

## Zwavelater

- 1 Al jarenlang zijn wetenschappers op zoek naar oude sporen van leven.  
 2 Bij een onderzoek aan gesteente uit Pilbara (Australië) zijn aanwijzingen  
 3 gevonden dat 3,5 miljard jaar geleden al zwaveletende bacteriën  
 4 bestonden. Deze bacteriën haalden de energie die ze nodig hadden om te  
 5 leven uit de omzetting van zwavel met water tot waterstofsulfide en een  
 6 oplossing van zwavelzuur. Het waterstofsulfide reageerde vervolgens met  
 7 ijzer, waarbij onder andere pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) ontstond.  
 8 Van het element zwavel komen verschillende isotopen\* voor.  $^{32}\text{S}$  atomen  
 9 komen het meest voor: 95,0% van alle zwavelatomen zijn  $^{32}\text{S}$  atomen.  
 10 Minder voorkomende zwavelisotopen zijn  $^{34}\text{S}$  (4,2%) en  $^{33}\text{S}$  (0,7%).  
 11 De bacteriën zetten bij voorkeur lichtere isotopen van een element om.  
 12 Van de pyrietkristallen in het Pilbara-gesteente werd de hoeveelheid van  
 13 de lichtere  $^{32}\text{S}$  atomen bepaald in verhouding tot de  $^{33}\text{S}$  en  $^{34}\text{S}$  atomen.  
 14 Hierbij bleek dat deze pyrietkristallen een ander percentage  $^{32}\text{S}$  bevatten  
 15 dan 95,0%. Dit andere percentage  $^{32}\text{S}$  wijst op leven.

naar: [www.nrc.nl](http://www.nrc.nl)

\* isotopen: atomen van hetzelfde element maar met een verschillend massagetal

- 2p 1 Neem onderstaande tabel over en vul het aantal protonen, neutronen en elektronen in van een  $^{32}\text{S}$  atoom en van een  $^{34}\text{S}$  atoom.

	$^{32}\text{S}$	$^{34}\text{S}$
aantal protonen		
aantal neutronen		
aantal elektronen		

De omzetting van zwavel met water is hieronder in een onvolledige vergelijking weergegeven. Vier coëfficiënten ontbreken.



- 2p 2 Neem de onvolledige vergelijking over en vul de juiste coëfficiënten in.
- 2p 3 Leg uit aan de hand van een gegeven uit het tekstfragment of deze omzetting van zwavel met water een endotherme of een exotherme reactie is.  
 Noteer je antwoord als volgt:  
 In de regels ... staat ..., dus het is een ... reactie.

Pyriet (regel 7) bestaat uit  $\text{Fe}^{2+}$  ionen en zogeheten 'disulfide-ionen' in de molverhouding 1:1.

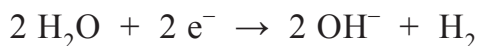
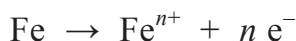
1p **4** Geef de formule van het disulfide-ion.

2p **5** Leg uit of het gevonden percentage  $^{32}\text{S}$  in de pyrietkristallen in het Pilbara-gesteente hoger of lager is dan 95,0%.

## Betonrot

Beton is een veelgebruikt bouw materiaal. De basis voor beton is een mengsel van cement, zand en grind. Wanneer water aan dit mengsel wordt toegevoegd, treedt een reactie op tussen cement en water. Hierdoor ontstaat een hard materiaal. Voor stevige constructies gebruikt men 'gewapend beton'. Dit is beton dat met stalen staven of matten inwendig is versterkt.

Beton bevat altijd een kleine hoeveelheid water. Dit water is aanwezig in de poriën in het beton: het zogeheten poriewater. Het ijzer (uit de stalen wapening) kan met het poriewater reageren. Hierbij treden de volgende halfreacties op:



Wanneer zuurstof aanwezig is in het poriewater, treedt een andere halfreactie op waarbij uitsluitend hydroxide-ionen ontstaan.

- 1p 6 Geef de vergelijking van deze halfreactie. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 48.

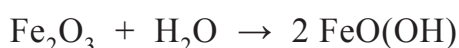
De gevormde ionen reageren met elkaar tot verschillende ijzerzouten. Eén van deze ijzerzouten is ijzer(III)oxide. De ijzeroxides vormen een vaste laag rondom de wapening, waardoor de reactie van ijzer met water wordt vertraagd.

- 2p 7 Geef de vergelijking van de reactie van ijzer(III)ionen met hydroxide-ionen tot ijzer(III)oxide en water.

Bepaalde stoffen in het cement waarmee beton is gemaakt, zoals calciumhydroxide, zorgen ervoor dat het poriewater een pH-waarde heeft die hoger is dan 12,5. In dit sterk basische milieu is de laag ijzeroxides stabiel, waardoor de wapening niet verder reageert.

- 2p 8 Bereken de  $[\text{OH}^{-}]$  in mol per liter in poriewater met pH 12,5.

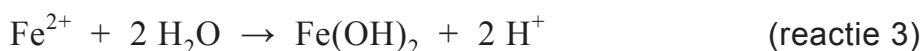
Koolstofdioxide uit de lucht kan het beton binnendringen en oplossen in het poriewater. Hierdoor daalt de pH en kan water met de gevormde laag ijzeroxides reageren. Hierbij treedt onder andere de volgende reactie op:



- 2p 9 Leg uit dat deze reactie een zuur-basereactie is. Geef hierbij aan welk deeltje als zuur en welk deeltje als base reageert.

- 2p 10 Leid af welke lading de ijzerionen hebben in FeO(OH).

Doordat de wapening bij deze reacties uitzet, kunnen scheuren in het beton ontstaan. Dit proces wordt daarom 'betonrot' genoemd. Betonrot wordt versneld wanneer er veel chloride-ionen in het beton aanwezig zijn. Chloride-ionen werken als katalysator bij de corrosie van ijzer. Het proces dat dan optreedt, verloopt via een aantal (half)reacties:



- 2p 11 Leg uit met behulp van bovenstaande (half)reacties dat chloride-ionen in dit corrosieproces als katalysator dienst zouden kunnen doen.

In de jaren zeventig van de vorige eeuw was er zo veel behoefte aan beton dat fabrikanten nauwelijks aan de vraag konden voldoen. Om het beton sneller te laten uitharden, werd calciumchloride toegevoegd. Zo kon sneller worden geproduceerd.

- 2p 12 Leg uit welk nadeel deze toevoeging heeft in gewapend beton.

De eisen die aan beton gesteld worden, zijn onder meer afhankelijk van het milieu waarin het betonnen bouwwerk wordt geplaatst. Droog beton is toegankelijker voor lucht dan nat beton.

Grofweg kan de volgende indeling worden gemaakt:

klasse I blijvend nat of blijvend droog

klasse II nat en zelden droog

klasse III matig vochtig

klasse IV afwisselend nat en droog

- 2p 13 Geef aan welke klasse de meeste kans op betonrot heeft. Licht je antwoord toe met gegevens uit deze opgave.

## Strooizout

In de winter is er kans op sneeuw en ijzel. Daardoor kan het wegdek glad worden. Deze gladheid kan onder andere bestreden worden met dooimiddelen zoals strooizout. De grootte van de korrels strooizout kan verschillen. De korrelgrootte heeft invloed op de dooisnelheid.

- 1p 14 Geef een mogelijke verklaring voor het gegeven dat grotere korrels de sneeuw langzamer laten smelten dan kleinere korrels strooizout. Neem aan dat gelijke massa's strooizout worden gebruikt.

In sneeuw zijn de watermoleculen onderling verbonden door waterstofbruggen. Een deel van deze waterstofbruggen wordt verbroken, wanneer de sneeuw smelt. In de vloeistof die ontstaat, zijn ook waterstofbruggen aanwezig.

- 2p 15 Teken drie watermoleculen die door middel van twee waterstofbruggen met elkaar verbonden zijn in vloeibaar water. Teken daarbij de watermoleculen in structuurformule en geef de waterstofbruggen weer met stippelijntjes.

De meeste soorten strooizout bestaan voornamelijk uit natriumchloride. Ook calciumchloride ( $\text{CaCl}_2$ ) wordt gebruikt als strooizout. Het mengsel dat ontstaat wanneer het strooizout oplost in gesmolten sneeuw of ijs, bevriest bij een temperatuur lager dan  $0^\circ\text{C}$ . Dit effect van strooizout wordt 'vriespuntsdaling' genoemd. Naarmate per liter meer ionen zijn opgelost, is de vriespuntsdaling groter.

- 2p 16 Geef de vergelijking voor het oplossen van  $\text{CaCl}_2$  in water. Geef hierbij ook de toestandsaanduidingen.
- 3p 17 Laat met een berekening zien wanneer de vriespuntsdaling het grootst zal zijn: na het strooien van 100 kg  $\text{CaCl}_2$  of na het strooien van 100 kg  $\text{NaCl}$ . Baseer je antwoord uitsluitend op het aantal opgeloste deeltjes.

In plaats van strooien met vast zout kan een wegdek ook besproeid worden met pekkel. Pekkel is een mengsel van zout en water. Vaak wordt hiervoor een mengsel met 22 massaprocent  $\text{NaCl}$  gebruikt.

- 1p 18 Verklaar waarom de vriespuntsdaling, na het besproeien met pekkel, kleiner is naarmate er een dikkere laag sneeuw op de weg ligt. Ga ervan uit dat, ongeacht de dikte van de sneeuwlaag, gelijke hoeveelheden pekkel worden gebruikt en dat de pekkel met de gehele sneeuwlaag mengt.

Een nadeel van het gebruik van strooizout is dat het schadelijk kan zijn voor het milieu door de hoeveelheid zout die uiteindelijk in de berm en in het rioolwater, grondwater en oppervlaktewater terecht komt.

- 3p 19 Bereken hoeveel kg natriumchloride gebruikt wordt voor een wegdek van 8,0 m breed en 15 km lang wanneer dit met NaCl-pekkel wordt besproeid. Neem aan dat:
- bij besproeien een dosering van 20 mL NaCl-pekkel per m<sup>2</sup> wordt gebruikt;
  - de NaCl-pekkel 22 massaprocent NaCl bevat;
  - de dichtheid van de pekkel 1,16 g mL<sup>-1</sup> is.

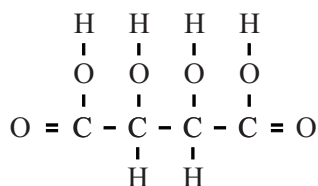
Om tijdens de opslag het klonteren van strooizout tegen te gaan wordt een anti-klontermiddel toegevoegd. Een voorbeeld van een dergelijk middel is een stof met de triviale naam natriumferrocyanide. De formule van deze stof is Na<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>. Natriumferrocyanide is opgebouwd uit natriumionen en één soort negatieve ionen, namelijk ferrocyanide-ionen.

- 2p 20 Leg uit of het de positieve of de negatieve ionen in natriumferrocyanide zijn die het klonteren van strooizout tegengaan.

In de buitenlucht vormt natriumferrocyanide een hydraat: natriumferrocyanide-decahydraat.

- 1p 21 Geef de formule van natriumferrocyanide-decahydraat. Gebruik eventueel Binas tabel 66C.

Natriumferrocyanide kan schadelijk zijn voor het milieu. AkzoNobel heeft daarom een ander antiklontermiddel ontwikkeld: 'ijzer-meso-tartraat'. Deze stof is een ijzer(II)zout van een zuurrestion van wijnsteenzuur. De structuurformule van wijnsteenzuur is hieronder weergegeven:

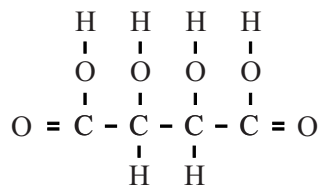


Deze structuurformule is op de uitwerkbijlage nogmaals weergegeven.

- 2p 22 Omcirkel op de uitwerkbijlage de H atomen die als H<sup>+</sup> ionen kunnen worden afgestaan wanneer wijnsteenzuur volledig ioniseert.

uitwerkbijlage

22



## Drinkwatermaker

Wereldwijd hebben ruim een miljard mensen geen beschikking over schoon drinkwater. Als gevolg daarvan sterven jaarlijks zo'n vier miljoen mensen. Daarom ontwikkelde docent Watertechnologie Leo Groendijk een 'drinkwatermaker' die oppervlaktewater zuivert tot drinkwater met behulp van zonne-energie. Op internet staat de volgende beschrijving:

### WaterPurifier 500E

- 1 De WaterPurifier 500E is een drinkwaterzuivering met
- 2 een capaciteit van ongeveer 500 liter per dag. Deze
- 3 unit maakt gebruik van keramische membranen als
- 4 belangrijkste filtratiestap. De desinfectie na de filtratie
- 5 bestaat uit een elektrolyse, waarbij het water een
- 6 behandeling ondergaat om bacteriën en virussen te
- 7 doden. Deze desinfectiemethode kan toegepast
- 8 worden als in het water voldoende chloride aanwezig
- 9 is. Chloride is van nature aanwezig in de meeste
- 10 soorten oppervlaktewater. Hemelwater is meestal vrij
- 11 van dit ion en kan niet met elektrolyse worden
- 12 behandeld.



naar: <http://waterforeveryone.nl>

Bij de elektrolyse worden de chloride-ionen omgezet tot HClO, dat een desinfecterende werking heeft. De vergelijking van een halfreactie die daarbij optreedt, is hieronder weergegeven.



- 2p **23** Leg uit of  $\text{Cl}^-$  in deze halfreactie aan de positieve of aan de negatieve elektrode reageert.

De twee elektroden in de elektrolyse-eenheid zijn bedekt met een dun laagje titaan. Hierdoor kunnen de elektroden 'onaantastbaar' worden genoemd.

- 2p **24** Leg uit dat het gebruik van onaantastbare elektroden in de drinkwatermaker wenselijk is.



Het gevormde HClO doodt de bacteriën die na de filtratiestap in het water zijn achtergebleven of daar later in terechtkomen. HClO reageert namelijk met SH groepen die zich bevinden in de eiwitten van de bacteriën. Hierdoor krijgen de eiwitten een andere vorm, waardoor de eiwitten in de bacteriën hun functie verliezen. De reactie van de SH groepen onder invloed van HClO is hieronder weergegeven.



Hierin geeft R de rest van een eiwitketen weer.

- 1p **25** Geef de naam van het type binding dat bij deze reactie tussen de eiwitketens wordt gevormd.
- 1p **26** Geef de drielettercode van de aminozuureenheid die met HClO kan reageren.

Voor het functioneren van de drinkwatermaker is in het te zuiveren water een chlorideconcentratie van minimaal 50 mg per liter nodig. Als deze concentratie te laag is, klinkt een Low-Salt-Alarm. De gebruikers voegen dan keukenzout toe aan het voorraadvat met oppervlaktewater. Hemelwater (regenwater) kan niet met elektrolyse worden behandeld (regel 10-12) omdat het geen chloride-ionen bevat.

- 3p **27** Laat door middel van een berekening zien dat het toevoegen van twee eetlepels keukenzout aan een voorraadvat met 500 L oppervlaktewater voldoende is om de chlorideconcentratie naar minimaal 50 mg per liter te brengen.  
Ga er bij de berekening van uit dat één eetlepel 22 g keukenzout bevat.
- 2p **28** Geef een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van chloride-ionen in hemelwater en geef een reden waardoor deze desinfectiemethode ongeschikt is voor behandeling van water waarin geen chloride-ionen aanwezig zijn.  
Noteer je antwoord als volgt:  
Verklaring: ...  
Reden: ...

## Melamine

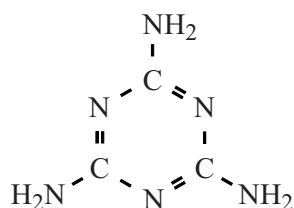
In China zijn in 2007 duizenden zuigelingen ziek geworden na het drinken van flesvoeding. Dit werd veroorzaakt doordat onzuivere melamine aan de flesvoeding was toegevoegd om het stikstofgehalte ervan te verhogen. Het eiwitgehalte is een kwaliteitskenmerk van melk. Omdat melkeiwit een redelijk constant stikstofgehalte heeft, wordt het eiwitgehalte van melk meestal uitgedrukt als stikstofgehalte.

Melamine ( $C_3H_6N_6$ ) bevat een hoog percentage stikstof.

De methode waarmee het stikstofgehalte wordt gemeten, maakt geen onderscheid tussen stikstof in eiwitten en in verbindingen als melamine.

- 2p **29** Leg uit, aan de hand van de algemene structuurformule van een aminozuur, dat een eiwitmolecuul dat is opgebouwd uit 100 aminozuren minstens 100 N-atomen bevat.  
Geef je antwoord als volgt:  
algemene structuurformule van een aminozuur: ...  
uitleg: ...

De structuurformule van melamine is hieronder weergegeven.



- 2p **30** Bereken het massapercentage stikstof in melamine. Geef het antwoord in vier significante cijfers.

Melamine wordt gesynthetiseerd uit ureum ( $CH_4N_2O$ ). Dit proces is hieronder vereenvoudigd beschreven.

- In reactor 1 (R1) ontleedt ureum tot isocyaanzuur (HOCN) en ammoniak:  $CH_4N_2O \rightarrow HOCN + NH_3$  (reactie 1).
- Het gevormde isocyaanzuur wordt vervolgens in reactor 2 (R2) bij hoge temperatuur omgezet tot de gasen melamine en koolstofdioxide (reactie 2). Hierbij treden nevenreacties op waarbij giftige bijproducten ontstaan.
- In scheidingsruimte 1 (S1) wordt het reactiemengsel gekoeld. Hierbij worden ammoniak en koolstofdioxide afgescheiden. Tevens wordt water toegevoegd totdat alle melamine is opgelost.
- Ten slotte wordt in scheidingsruimte 2 (S2) de ontstane oplossing geconcentreerd, waarbij uiteindelijk zuiver melamine wordt verkregen.

Isocyaanzuur (HOCN) heeft een structuurisomeer: cyaanzuur (HNCO).

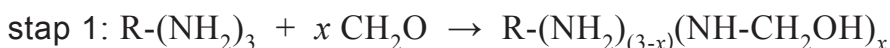
- 2p 31 Geef de structuurformules van isocyaanzuur en cyaanzuur.
- 2p 32 Geef de vergelijking van de vorming van melamine uit isocyaanzuur (reactie 2) in molecuulformules.

Het proces waarbij zuiver melamine wordt gevormd, kan worden weergegeven in een vereenvoudigd blokschema. Dit blokschema staat op de uitwerkbijlage. De stoffen ontbreken.

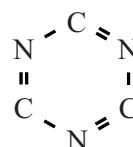
- 4p 33 Noteer de letters van onderstaande stoffen bij de juiste pijlen in het blokschema op de uitwerkbijlage. Sommige stoffen kunnen meerdere keren voorkomen.
- a ammoniak
  - b bijproducten
  - c isocyaanzuur
  - d koolstofdioxide
  - e melamine
  - f ureum
  - g water

Melamine is een grondstof voor de productie van melamineformaldehyde (MF). Dit zogeheten copolymeer is opgebouwd uit twee monomeren: melamine en formaldehyde (CH<sub>2</sub>O).

De polymerisatie verloopt in twee stappen:



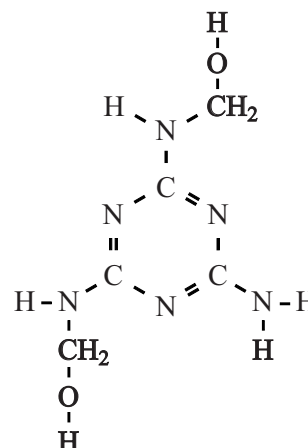
Hierbij stelt R het volgende gedeelte voor:



figuur 1

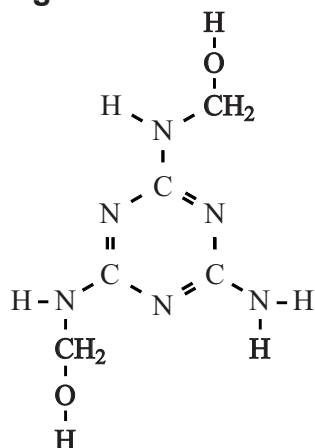
In figuur 1 is een mogelijke structuur weergegeven van het product dat bij stap 1 kan ontstaan.

- 2p 34 Leid uit figuur 1 de waarde voor  $x$  af.

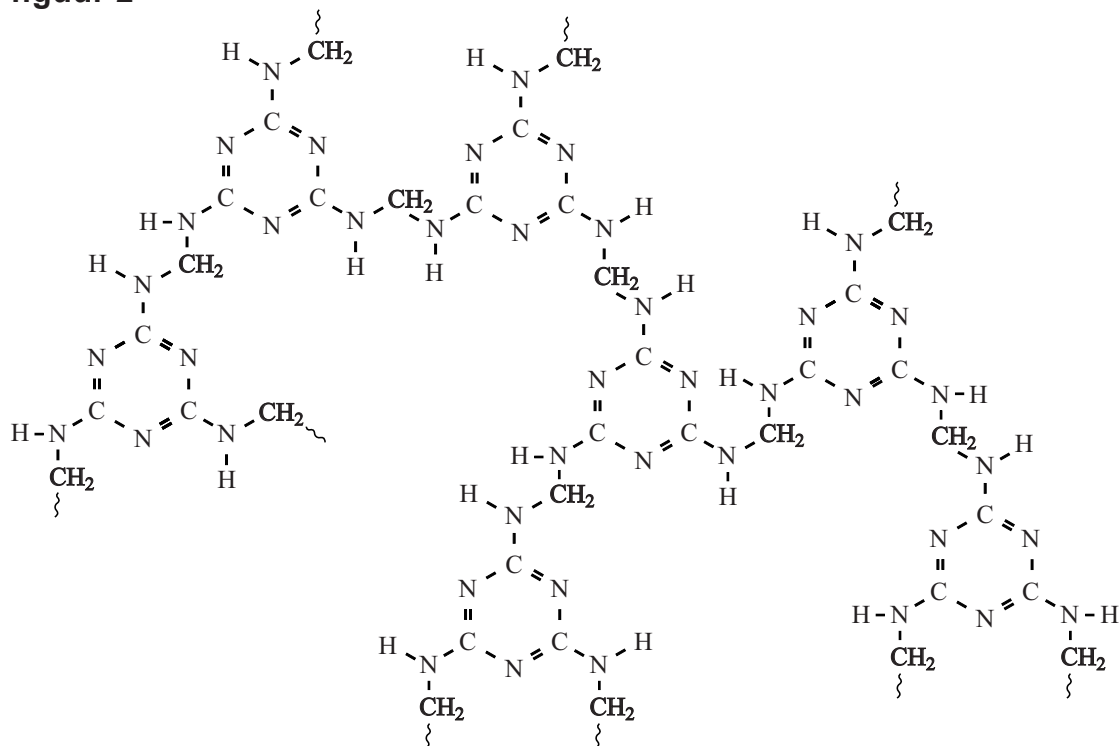


Hieronder is figuur 1 nogmaals weergegeven.  
In figuur 2 is een mogelijke structuur van MF weergegeven.

figuur 1



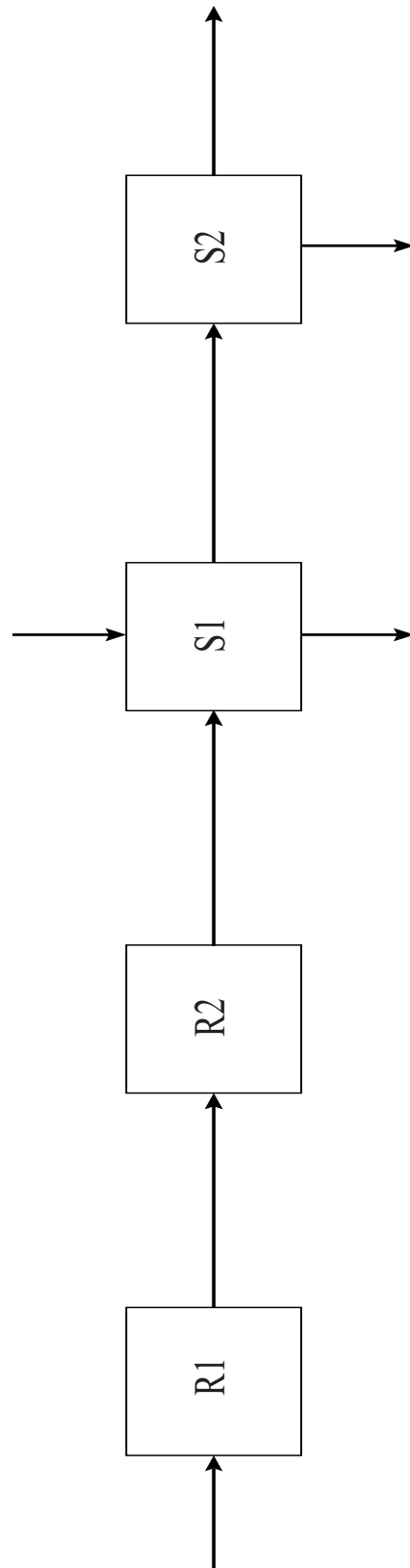
figuur 2



- 2p 35 Leg uit aan de hand van figuur 1 en figuur 2 of stap 2 een additiereactie is.

uitwerkbijlage

33



## Zilverspiegel

Op Wetenschapsforum.nl stond het volgende geschreven:

“hey!

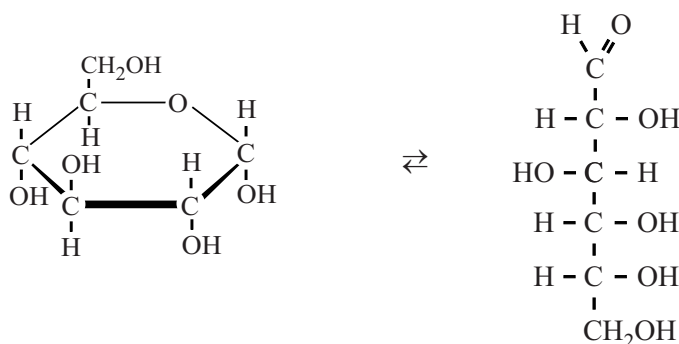
Ik heb maandag een practicum opdracht waar we vier verschillende stoffen moeten aantonen. Ze zitten allemaal apart van elkaar. We weten al hoe we drie stoffen moeten aantonen, alleen weet ik nog niet hoe ik suiker kan aantonen. We hebben een zeer beperkte uitrusting om dit uit te voeren dus wou ik vragen welke manieren er allemaal zijn om suiker aan te tonen. Het is waarschijnlijk normale suiker die je in de winkel kan kopen.”

Eén van de reacties op het forum was: “Altijd leuk is het aantonen van glucose met de zilverspiegel reactie (Tollens reagens).”

De suiker die je in de winkel koopt is sacharose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Het Tollens reagens reageert niet met sacharose maar wel met glucose. Daarom moet sacharose eerst gehydrolyseerd worden tot glucose en fructose. Fructose is een isomeer van glucose.

2p **36** Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse in molecuulformules.

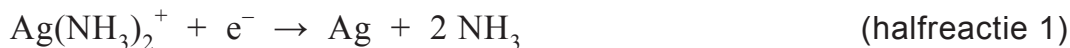
Wanneer glucose in water is opgelost, ontstaat een evenwicht tussen de ringstructuur en de lineaire structuur van glucose. Dit evenwicht is hieronder weergegeven.



In de lineaire structuur kan glucose reageren met het Tollens reagens, in de ringstructuur niet. Slechts een klein deel van de glucose is aanwezig in de lineaire structuur. Toch wordt bij de reactie met het reagens alle glucose omgezet.

1p **37** Verklaar dat bij de reactie met het Tollens reagens toch alle glucose wordt omgezet, hoewel maar een klein deel van de glucose in de lineaire structuur aanwezig is. Ga ervan uit dat voldoende Tollens reagens aanwezig is.

In het Tollens reagens komen ionen voor met de formule  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ . Wanneer een oplossing van glucose aan dit reagens wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op.  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  is hierbij de oxidator. De bijbehorende halfreactie kan als volgt worden weergegeven:



Als deze reactie plaatsvindt in goed schoongemaakt glaswerk, ontstaat op de glaswand een dun laagje zilver, dat een spiegelend effect geeft.

Glucose reageert bij deze reactie als reductor. De vergelijking van de halfreactie is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen en de coëfficiënten zijn weggelaten.



- 2p **38** Neem deze onvolledige vergelijking over, zet  $\text{e}^-$  aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

Na afloop van het experiment moet de overgebleven vloeistof worden uitgeschonken en het glaswerk met het zilveren laagje moet worden nagespoeld met water. De vloeistoffen die overblijven, moeten direct worden opgeruimd. Dit kan door een oplossing van salpeterzuur toe te voegen en het mengsel vervolgens in het afvalvat voor zware metalen te doen. Als de vloeistoffen blijven staan, kunnen de  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  ionen verder reageren met de aanwezige  $\text{NH}_3$  moleculen. Hierbij wordt de zeer explosieve stof zilvernitride ( $\text{Ag}_3\text{N}$ ) gevormd.

- 2p **39** Leg uit waarom toevoegen van een zure oplossing een geschikte methode is om vorming van zilvernitride te voorkomen.