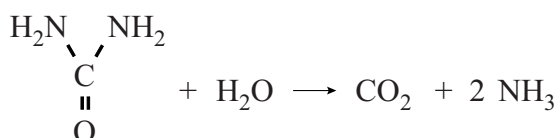


Ademtest

Joost heeft de laatste tijd last van zijn maag. Hij gaat naar zijn huisarts en deze verwijst hem voor onderzoek naar het ziekenhuis. Er zal onderzocht worden of de klachten worden veroorzaakt door een bacterie, genaamd *Helicobacter pylori*. Joost vindt de volgende informatie over deze bacterie.

tekstfragment 1

- 1 *Helicobacter pylori* leeft in het maagslijmvlies en kan een maagzweer
2 veroorzaken. De bacterie produceert het enzym urease, dat de katalysator
3 is voor de hydrolyse van ureum.



- 4 Ureum wordt in de lever geproduceerd. Via de bloedbaan en de nieren
5 verlaat ureum, opgelost in urine, het lichaam. De bacterie haalt ureum uit
6 het bloed.
7 Het enzym urease bevindt zich aan de buitenkant van de bacterie zodat
8 het gevormde ammoniak de bacterie beschermt tegen de lage pH die in
9 de maag heerst.
10 Het gevormde koolstofdioxide wordt via de bloedbaan naar de longen
11 getransporteerd en vervolgens uitgeademd.

- 2p 1 Geef in een reactievergelijking weer hoe ammoniak reageert in een milieu met een lage pH (regels 8 en 9).

Ureum is een stof die ontstaat bij de afbraak van een van de soorten voedingsstoffen: koolhydraten, eiwitten en vetten.

- 2p 2 Uit welk soort voedingsstof ontstaat ureum? Licht je antwoord toe.

Met een zogenoemde ureum-ademtest kan worden onderzocht of een patiënt besmet is met de bacterie *Helicobacter pylori*. Joost vindt de volgende gegevens over de ademtest op de website van de Maag Lever Darm stichting.

tekstfragment 2

De ademtest verloopt als volgt: U mag gedurende 6 uur voor de test niet gegeten of gedronken hebben. Vervolgens moet U door een rietje in een afsluitbaar glazen buisje blazen als controle.

Daarna drinkt U een glas sinaasappelsap (200 mL), gevolgd door 30 mL water waarin 75 mg C13-ureum is opgelost.

Dertig minuten na het drinken moet U in een tweede buisje blazen, waarna de beide buisjes worden geanalyseerd op het C13-gehalte.

Als U besmet bent met de *Helicobacter pylori* bacterie, dan wordt C13-ureum omgezet en ademt U C13-bevattend koolzuurgas (= koolstofdioxide) uit.

De arts kan dit meten in de uitgeademde lucht.

Met C13 worden koolstofatomen met het massagetal 13 bedoeld.

- 2p **3** Geef het aantal protonen, neutronen en elektronen van een C13 atoom. Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: ...
aantal neutronen: ...
aantal elektronen: ...

In C13-ureum bevatten alle moleculen een C13 atoom.
De molaire massa van C13-ureum is $61,05 \text{ g mol}^{-1}$.

- 3p **4** Bereken hoeveel milligram C13-bevattend koolstofdioxide maximaal kan ontstaan uit de hoeveelheid C13-ureum die in het drankje zit. Maak gebruik van gegevens uit tekstfragment 1 en tekstfragment 2.
- 1p **5** Geef een reden waarom geen goed testresultaat wordt verkregen wanneer onmiddellijk na het drinken van het drankje dat C13-ureum bevat, in het buisje wordt geblazen.

Joost doet de ademtest en krijgt van de arts te horen dat uit de meetresultaten blijkt dat hij geen *Helicobacter pylori* bacterie in zijn maag heeft. Toch bleek dat C13-bevattend koolstofdioxide voorkwam in de uitgeademde lucht die hij, na dertig minuten, in het tweede buisje heeft geblazen.

- 3p **6** Leg uit hoe de arts op grond van beide meetresultaten uit de ademtest de conclusie kan trekken dat Joost geen *Helicobacter pylori* bacterie in zijn maag heeft. Maak voor je antwoord ook gebruik van een gegeven uit Binas-tabel 25.

Groene brandstof uit ijs

Deze opgave gaat over een nieuwe soort “groene” brandstof.

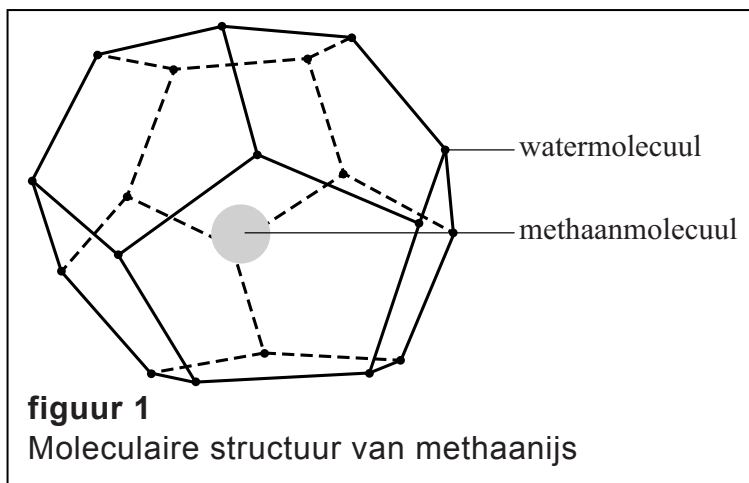
tekstfragment 1

Volgens Amerikaans onderzoek is het mogelijk groene brandstof te winnen uit methaanhydraat, ook wel methaanijs genoemd. Het ziet eruit als ijs en bevat methaan. Methaanijs komt voor in de oceaانبodem. De voorraad methaan is er minstens tweemaal zo groot als de wereldwijde reserve aan fossiele
5 brandstoffen. Echter, een probleem is dat bij verbranding van methaan koolstofdioxide vrijkomt.

Het onderzoek laat zien dat methaan uit methaanijs toch als een groene brandstof kan dienen.

De geologen van het
10 United States Geological Survey (USGS) ontdekten dat het injecteren van koolstofdioxide in methaanijs de oplossing kan zijn. Methaanhydraat blijkt CO₂ moleculen te verkiezen boven
15 CH₄ moleculen.

CH₄ moleculen komen er dus uit en CO₂ moleculen nemen spontaan hun plaats in. Zo slaat men twee vliegen in een klap: men wint energie (methaan) en ontdoet zich van CO₂. Volgens Tim Collett (USGS) werkt de techniek in het laboratorium. Een oliebedrijf in Alaska test of de techniek op grotere schaal
25 kan worden toegepast.



naar: www.mo.be/artikel/ijs-kan-groene-brandstof-woorden

Methaanijs is een vaste stof die bestaat uit methaanmoleculen en watermoleculen. De methaanmoleculen zijn in de holtes van het kristalrooster van ijs ingesloten. Zie de schematische weergave in figuur 1. Vanwege de speciale omstandigheden op de zeebodem (een temperatuur lager dan 4°C en een druk van meer dan 50 bar) is het methaanijs gevormd.

- 2p 7 Leg uit op microniveau (deeltjesniveau) waardoor methaan en water onder normale omstandigheden slecht mengen.

De verhouding tussen de methaanmoleculen en watermoleculen in methaanijs is 1 : 5 of 1 : 6, met een gemiddelde van 1,00 : 5,75. Methaanijs kan daarom worden weergegeven als $\text{CH}_4 \cdot 5,75 \text{H}_2\text{O}$.

- 2p **8** Bereken het massapercentage methaan in methaanijs.
- 3p **9** Bereken hoeveel dm^3 methaan ($p = p_0$, $T = 298 \text{ K}$) maximaal gewonnen kan worden uit $1,0 \text{ dm}^3$ methaanijs.
Gebruik de volgende gegevens:
- Het volume van een mol methaan ($p = p_0$, $T = 298 \text{ K}$) is $24,5 \text{ dm}^3$;
 - de dichtheid van methaanijs is $0,90 \text{ kg dm}^{-3}$.

Het is belangrijk dat bij de winning van methaan uit methaanijs geen methaan in de atmosfeer terecht komt omdat het een broeikasgas is. De mate waarin een bepaald soort broeikasgas bijdraagt aan het broeikaseffect wordt Global Warming Potential (GWP) genoemd. Zo heeft methaan een GWP van 25. Dat houdt in dat $1,00 \text{ kg}$ methaan 25 maal zoveel bijdraagt als $1,00 \text{ kg CO}_2$ aan het broeikaseffect in een periode van 100 jaar.

- 2p **10** Bereken hoeveel mol koolstofdioxide dezelfde bijdrage aan het broeikaseffect levert als $1,00 \text{ mol}$ methaan (in een periode van 100 jaar).

In tekstfragment 1 wordt methaan uit methaanijs beschreven als een groene brandstof. Monique en Koen bespreken deze aanduiding. Monique zegt: „De brandstof is CO_2 neutraal wanneer het aantal CO_2 moleculen dat de plaats van CH_4 moleculen inneemt, gelijk is aan het aantal CH_4 moleculen dat uit het methaanijs wordt gewonnen.” Koen zegt: „De winning van methaan uit methaanijs kan invloed hebben op het broeikaseffect. Ook wanneer het aantal CO_2 moleculen dat de plaats van CH_4 moleculen inneemt, gelijk is aan het aantal CH_4 moleculen dat uit het methaanijs wordt gewonnen.”

- 2p **11** Geef een argument dat Monique kan gebruiken om haar bewering te ondersteunen.
- 1p **12** Geef een argument dat Koen kan gebruiken om zijn bewering te ondersteunen.

Grondwaterreiniging

Vroeger werden in chemische wasserijen vooral chloorkoolwaterstoffen (CKW's) gebruikt om kleding te reinigen. CKW's zijn verbindingen van chloor, koolstof en meestal ook waterstof. Een voorbeeld van een CKW is de stof die wordt aangeduid met de naam tri.

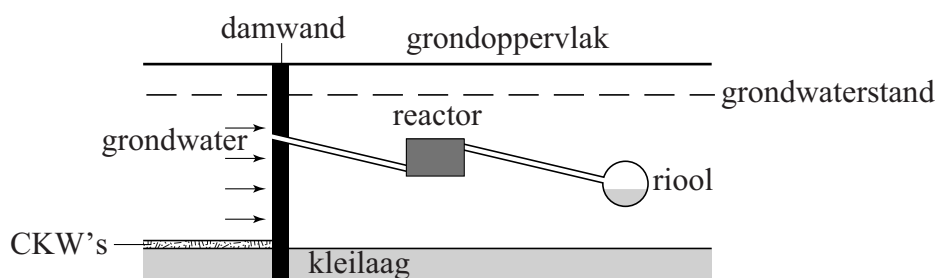
De molecuulformule van tri is C_2HCl_3 .

2p 13 Geef de structuurformule van tri.

In het centrum van Amersfoort, op de plaats waar enkele chemische wasserijen stonden, zijn grond en grondwater verontreinigd met CKW's. Op ongeveer 12 meter diepte bevindt zich op deze plaats een ondoordringbare kleilaag. Op deze kleilaag heeft zich een mengsel van vloeibare CKW's verzameld die in de grond waren gesijpeld.

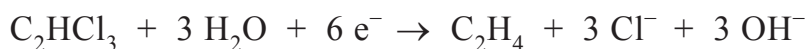
Hoewel CKW's niet goed oplosbaar zijn in water, is het grondwater toch verontreinigd met CKW's.

Er is een methode ontwikkeld om de CKW's uit het vervuilde grondwater te verwijderen. Dit gaat als volgt. Een damwand wordt in de bodem geplaatst tot in de ondoordringbare kleilaag. In deze wand zit een opening waardoor het vervuilde grondwater via een afvoerleiding naar een reactor wordt geleid. In de reactor die gevuld is met ijzerkorrels, vindt de reiniging van het vervuilde grondwater plaats. Het gezuiverde water wordt geloosd op het riool. Deze zuivering is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



De CKW's reageren in de reactor met het ijzer volgens redoxreacties. Hierbij ontstaan onder andere koolwaterstoffen en wordt ijzer omgezet tot ijzer(II)ionen.

Bij de reactie van C_2HCl_3 (tri) met ijzer kan de halfreactie van de oxidator als volgt worden weergegeven:



- 1p **14** Geef de vergelijking van de halfreactie van de reductor.

In het vervuilde grondwater zijn drie CKW's aanwezig die worden aangeduid met de namen tri, per en cis. Van deze CKW's zijn in tabel 1 enkele gegevens opgenomen ($1 \mu g = 1 \cdot 10^{-6} g$).

tabel 1

CKW	molecuulformule	gehalte in het vervuilde grondwater ($\mu g L^{-1}$)
tri	C_2HCl_3	2072
per	C_2Cl_4	2257
cis	$C_2H_2Cl_2$	928

Het grondwater stroomt met een snelheid van $20 m^3$ per dag door de reactor.

- 2p **15** Bereken het aantal gram CKW's dat per dag omgezet wordt in de reactor. Ga ervan uit dat de CKW's volledig worden omgezet.

Voor het ontwerp van de reactor is in een proefopzet van het reinigingsproces onder andere het volgende onderzocht:

onderzoek 1: Welk soort ijzerkorrels is geschikt?

onderzoek 2: Hoe groot moet de reactor zijn?

Bij onderzoek 1 onderzocht men twee soorten ijzerkorrels, afkomstig van verschillende leveranciers.

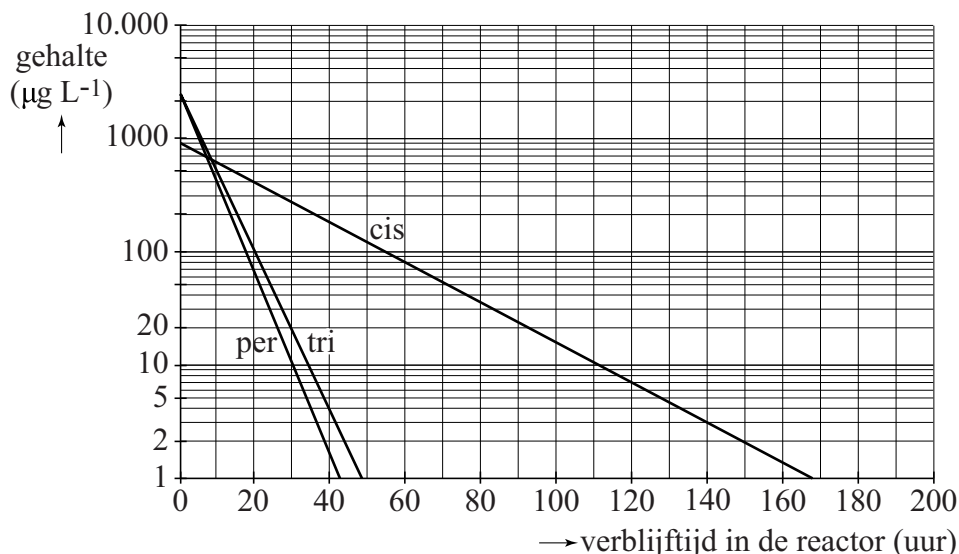
De twee soorten ijzerkorrels worden verder aangeduid met A en B.

Men vulde een kolom met A en een andere kolom met dezelfde massa van B. Door beide kolommen leidde men met gelijke stroomsnelheid het verontreinigde grondwater. Het grondwater dat uit de kolom met A kwam, bevatte geen CKW's meer. Uit de kolom met B kwam grondwater dat nog wel CKW's bevatte.

- 2p **16** Noem een mogelijk verschil tussen de ijzerkorrels A en de ijzerkorrels B waarmee het waargenomen verschil bij de grondwaterreiniging kan worden verklaard. Geef ook deze verklaring.

Bij onderzoek 2 gebruikte men een modelopstelling met het soort ijzerkorrels dat ook in de reactor zal worden toegepast. Bij dit onderzoek bepaalde men regelmatig de gehalten van de verschillende CKW's in het grondwater. De resultaten werden omgerekend naar de praktijk van de grondwaterreiniging. Deze (omgerekende) resultaten zijn weergegeven in diagram 1.

diagram 1

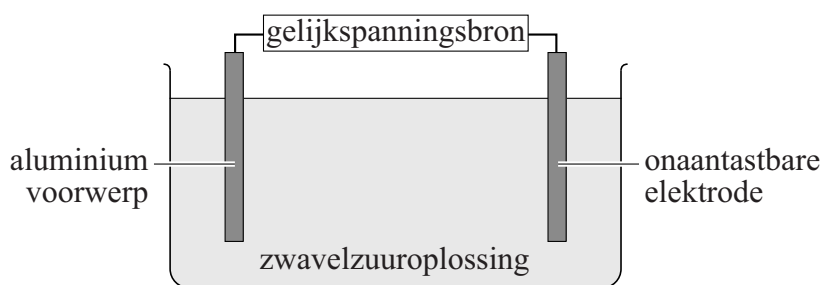


In dit diagram zijn de gehalten van de drie onderzochte CKW's uitgezet tegen de tijd die het grondwater in de reactor verblijft. Met behulp van diagram 1 kan de inhoud van de reactor worden berekend. Let op: voor de gehalten op de y-as is geen lineaire schaal gebruikt maar een zogenoemde logaritmische schaal. Het totale gehalte aan CKW's in grondwater, dat op het riool wordt geloosd, mag maximaal $20 \mu\text{g}$ per liter zijn ($1 \mu\text{g} = 1 \cdot 10^{-6} \text{g}$).

- 1p 17 Geef aan hoe uit diagram 1 blijkt dat cis langzamer met ijzer reageert dan tri en per.
- 2p 18 Bereken hoeveel m^3 de inhoud van de reactor minstens moet zijn. Ga er bij de berekening vanuit dat:
- het grondwater met een snelheid van $0,83 \text{ m}^3$ per uur (= 20 m^3 per dag) door de reactor stroomt;
 - het gehalte aan cis wordt verlaagd tot $20 \mu\text{g L}^{-1}$.

Aluminium beschermen

Een voorwerp van aluminium is weinig gevoelig voor corrosie. Dit wordt veroorzaakt door het laagje aluminiumoxide waarmee het voorwerp is bedekt. Dit laagje voorkomt corrosie van het onderliggende metaal. Om aluminium voorwerpen nog beter te beschermen tegen de inwerking van zuurstof en vocht, kan door middel van elektrolyse het laagje aluminiumoxide dikker gemaakt worden. In onderstaande figuur is deze elektrolyse schematisch weergegeven.



Het aluminium voorwerp is verbonden met een van de elektroden van een gelijkspanningsbron. De andere elektrode is een onaantastbare elektrode: het materiaal van deze elektrode neemt zelf geen deel aan de redoxreactie.

De halfreactie die plaatsvindt aan het aluminium voorwerp is hieronder weergegeven:

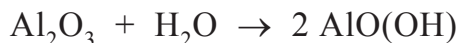


- 2p **19** Leg uit, aan de hand van deze halfreactie, of het aluminium voorwerp verbonden is met de positieve of met de negatieve elektrode.

Aan de onaantastbare elektrode wordt waterstofgas gevormd uit H^+ .

- 2p **20** Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de onaantastbare elektrode.
- 2p **21** Leg uit dat de hoeveelheid H^+ ionen in de oplossing niet verandert door de halfreacties die optreden aan de elektroden.

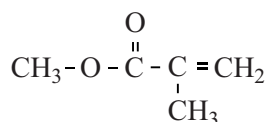
Wanneer het laagje Al_2O_3 dik genoeg is geworden, wordt het aluminium voorwerp uit de elektrolyse-opstelling gehaald, nagespoeld met water en in een bad met heet water gedompeld. Het beschermende laagje wordt daarbij harder doordat de volgende reactie optreedt:



- 2p **22** Leg uit, aan de hand van de formules in de reactievergelijking, of deze reactie een zuur-basereactie is.

MMA

Methylmethacrylaat (MMA) is een ontvlambare, kleurloze vloeistof. Het wordt op grote schaal geproduceerd voor het maken van polymethylmethacrylaat (PMMA, plexiglas). Hieronder staat de structuurformule van MMA.



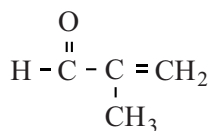
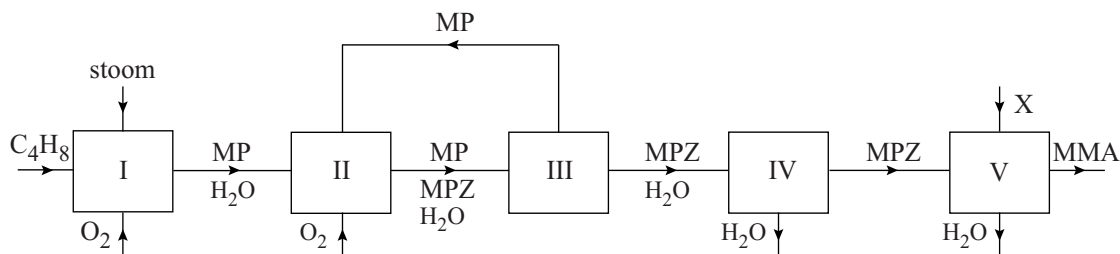
MMA

De polymerisatie van MMA tot PMMA is gebaseerd op additie.

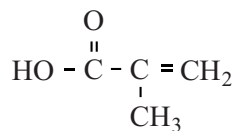
- 3p **23** Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van het polymeer PMMA. Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan.

De productie van MMA uit methylpropeen (C_4H_8) is hieronder in een blokschema weergegeven. In dit blokschema komen ook de stoffen voor die zijn weergegeven met MP en MPZ. Van deze stoffen zijn de structuurformules onder het blokschema weergegeven.

blokschema



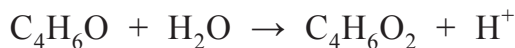
MP



MPZ

- 2p **24** Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt in reactor I in molecuulformules. De molecuulformule van MP is $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$.

In reactor II reageert MP met zuurstof onder invloed van een katalysator die op een vaste drager is aangebracht. Deze reactie is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie waarin MP (C_4H_6O) wordt omgezet tot MPZ ($C_4H_6O_2$) is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen en de coëfficiënten zijn weggelaten.



- 2p **25** Neem deze onvolledige vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

Niet alle MP wordt in reactor II omgezet tot MPZ.

- 2p **26** Geef twee mogelijke oorzaken voor de onvolledige omzetting van MP tot MPZ.

Zowel in ruimte III als in ruimte IV vindt een scheidingsproces plaats. In ruimte III wordt het ingeleide mengsel van gassen gekoeld. Hierdoor wordt MP (kookpunt $69^\circ C$) gescheiden van MPZ (kookpunt $161^\circ C$) en water. In ruimte IV worden MPZ en water gescheiden. Het aanzienlijke verschil tussen de kookpunten van MP en MPZ is voor een deel het gevolg van het verschil in molecuulmassa van deze stoffen.

- 2p **27** Leg uit, aan de hand van de structuurformules, welk ander verschil ervoor zorgt dat MPZ een hoger kookpunt heeft dan MP.

- 2p **28** Welke scheidingsmethode kan worden gebruikt in ruimte III en welke in ruimte IV?

Noteer je antwoord als volgt:

in ruimte III: ...

in ruimte IV: ...

In reactor V wordt MMA gevormd uit MPZ en stof X.

- 2p **29** Geef de structuurformule van stof X.

Geen gaatjes

Wat zou het mooi zijn: snoepen zonder dat je gebit wordt aangetast. In de toekomst is dat misschien mogelijk.

tekstfragment 1

Streptococcus mutans is een bacterie die aanwezig is in de mond. Deze bacterie, een belangrijke veroorzaker van tandbederf, zet sacharose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, om tot glucan, een polymeer van glucose. Deze omzetting vindt plaats door het enzym glucansucrase.

Glucansucrase zet eerst sacharose om tot glucose en fructose (reactie 1). Vervolgens zet hetzelfde enzym de vrijgekomen glucose om tot glucan (reactie 2).

De energie die vrijkomt bij reactie 1 wordt gebruikt voor reactie 2.

Glucan functioneert als een soort lijm bij de hechting van de bacterie aan het tandoppervlak.

De bacterie produceert ook melkzuur, $C_3H_6O_3$. Melkzuur kan reageren met hydroxyapatiet, $Ca_5(PO_4)_3OH$, het belangrijkste bestanddeel van tandglazuur. Daardoor kunnen gaatjes ontstaan.

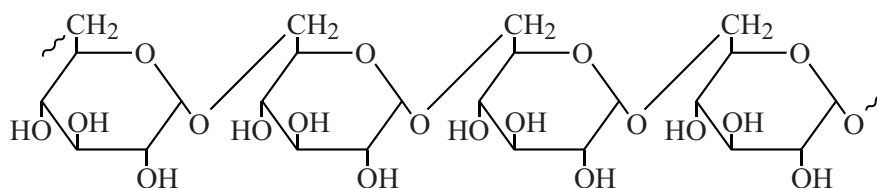
Aan de Rijksuniversiteit Groningen wordt onderzoek gedaan naar stoffen die de werking van glucansucrase remmen. Volgens professor Lubbert Dijkhuizen zou de remstof mogelijk in tandpasta en zelfs in snoep gestopt kunnen worden.

naar: www.wired.co.uk/news/tooth-decay-enzyme-identified

- 2p 30 Geef de vergelijking van reactie 1 in molecuulformules. Glucose en fructose zijn isomeren.

Hieronder is een fragment van de structuurformule van glucan weergegeven:

figuur 1

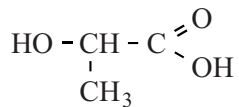


glucan

- 1p 31 Geef de naam van een bindingstype dat betrokken is bij de binding van glucanmoleculen onderling.

- 2p **32** Is reactie 2 een endotherme of een exotherme reactie? Licht je antwoord toe met behulp van een gegeven in tekstfragment 1.

Melkzuur is een zwak zuur met de volgende structuurformule:



melkzuur

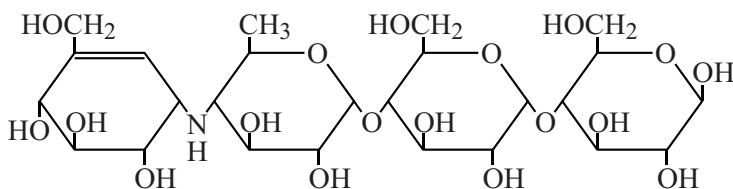
- 2p **33** Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat een melkzuuroplossing een pH heeft die kleiner dan 7 is. Noteer hierin melkzuur als $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.

Hydroxyapatiet, dat voorkomt in tandglazuur, is een zout dat bestaat uit drie ionsoorten.

- 1p **34** Geef de formule van een deeltje in hydroxyapatiet dat met een zuur kan reageren.

Acarbose is een stof die de werking van het enzym glucansucrase remt. De structuurformule van acarbose is hieronder weergegeven.

figuur 2



acarbose

De remmende werking die acarbose heeft op het enzym glucansucrase, is te verklaren doordat de molecuulbouw van acarbose (figuur 2) en van glucan (figuur 1) overeenkomsten vertonen maar ook verschillen. Tot de overeenkomsten behoort de opbouw uit monosacharide-eenheden.

- 3p **35** Noem drie verschillen tussen de molecuulbouw van acarbose en glucan.

De stof die glucansucrase remt, mag andere enzymen niet remmen. Dus ook niet het enzym amylase dat in speeksel voorkomt en zetmeel omzet tot glucose.

Of acarbose ook amylase remt, is onderzocht in enkele experimenten.

Daarbij wordt ook gebruikgemaakt van speeksel, een verdunde zetmeeloplossing en JJK. JJK is een geelbruine, jood-bevattende oplossing die met zetmeel blauw kleurt. De experimenten worden uitgevoerd in reageerbuizen bij een temperatuur van 37°C.

Van JJK worden enkele druppels toegevoegd 1 minuut nadat de overige stoffen bij elkaar zijn gevoegd.

Het onderzoek is in tabel 1 samengevat.

tabel 1

experiment	zetmeel-oplossing (mL)	acarbose-oplossing (mL)	speeksel (mL)	water (mL)	kleur na toevoegen JJK
1	5,00	-	-	5,00	blauw
2	5,00	-	1,00	4,00	geelbruin
3	5,00	1,00	1,00	3,00	blauw

- 1p **36** Geef aan dat uit de experimenten 1 en 2 blijkt dat zetmeel wordt omgezet onder invloed van speeksel.
- 2p **37** Leg uit of amylase in speeksel geremd wordt door acarbose.

Een persbericht sprak over de "uitschakeling van het tandbederf-veroorzakende enzym". Chemisch gezien is deze uitspraak onjuist.

- 3p **38** Beschrijf in het kort op chemisch juiste wijze hoe het tandbederf wordt tegengegaan wanneer het enzym wordt uitgeschakeld.