verdwijnt, voegt hij direct wat extra Jozo toe. De oplossing krijgt opnieuw een blauwe kleur, die daarna weer verdwijnt.

- 3p **23** Leg uit, met behulp van Joeri's waarnemingen, welke van de genoemde hypothesen, 1 of 2, in ieder geval onjuist is voor het verdwijnen van de blauwe kleur.
- 2p **24** Beschrijf hoe Joeri kan onderzoeken of het antiklontermiddel een rol speelt bij het verdwijnen van de blauwe kleur.

Bacteriële batterijen

tekstfragment 1

1 In het slib op de oceaانبodem bestaat een alternatieve wereld van micro-
2 organismen. Sommige van deze micro-organismen zijn bacteriën die kunnen
3 leven in slib of grondwater waarin geen zuurstof aanwezig of beschikbaar is.
4 Deze bacteriën, geobacters genaamd, ‘ademen’ ijzer en halen hun energie uit
5 koolstofverbindingen. De geobacters gaan bijvoorbeeld groeien wanneer ze een
6 0,0010 molair azijnzuuroplossing toegediend krijgen.
7 „De geobacters gebruiken ijzer (dat in slib voorkomt) zoals wij zuurstof
8 gebruiken”, zegt professor Lovley. „Zij leven van roest en azijn. Want azijnzuur
9 is een bruikbare energiebron. Azijn is vergelijkbaar met het voedsel dat wij eten
10 en ijzer is vergelijkbaar met zuurstof.”
11 Onderzoek heeft aangetoond dat met geobacters elektriciteit geproduceerd kan
12 worden. Lovley's medewerkers zetten experimenten op waarbij grafietelektroden
13 en vervuild slib uit de haven van Boston gebruikt werden.
14 In het slib, dat zij op de bodem van een aquariumbak hadden aangebracht,
15 staken zij een grafietelektrode; de andere grafietelektrode werd in het water
16 erboven gehouden. Zij slaagden erin een klein lampje te laten branden. Volgens
17 Lovley zetten de geobacters zich af op het oppervlak van de grafietelektrode in
18 het slib. Daar breken de bacteriën de organische verbindingen in het slib af tot
19 azijnzuur. Vervolgens verzorgen de geobacters een elektronentransport van het
20 azijnzuur naar de elektrode. De stroomkring wordt gesloten door een draad naar
21 de tweede grafietelektrode in het water.

naar: Nature

- 2p **25** Bereken hoeveel gram azijnzuur nodig is om 5,0 L van de azijnzuuroplossing (regel 6) te maken.

De omzetting van azijnzuur (regels 7 tot en met 10), is een redoxreactie. Azijnzuur is daarbij de reductor. De deeltjes die daarbij als oxidator optreden, benoemt professor Lovley als “ijzer” en als “roest” (Fe_2O_3) (regels 7 en 8).

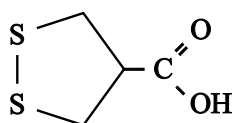
- 2p **26** Welke oxidator bedoelt professor Lovley: de ijzerdeeltjes uit roest of de ijzerdeeltjes uit ijzer? Geef een verklaring voor je antwoord.

De geobacters zelf kunnen niet tegen zuurstof. In het slib komt geen zuurstof voor. In de proefopstelling die wordt beschreven in de regels 14 tot en met 21 bevindt de ‘tweede elektrode’ zich wel in zuurstofhoudend water. Dit zuurstof kan ook als oxidator reageren. De geobacters in het slib hebben geen last hiervan.

- 3p **27** Geef een schematische tekening van de proefopstelling die wordt beschreven in de regels 14 tot en met 21. Benoem de onderdelen van de cel en geef aan wat tijdens de stroomlevering de positieve elektrode en wat de negatieve elektrode is.
- 2p **28** Welk soort deeltjes verzorgen het ladingstransport door de verbindingsdraad tussen de elektroden, en welk soort deeltjes verzorgen het ladingstransport door de vloeistof tussen de elektroden?
Noteer je antwoord als volgt:
ladingstransport door verbindingsdraad: ...
ladingstransport door de vloeistof: ...

Aspergegeur

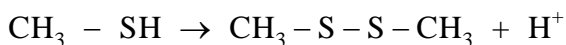
In een aspergeplant komen asparaginezuur en de ethylester van asparaginezuur voor. Van deze stoffen is maar weinig in de plant aanwezig. Toch zorgen ze voor de speciale smaak van asperges. De structuurformule van asparaginezuur ($C_4H_6O_2S_2$) wordt vaak als volgt schematisch weergegeven:



In deze structuurformule is een aantal van de symbolen C en H weggelaten.

- 2p **29** Geef de complete structuurformule van asparaginezuur.
- De ethylester van asparaginezuur is de ester die ontstaat bij de reactie van asparaginezuur met ethanol.
- 2p **30** Geef de structuurformule van de ethylester van asparaginezuur. Gebruik hiervoor bovenstaande schematische structuurformule.
- Asparaginezuur wordt in het lichaam door enzymen afgebroken. Hierbij ontstaat methaanthiol (CH_3SH). Methaanthiol kan vervolgens worden omgezet tot andere zwavelhoudende verbindingen, zoals dimethyldisulfide. Zowel methaanthiol als dimethyldisulfide dragen bij tot de karakteristieke 'aspergegeur' van urine. Reeds een half uur na het eten van een portie asperges, waarin ongeveer 1 mg asparaginezuur zit, kan deze geur worden waargenomen.
- 3p **31** Bereken hoeveel mg methaanthiol maximaal kan ontstaan met de hoeveelheid zwavel die aanwezig is in 1,0 mg asparaginezuur. Gebruik hierbij onder andere het gegeven dat de massa van een mol asparaginezuur 150,2 g is.

De omzetting van methaanthiol tot dimethyldisulfide is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie waarin het dimethyldisulfide ontstaat, is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen (e^-) en de coëfficiënten zijn weggelaten.



- 3p **32** Neem deze vergelijking over. Zet aan de juiste kant van de pijl e^- en maak de vergelijking kloppend.
- 2p **33** Is voor de omzetting van methaanthiol tot dimethyldisulfide een oxidator of een reductor nodig? Geef een verklaring voor je antwoord.

Glas maken

Jolanda bedenkt dat het leuk is om zelf glas te maken, en daar vervolgens mooie drinkglazen uit te maken. In een oud tijdschrift Natuur en Techniek vindt ze het volgende voorschrift voor het maken van glas:

voorschrift

Nodig voor het maken van ongeveer 100 gram glas:

- 70 gram wit vogelzand (SiO_2)
- 20 gram landbouwkalk (CaCO_3)
- 65 gram soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Meng de ingrediënten goed door elkaar in een platina kroes en verhit het mengsel geleidelijk in een oven, totdat het bij 1000 °C begint te smelten en te borrelen. Zet dan de oven wat lager en wacht totdat alle gasontwikkeling voorbij is. Voer vervolgens de temperatuur op tot 1400 °C en roer totdat alle gasbelletjes verdwenen zijn. De glasvloeistof kunt u vervolgens laten afkoelen en op allerlei manieren vormgeven.

Zand bestaat niet uit moleculen SiO_2 , maar uit een netwerk van silicium- en zuurstofatomen.

- 2p **34** Leg uit aan de hand van de soort binding(en) waarom SiO_2 zo'n hoge temperatuur nodig heeft om te smelten.

Het voorschrift geeft als formule voor soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Jolanda zoekt uit wat dat eigenlijk betekent. Ze ontdekt dat de soda die je in de winkel kan kopen 'kristalsoda' is. In de kristallen is water opgenomen in de molverhouding $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{H}_2\text{O} = 1:10$.

- 3p **35** Bereken het massapercentage water in kristalsoda. Geef je antwoord in vier significante cijfers.
- 1p **36** Geef een mogelijke reden waarom een kroes van platina gebruikt moet worden.

Jolanda wil graag 6 glazen maken. Ze pakt een glas uit de kast, en weegt het. Ze rekent uit dat ze voor 6 glazen dan 330 gram glas nodig heeft. Het te vormen glas is een mengsel van CaO , Na_2O en SiO_2 . In het proces ontstaan ook twee andere stoffen.

- 2p **37** Geef de formules van de twee andere stoffen.
- 1p **38** Waarom is de totale massa van de ingrediënten in het voorschrift niet gelijk aan (ongeveer) 100 gram?
- 3p **39** Bereken hoeveel gram van elk van de ingrediënten Jolanda nodig heeft om 330 gram glas te maken. Gebruik daarbij het gegeven dat uit 20 gram landbouwkalk en 65 gram soda in totaal 25 gram CaO en Na_2O ontstaat. Noteer de uitkomst van je berekening als volgt:
- ... gram vogelzand
 - ... gram landbouwkalk
 - ... gram soda