

Hout spons

Bij scheepsongelukken kan olie lekken naar het water. Om milieuschade te voorkomen hebben onderzoekers een materiaal op basis van hout ontwikkeld, waarmee olie uit water kan worden opgenomen. De werking van dit materiaal lijkt op die van een spons. Daarom heeft het de naam 'hout spons' gekregen. Hout bestaat uit cellulose, lignine en hemicellulose. Bij het maken van een hout spons moet het hout als volgt worden behandeld:

- stap 1: Lignine wordt verwijderd.
- stap 2: Hemicellulose wordt verwijderd.
- stap 3: De overgebleven cellulose wordt gedroogd.
- stap 4: De gedroogde cellulose wordt hydrofoob gemaakt.

stap 1

Voor het verwijderen van lignine wordt een oplossing van natriumchloriet gebruikt met een pH van 4,7. Deze oplossing bevat onder andere chlorietionen (ClO_2^-). Uit deze chlorietionen wordt chloordioxide (ClO_2) gevormd volgens reactie 1.



Chloordioxide (ClO_2) reageert vervolgens met lignine. Bij deze redoxreactie wordt ClO_2 omgezet tot ClO_2^- volgens onderstaande halfreactie a. Deze vergelijking is onvolledig: er ontbreekt een elektron.



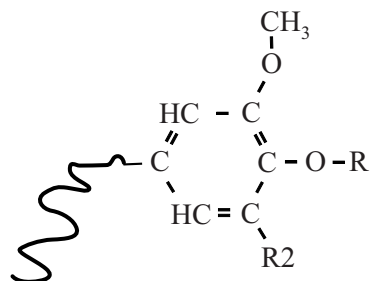
- 2p 1 Bereken de $[\text{H}^+]$ in mol L^{-1} van een oplossing met een pH van 4,7.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.
- 2p 2 Leg uit of ClO_2 in halfreactie a reageert als oxidator of als reductor.

ClO_2^- wordt in reactie 1 omgezet en tijdens de reactie van ClO_2 met lignine weer gevormd. Toch is ClO_2^- geen katalysator.

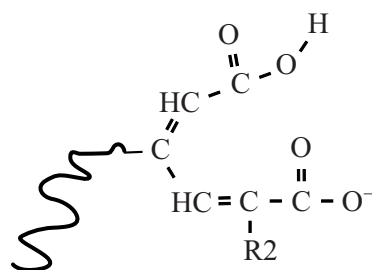
- 2p 3 Leg uit met behulp van reactie 1 en halfreactie a dat ClO_2^- geen katalysator is.

De reactie met ClO_2 veroorzaakt veranderingen in de structuur van lignine. In figuur 1 is zo'n verandering schematisch weergegeven.

figuur 1



fragment van een ligninemolecuul
voor reactie met ClO_2



fragment van een ligninemolecuul
na reactie met ClO_2

Door deze veranderingen wordt lignine beter oplosbaar in water en kan lignine uit het hout verwijderd worden. De verbeterde oplosbaarheid is onder andere te danken aan de vorming van waterstofbruggen met de ontstane zuurgroep **en** door hydratatie van de geladen groep.

- 3p 4 Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:
- Teken twee watermoleculen die de geladen groep hydrateren.
 - Teken nog eens twee watermoleculen die elk met een waterstofbrug zijn verbonden met de ontstane zuurgroep. Geef de waterstofbruggen weer met stippelijntjes (•••).
 - Geef de watermoleculen weer met $\text{H}-\text{O}-\text{H}$.

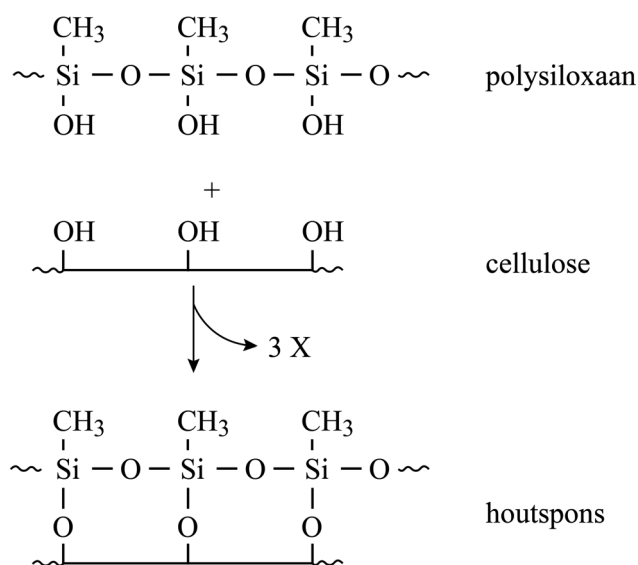
stap 2 en 3

Na het verwijderen van de lignine wordt de hemicellulose uit het hout verwijderd met natronloog. Van het hout blijft dan alleen de cellulose over, die nog een kleine hoeveelheid water bevat. Dit water moet ook nog worden verwijderd. Hiertoe wordt de cellulose sterk afgekoeld, zodat het aanwezige water bevroert. Door de luchtdruk steeds laag te houden, verdampt het bevroren water en wordt dit vervolgens afgevoerd. Deze scheidingsmethode heet 'vriesdrogen' en heeft overeenkomsten met het indampen van een oplossing. Zo zijn bijvoorbeeld de fasen van het water en van het residu, direct na uitvoering van het vriesdrogen, gelijk aan de fasen direct na uitvoering van het indampen van een oplossing.

- 2p 5 Geef de toestandsaanduidingen van het residu en van het water direct na het vriesdrogen van cellulose.
Noteer je antwoord als volgt:
toestandsaanduiding residu: ...
toestandsaanduiding water: ...

stap 4

Om olie te kunnen opnemen, moet het oppervlak van de cellulose hydrofoob worden gemaakt. Dit gebeurt door een behandeling waardoor op de cellulose een laagje van het polymeer polysiloxaan wordt gevormd. Daarna is de hout spons klaar. In figuur 2 is de reactie tussen drie monomeereenheden van polysiloxaan en drie monomeereenheden van cellulose schematisch weergegeven.

figuur 2

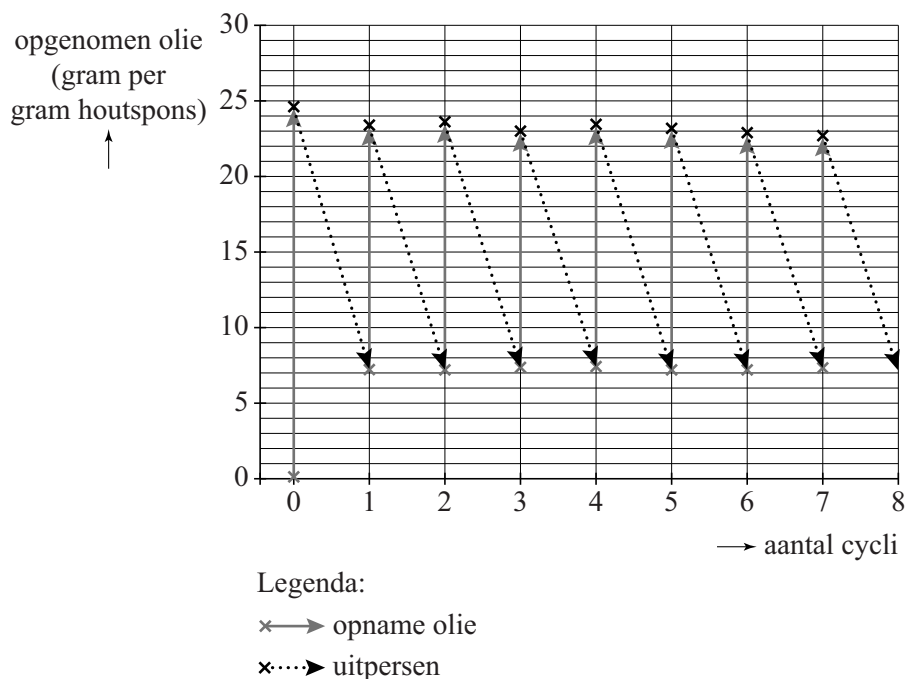
- 1p 6 Geef aan welke stof (X) bij deze reactie wordt afgesplitst.

Olie is een mengsel van koolwaterstoffen.

- 2p 7 Leg uit waardoor olie beter aan hout spons bindt dan aan cellulose. Gebruik de structuurformules die zijn weergegeven in figuur 2.

Geabsorbeerde olie kan uit hout spons worden verwijderd door deze eenvoudigweg eruit te persen. De hout spons veert daarna terug tot zijn oude vorm en kan opnieuw worden gebruikt. Onderzoekers hebben de opname van olie door de hout spons gemeten tijdens een aantal cycli van opname en uitpersen. De resultaten zijn in figuur 3 weergegeven. De opname van olie is uitgedrukt in het aantal gram olie dat per gram hout spons is opgenomen.

figuur 3



- 1p 8 Geef aan hoe uit figuur 3 blijkt dat de olie niet volledig uit de houtspoons geperst kan worden.

In 2018 botste in de Rotterdamse haven een Noorse olietanker op een steiger, waardoor de tanker 200 ton olie verloor.

- 3p 9 Bereken aan de hand van figuur 3 hoeveel cycli van opname en uitpersen minimaal nodig zijn om 200 ton olie uit het water van de haven te verwijderen met behulp van 100 kg houtspoons.

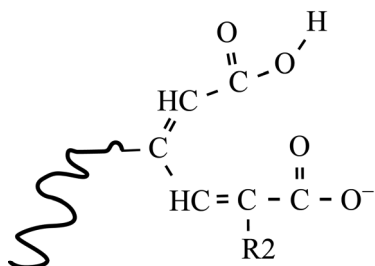
Lees de opgenomen olie af in één decimaal.

Neem aan dat:

- de gemiddelde opname per cyclus overeenkomt met die van cyclus 8.
- 1 ton = 10^3 kg

uitwerkbijlage

4



fragment van een ligninemolecuul
na reactie met ClO₂

Metal fuels

De komende jaren zullen steenkolencentrales worden gesloten om de elektriciteitsproductie duurzamer te maken. Een onderzoeksteam van de TU Eindhoven onderzoekt of deze centrales toch nog langer te gebruiken zijn wanneer steenkool wordt vervangen door een zogeheten 'metal fuel'. Een metal fuel is een metaalpoeder dat verbrand kan worden. Het onderzoeksteam gebruikt hiervoor ijzerpoeder.

De verbrandingsreactie van ijzerpoeder verloopt als volgt:

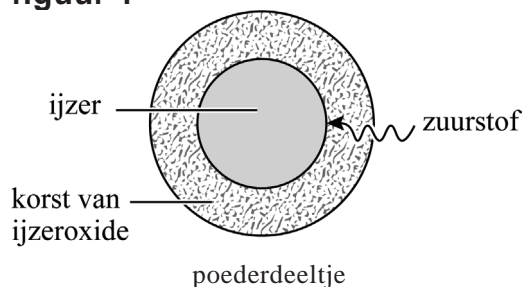


In deze opgave wordt de productie van elektrische stroom op basis van de verbranding van ijzerpoeder beschreven. Op de uitwerkbijlage is hiervoor een vereenvoudigd en nog onvolledig blokschema gegeven. Eerst wordt ijzerpoeder dat in ruimte I is opgeslagen, gemengd met lucht. In een verbrandingskamer (ruimte II) wordt dit lucht-ijzermengsel tot ontbranding gebracht.

- 2p 10 Leg uit met behulp van het botsende-deeltjesmodel dat de verbrandingssnelheid van ijzerpoeder hoger wordt, wanneer eenzelfde massa ijzerpoeder met een kleinere deeltjesgrootte wordt gebruikt.

De verbranding van ijzerpoeder in ruimte II verloopt specifiek: de zuurstof reageert aan het oppervlak van de ijzerpoederdeeltjes en er vormt zich een korst van ijzeroxide. Dit is weergegeven in figuur 1. De korst wordt steeds dikker en uiteindelijk blijft er een vast deeltje over dat voornamelijk uit Fe_2O_3 bestaat.

figuur 1

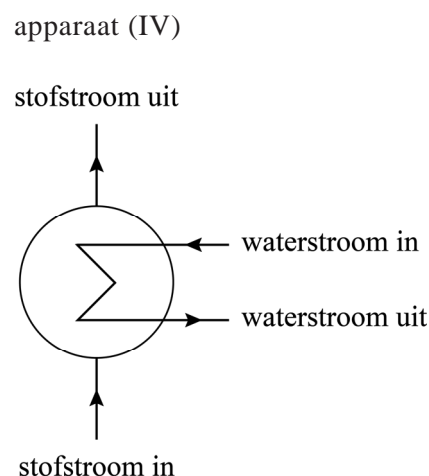


Wanneer ijzerpoederdeeltjes reageren in ruimte II nemen ze in massa toe. Wanneer de poederdeeltjes na de verbranding groot en zwaar genoeg zijn, zakken ze naar de onderkant van de verbrandingskamer en komen ze in een opvangruimte terecht (ruimte III).

- 1p 11 Geef een verklaring voor het toenemen van de massa van de poederdeeltjes.

De overgebleven gassen uit de lucht worden in ruimte II verhit, door de warmte die vrijkomt bij de verbranding van ijzerpoeder (zie uitwerkbijlage). De hete gassen worden boven uit ruimte II afgetapt en gebruikt voor de productie van hete stoom. Hiervoor moet de energie van de hete gassen via een apparaat (IV) worden overgedragen aan water. Het symbool voor dit apparaat is in figuur 2 weergegeven. Met de gevormde hete stoom wordt een stoomturbine (V) met elektriciteitsgenerator (VI) aangedreven. De stoom die uit de stoomturbine komt, wordt afgekoeld in een koeler (VII) en het gevormde afgekoelde water wordt weer naar het apparaat (IV) teruggevoerd.

figuur 2



- 1p **12** Geef de naam van het apparaat (IV) dat is weergegeven in figuur 2.
- 2p **13** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan:
- Teken het symbool voor het apparaat (IV) en verbind deze met de stoomturbine (V) en met de koeler (VII).
 - Geef aan welke waterstroom afgekoeld water en welke waterstroom hete stoom bevat.
 - Noteer de letters van onderstaande stofstromen op de juiste plek in het blokschema:
 - A hete gassen
 - B afgekoelde gassen

Het ontstane ijzeroxide bestaat voornamelijk uit Fe_2O_3 en is opgevangen in ruimte III. Dit Fe_2O_3 wordt vervolgens in een recyclingproces weer omgezet tot ijzerpoeder. Deze terugwinning van ijzer is mogelijk door Fe_2O_3 te laten reageren met waterstof. Hierbij ontstaan ijzer en water.

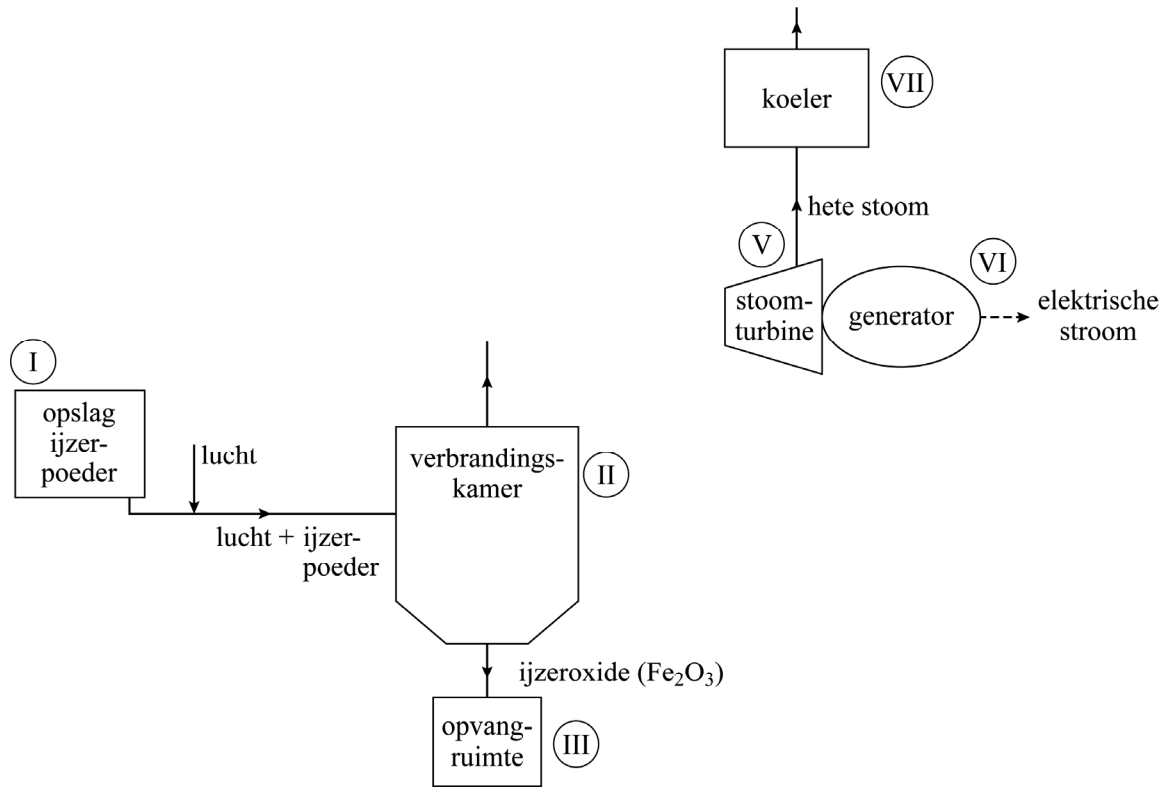
- 2p **14** Geef de vergelijking voor de reactie van Fe_2O_3 met waterstof.

In het eerder weergegeven blokschema op de uitwerkbijlage ontbreekt een blok voor het recyclingproces.

- 2p **15** Maak op de uitwerkbijlage het blokschema compleet.
- Teken een blok voor het recyclingproces.
 - Teken de pijlen van de ontbrekende stofstromen.
 - Noteer de nummers van de onderstaande stoffen bij de juiste pijlen.
 - 1 ijzer
 - 2 ijzeroxide
 - 3 water
 - 4 waterstof

uitwerkbijlage

13 en 15



BioGlue[®]

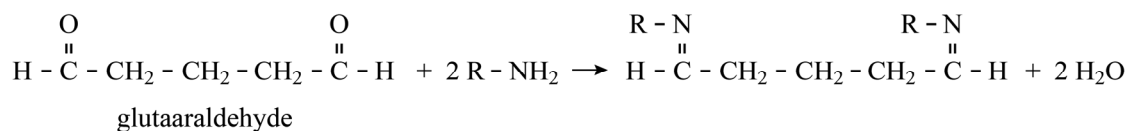
BioGlue[®] is een lijm die chirurgen gebruiken bij het repareren van de wand van een bloedvat. BioGlue[®] bevat onder andere de stof glutaaraldehyde. Glutaaraldehyde kan worden gemaakt door stof X te laten reageren met zuurstof. De molecuulformule van stof X is C₅H₈. In een molecuul van stof X zijn alle C-atomen gerangschikt in een ring.

- 2p 16 Geef de structuurformule van stof X.

De werking van BioGlue[®] is onder andere gebaseerd op de reactie van de stof glutaaraldehyde met (vrije) NH₂-groepen in de restgroepen van eiwitten.

- 2p 17 Geef de 3-lettersymbolen van de vier aminozuren die een (vrije) NH₂-groep in de restgroep hebben.

In figuur 1 is de reactie van de C=O-groepen van glutaaraldehyde met NH₂-groepen weergegeven.

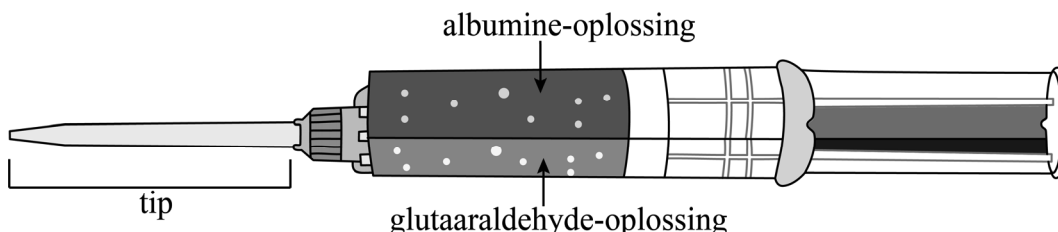
figuur 1

Wanneer glutaaraldehyde-moleculen reageren met NH₂-groepen in de restgroepen van een eiwit, ontstaan crosslinks. Op de uitwerkbijlage is de reactievergelijking voor de vorming van een crosslink tussen twee eiwitmoleculen met één glutaaraldehyde-molecuul schematisch en onvolledig weergegeven.

- 3p 18 Maak de reactievergelijking op de uitwerkbijlage compleet.

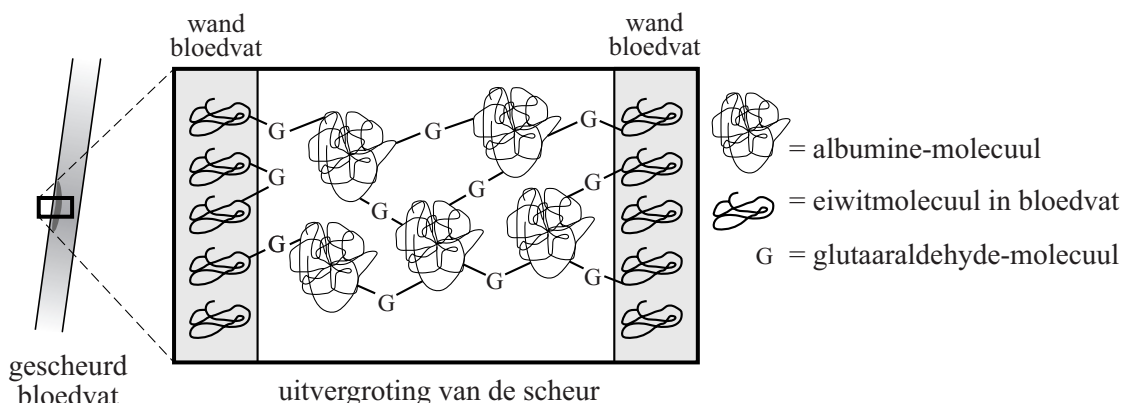
BioGlue® wordt geleverd in een spuit met twee compartimenten met verschillende oplossingen (figuur 2). Wanneer de spuit wordt ingedrukt, komen een glutaraaldehyde-oplossing en een oplossing van het eiwit albumine in de juiste verhouding gemengd bij elkaar in de tip. De druppels BioGlue® die uit de tip komen, moeten vrijwel meteen op de wond worden aangebracht.

figuur 2



De wand van een bloedvat bevat veel eiwitten. Om een gescheurd bloedvat te repareren, brengt een chirurg BioGlue® aan op de wanden van het bloedvat en drukt deze wanden samen. Door de reactie van glutaraaldehyde met albumine én met de eiwitten in de wand van het bloedvat ontstaat een netwerk dat de scheur afdicht (figuur 3). Hierbij wordt BioGlue® hard. Dit wordt uitharden genoemd.

figuur 3

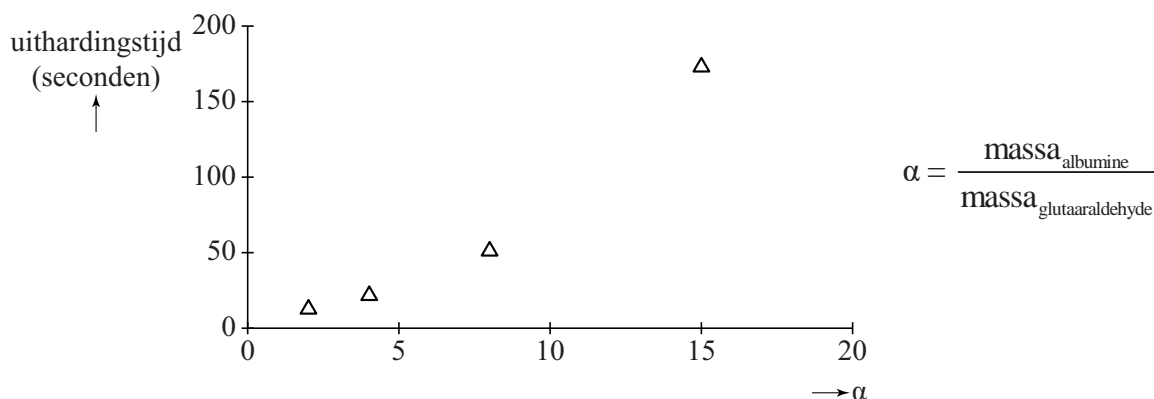


Het kan gebeuren dat de chirurg te lang wacht voor hij de lijm aanbrengt nadat glutaraaldehyde en albumine zijn gemengd. In dat geval hardt de lijm wel uit, maar wordt de scheur niet goed afgedicht.

- 2p **19** Geef een verklaring op microniveau waarom de scheur niet goed wordt afgedicht wanneer de chirurg te lang wacht met het aanbrengen van de lijm. Gebruik eventueel figuur 3.

Onderzoekers hebben de snelheid onderzocht waarmee de lijm uithardt. Zij mengden gelijke hoeveelheden albumine met verschillende hoeveelheden glutaaraldehyde. Vervolgens werd de uithardingstijd van de lijm gemeten. In figuur 4 zijn de resultaten weergegeven.

figuur 4



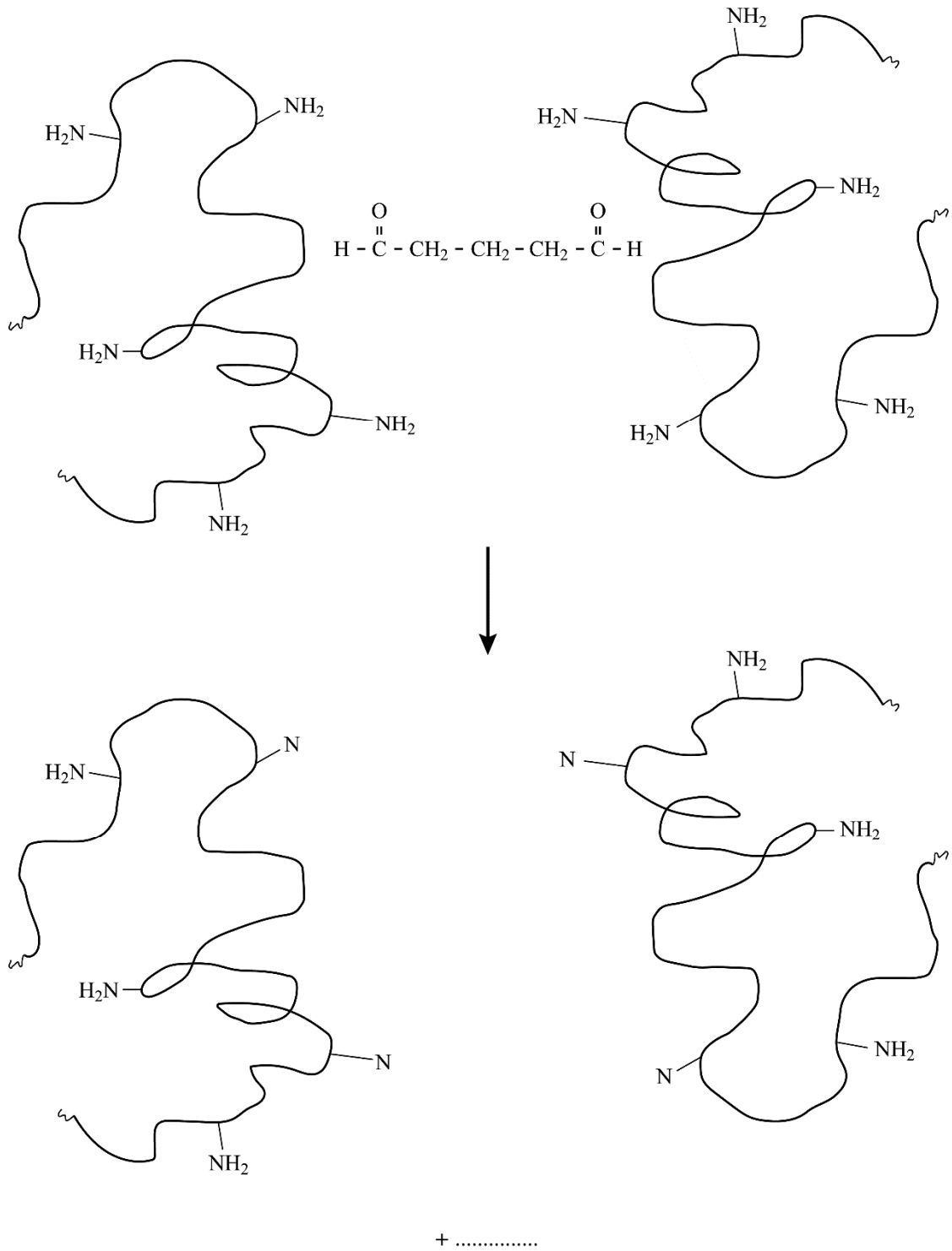
- 3p **20** Leg uit aan de hand van figuur 4 of de reactiesnelheid van het uitharden van de lijm toeneemt of afneemt, wanneer een grotere hoeveelheid glutaaraldehyde wordt toegevoegd.

Om een optimale afstemming te krijgen tussen de uithardingstijd en het dichten van de scheur, is het compartiment met albumine-oplossing vier maal zo groot als het compartiment met glutaaraldehyde-oplossing.

- 3p **21** Bereken de massaverhouding waarin glutaaraldehyde en albumine gemengd worden bij het gebruik van BioGlue®.
 Noteer je antwoord als volgt:
 massa glutaaraldehyde : massa albumine = 1,0 : ...
 Neem aan dat:
- de albumine-oplossing 45 massaprocent albumine bevat en een dichtheid heeft van $1,1 \text{ g mL}^{-1}$;
 - de glutaaraldehyde-oplossing 10 massaprocent glutaaraldehyde bevat en een dichtheid heeft van $1,0 \text{ g mL}^{-1}$.

uitwerkbijlage

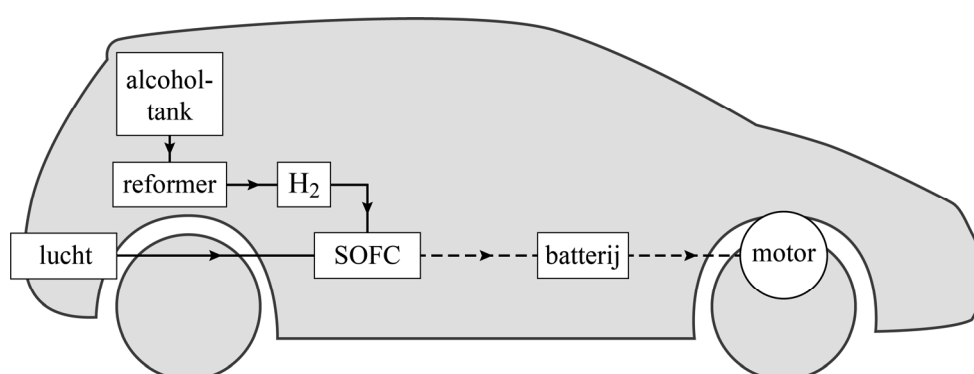
18



Alcohol in de auto

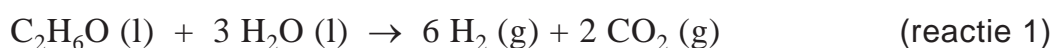
Een fabrikant heeft een elektrische auto ontwikkeld die rijdt op een oplossing van ethanol (alcohol, C_2H_6O). Deze auto maakt in een 'reformer' waterstofgas uit de ethanoloplossing. Vervolgens produceert een zogenoemde 'solid oxide-brandstofcel' (SOFC) elektrische stroom uit waterstofgas. De elektrische energie wordt opgeslagen in een batterij en kan worden gebruikt voor het aandrijven van de motor. In figuur 1 is deze energievoorziening schematisch en vereenvoudigd weergegeven.

figuur 1



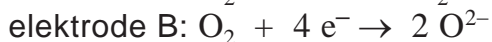
- 1p 22 Geef de structuurformule van ethanol.

In de reformer wordt de ethanoloplossing omgezet tot waterstofgas en koolstofdioxide. Dit proces kan vereenvoudigd worden weergegeven met onderstaande vergelijking.

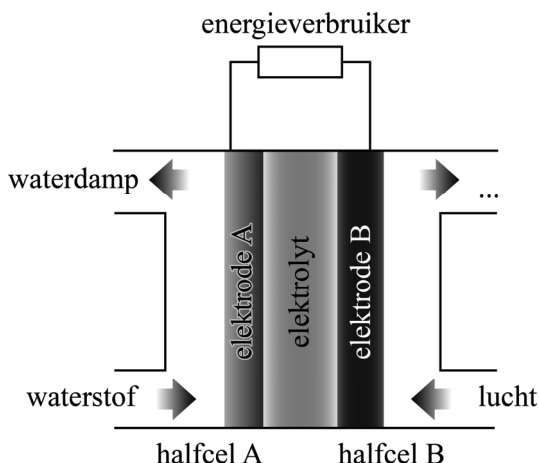


- 3p 23 Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol waterstof (bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$). Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.
- 2p 24 Bereken de atomeconomie voor de vorming van waterstof volgens reactie 1. Gebruik Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

In figuur 2 is de SOFC schematisch weergegeven. De gevormde waterstof reageert bij elektrode A van de SOFC. Bij elektrode B reageert zuurstof uit de lucht. Hierbij treden de volgende halfreacties op:



figuur 2

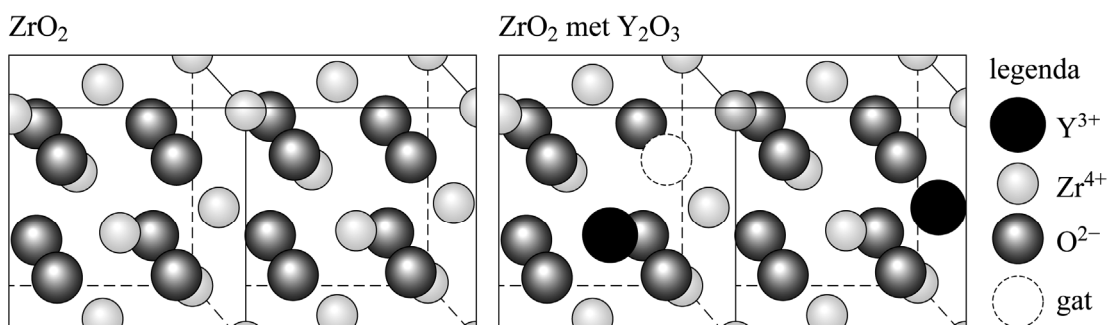


In figuur 2 ontbreken de stoffen die halfcel B verlaten.

- 1p 25 Geef de naam van een van deze stoffen. Neem aan dat O_2 volledig reageert.
- 2p 26 Geef met behulp van de vergelijkingen van bovenstaande halfreacties de vergelijking van de totale reactie.

De elektrolyt in de SOFC is vast en kan bestaan uit zirkoniumoxide (ZrO_2) waaraan een kleine hoeveelheid yttriumoxide (Y_2O_3) is toegevoegd. In figuur 3 zijn de roosters van zuiver ZrO_2 en van het mengsel van ZrO_2 en Y_2O_3 schematisch weergegeven.

figuur 3



- 2p 27 Geef de naam van het type kristalrooster in figuur 3, en geef de naam van het type binding tussen de samenstellende deeltjes.

Door de toevoeging van Y_2O_3 ontstaan lege plekken in het rooster van ZrO_2 die 'gaten' worden genoemd. De oorzaak hiervan is dat er per twee Zr^{4+} -ionen die worden vervangen door twee Y^{3+} -ionen, één O^{2-} -ion minder nodig is in het rooster.

- 2p **28** Leg deze oorzaak uit aan de hand van de ionladingen van de betrokken ionen.

De wijze waarop de elektrolyt elektrische stroom geleidt, is als volgt:

- De SOFC wordt verhit tot 600 °C.
- Bij deze temperatuur kunnen O^{2-} -ionen naar een volgende lege plek springen.
- Netto verplaatsen zich op deze manier O^{2-} -ionen door de elektrolyt heen, van de ene elektrode naar de andere elektrode.

- 2p **29** Leg uit met behulp van de gegeven halfreacties in welke richting de O^{2-} -ionen zich tijdens de stroomlevering verplaatsen, van elektrode A naar elektrode B of van B naar A.

Tijdens het rijden wordt vanuit de **reformer** CO_2 uitgestoten (reactie 1). Toch is onder een bepaalde voorwaarde het rijden met deze auto CO_2 -neutraal.

- 2p **30** Geef deze voorwaarde en licht toe waarom rijden met deze auto dan CO_2 -neutraal is. Noteer je antwoord als volgt:
voorwaarde: ...
toelichting: ...

Er zijn ook auto's die rijden op waterstofgas. Op grond van de uitgangspunten van de groene chemie kunnen voordelen en nadelen van een SOFC-auto ten opzichte van een waterstofauto worden gegeven.

- 2p **31** Geef een voordeel **en** een nadeel van een SOFC-auto ten opzichte van een waterstofauto.
- Baseer je antwoord op twee van de volgende uitgangspunten: 2, 8 of 12.
 - Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.
 - Noteer je antwoord als volgt:
uitgangspunt: ... voordeel: ...
uitgangspunt: ... nadeel: ...

Bijensteek

Een bij steekt de mens alleen uit verdediging. Tijdens een bijensteek wordt gif in het lichaam gespoten. Het gif bestaat uit water en een aantal vaste stoffen. Deze vaste stoffen vormen het 'drooggewicht'. De meest voorkomende vaste stoffen in bijengif staan in tabel 1.

tabel 1

stoffen in bijengif	massapercentage van het drooggewicht
mellitine	50%
fosfolipase A2	12%
histamine	9%

Tijdens de bijensteek wordt 50 µg gif in het lichaam gespoten.

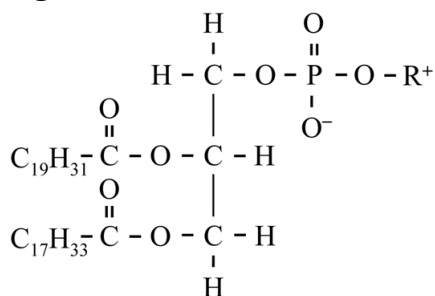
- 4p **32** Bereken hoeveel mol mellitine door een bijensteek in het lichaam terecht komt. **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.** Gebruik onder andere de volgende gegevens:
- Het gif bestaat voor 88 massaprocent uit water.
 - De molaire massa van mellitine is 2847 g mol⁻¹.

Op de plaats van de bijensteek veroorzaken de eiwitten mellitine en fosfolipase A2 schade aan celmembranen. Een fragment van een gedeelte van mellitine is: ~ Leu – Pro – Ala ~.

- 4p **33** Geef de structuurformule van dit fragment. Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

Celmembranen bestaan uit fosfolipidemoleculen. Een fosfolipidemolecuul is opgebouwd uit een glycerolmolecuul dat is veresterd met twee vetzuurmoleculen en een fosforzuurverbinding. Een voorbeeld van een fosfolipidemolecuul dat in celmembranen voorkomt is in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



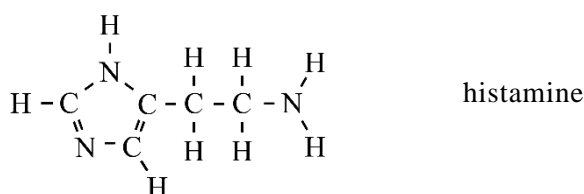
fosfolipide

- 2p **34** Geef de namen van de twee vetzuren die in het fosfolipidemolecuul van figuur 1 zijn veresterd. Gebruik Binas-tabel 67G2 of ScienceData-tabel 13.2g.

Het enzym fosfolipase A2 uit bijengif bevordert de hydrolyse van fosfolipidemoleculen. Op de uitwerkbijlage is de vergelijking van deze hydrolyse onvolledig weergegeven. Op de uitwerkbijlage zijn de koolstofatomen van het fosfolipidemolecuul genummerd. De hydrolyse vindt uitsluitend plaats bij de estergroep aan het C-atoom met nummer 2. De andere estergroepen blijven ongewijzigd.

- 3p **35** Geef op de uitwerkbijlage, in structuurformules, de vergelijking van deze hydrolyse. Geef het koolwaterstofgedeelte van het vetzuur op dezelfde manier weer als in het fosfolipidemolecuul.
- 1p **36** Geef een verklaring voor het feit dat bij deze reactie uitsluitend de estergroep aan het C-atoom met nummer 2 wordt gehydrolyseerd.

Op de plaats van de bijensteek geven bepaalde lichaamcellen histamine af. Deze histamine én de histamine uit bijengif veroorzaken de zwelling, roodheid en jeuk. De structuurformule van histamine is hieronder weergegeven.



In het lichaam wordt histamine gemaakt uit het aminozuur histidine. Hierbij ontstaat behalve histamine nog één ander deeltje.

- 1p **37** Geef de molecuulformule van het andere deeltje. Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

Op de internetsite www.bijenhouders.nl staat dat het innemen van een antihistamine-tablet de gevolgen van een bijensteek kan beperken. Een andere internetsite geeft het advies om de plaats van een bijensteek te behandelen met zuiveringszout, omdat zuiveringszout reageert met gif. Bijengif heeft namelijk een lage pH van 4,5 tot 5,5. Helaas is dit middel niet effectief, omdat het zuiveringszout niet in de huid kan binnendringen waardoor het niet in contact komt met het gif.

- 2p **38** Geef met behulp van Binas-tabel 66A of ScienceData-tabel 10.2a de formule van zuiveringszout **en** licht toe waarom zuiveringszout met bijengif met een lage pH reageert.
 Noteer je antwoord als volgt:
 formule zuiveringszout: ...
 toelichting: ...

