

Chemie Aktueel (school)examen havo-1



Thorium voor terroristen

Thorium voor terroristen

Thorium is zeer stabiel en is pas bruikbaar als je het omzet in uranium-233 via een neutronenbombardement, wat moet gebeuren in een speciaal afgeschermd opwerkingsfabriek omdat het bijproduct uranium-232 uiterst radioactief is. Je zou dus niet zo bang te hoeven zijn. Alleen zijn thorium, uranium en het tussenproduct protactinium verschillende elementen die verschillend reageren. Om zuiver uranium-233 in handen te krijgen, hoef je dus maar een klein beetje van je thorium om te zetten in protactinium-233. Vervolgens los je het mengsel op en laat je het protactinium weer neerslaan, waarna het verval tot uranium-233 helemaal vanzelf gaat. Voor dit proces heb je genoeg aan een neutronenbundel is een onderzoeksreactor die ook nog eens te zwak is om uranium-233 te laten ontstaan.

Bron: C2W

Als 'brandstof' voor kernenergie wordt meestal uranium gebruikt. Maar ook thorium is een mogelijke energiebron, maar wel een omstreden bron.

- 2p 1 Geef de kernsamenstelling van de op aarde voorkomende thoriumisotoop Th-232.

Th-232 wordt, ondanks dat het radioactief is, als redelijk stabiel betiteld.

- 2p 2 Leg uit waarom Th-232 als redelijk stabiel kan worden betiteld. De aarde is ongeveer 4,5 miljard jaar oud.

Een neutronenbombardement laat Th-232 overgaan in Pa-233.

- 3p 3 Geef de kernsamenstelling van Pa-233 en leg uit hoe Pa-233 uit Th-232 ontstaan zal zijn.

Pa-233 vervalt daarna tot U-233.

- 2p 4 Wat voor kernreactie is daarbij opgetreden? Licht je antwoord toe.

Aanzuren mest

Aanzuren mest

Het Groningse stalinrichtingsbedrijf Aanen Stal Totaal wil zwavelzuur gaan gebruiken voor het aanzuren van mest. Het zou een ammoniakreductie van 50 procent opleveren. Naast de ammoniakreductie heeft aanzuren van de mest nog een ander voordeel. Het levert een hoger stikstofgehalte in de mest op waardoor er minder kunstmest nodig is. Wel zal het land om de paar jaar bekalkt moeten worden om te voorkomen dat de bodem-pH te laag wordt.

Bron: Boerderij

De ammoniak zit voor een groot deel opgelost in de dunne mest.

- 3p 5 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als een zwavelzuuroplossing toegevoegd wordt aan de dunne mest.
- 2p 6 Leg uit dat hierdoor zowel de ammoniak uitstoot teruggedrongen wordt als dat het stikstofgehalte stijgt van de mest.

Bij aanzuren van de mest is bekalking van het bouwland om de paar jaar noodzakelijk. Kalk is calciumcarbonaat.

- 3p 7 Geef de vergelijking van de reactie die bij bekalking optreedt.

Om te weten of het bouwland bekalkt moet worden, moet je de pH van de bodem bepalen.

Bodem-pH

De bodem-pH kan bepaald worden door een bepaalde hoeveelheid 1,0 M KCl-oplossing. De KCl-oplossing werkt daarbij als een ionenwisselaar: alle gebonden en niet-gebonden H^+ -deeltjes worden uitgewisseld tegen K^+ -deeltjes.

- 4p 8 Stel een werkplan op om de bodem-pH te bepalen van landbouwgrond.

Fabriek zet CO_2 om in vaste stof

Fabriek zet CO_2 om in vaste stof

Het Amerikaanse Skyonic bouwt SkyMine, een fabriek die de koolstofdioxide van een nabijgelegen cementfabriek gaat omzetten in vaste mineralen. Skymine gaat per jaar 83.000 ton koolstofdioxide verwerken tot 160.000 ton bicarbonaat. In de fabriek wordt de koolstofdioxide behandeld met natronloog (door elektrolyse verkregen uit NaCl en water), waarbij natriumbicarbonaat (NaHCO_3), waterstof en chloor ontstaan.

Chloor en waterstof hebben hun eigen waarde, bijvoorbeeld als zoutzuur. Vast natriumbicarbonaat kan worden verkocht. De benodigde elektriciteit voor het proces wordt opgewekt met behulp van de warmte uit de vliegas van de cementfabriek.

Bron: Technisch Weekblad

In een cementfabriek wordt kalksteen, calciumcarbonaat, sterk verhit waarbij calciumoxide en koolstofdioxide ontstaan in een evenwichtsreactie.

- 3p 9 Geef de vergelijking van deze evenwichtsreactie.
3p 10 Laat via een berekening zien dat de reactie naar rechts endotherm is.

Bij verhoging van de temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts.

- 2p 11 Leg uit waarom het evenwicht bij verhoging van de temperatuur naar rechts verschuift.

SkyMine gaat de koolstofdioxide uit de emissie van de cementfabriek verwijderen. Hiertoe behandelt men de emissie met een NaOH oplossing waarbij natriumbicarbonaat gevormd wordt.

- 2p 12 Geef de juiste systematische naam voor natriumbicarbonaat.
2p 13 Geef de reactievergelijking van dit proces.

De benodigde natriumhydroxide, in de vorm van natronloog, wordt verkregen door elektrolyse van een keukenzoutoplossing. De twee nog niet kloppende halfreacties zijn:

Positieve elektrode: $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{e}^-$

Negatieve elektrode: $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}^-$

- 2p 14 Neem de halfreacties over en maak ze kloppend.

SkyMine wil jaarlijks 83.000 ton koolstofdioxide gaan verwerken tot 160.000 ton bicarbonaat.

- 3p 15 Laat via een berekening zien of er met bicarbonaat NaHCO_3 of HCO_3^- bedoeld wordt.

Ammoniak wordt groen

Ammoniak wordt groen

Op autoshow's wordt een prototype van een auto getoond die op vloeibare ammoniak als brandstof gebruikt. In feite zit er een aangepaste lpg-installatie in. De auto is CO₂-neutraal maar dan wordt vergeten dat de ammoniak bereid wordt via het Haber-Boschproces dat energetisch een hoog energieverbruik kent. Verder wordt aardgas als grondstof gebruikt.

De productie van ammoniak wordt groener als de productie verloopt via de *solid state ammonia synthesis* (SSAS). Dit proces maakt gebruik van een protondoorlatend membraan, met waterdamp aan de ene kant en lucht aan de andere kant. Over het membraan wordt een potentiaalverschil aangebracht waarna het water wordt gesplitst in zuurstof en protonen, die aan de andere kant van het membraan met stikstof uit de lucht reageren tot ammoniak. Het proces is veel energiezuiniger dan het Haber-Boschproces en er is geen CO₂-uitstoot als je gebruik maakt van duurzame elektriciteit.

Bron: C2W

Ammoniak wordt nog steeds grotendeels geproduceerd via het Haber-Boschproces. Hierbij reageren stikstof en waterstof onder hoge druk en een relatief hoge temperatuur in een evenwichtsreactie tot ammoniak.

- 3p 16 Geef de evenwichtsreactie voor deze vorming van ammoniak.
2p 17 Leg uit dat een hoge druk gunstig is voor de opbrengst aan ammoniak.

SSAS maakt gebruik van een protondoorlatend membraan. In het artikel worden de beide halfreacties beschreven die verlopen als een potentiaalverschil is aangebracht.

- 4p 18 Geef de kloppende halfreacties die er verlopen bij de SSAS-methode.

Het SSAS belooft een groenere productie van ammoniak mits gebruik wordt gemaakt van duurzame elektriciteit.

- 2p 19 Wat versta je onder duurzame elektriciteit?

Meetfout

Meetfout oorzaak hoge uitstoot DuPont

Een schoorsteen van DuPont blies meer hexafluorpropeen, HFP, uit dan mocht. Metingen in de 17,5 meter hoge schoorsteen van de extruder wezen uit dat de jaarlijkse uitstoot 46 ton HFP was en niet de door een model berekende 35 ton per jaar. Waarschijnlijk al sinds 2004 toen de laatste grote veranderingen in de grafiek zijn doorgevoerd. HFP is een freon, het schaadt de ozonlaag.

Gezondheidsrisico's heeft het niet teweeggebracht, nergens op het terrein is de *derived no-effect level*-concentratie van 150 $\mu\text{g m}^{-3}$ overschreden. Buurtbewoners zijn hooguit blootgesteld aan 3,0 $\mu\text{g m}^{-3}$. Het RIVM hanteert overigens een grenswaarde van 30 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Bron: C2W

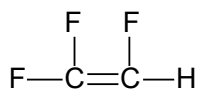
De stof HFP is een freon.

- 2p 20 Geef de structuurformule van een HFP-molecuul.

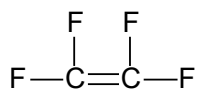
De stof HFP blijkt al langere tijd door het bedrijf DuPont in een te hoge concentratie uitgestoten te zijn.

- 2p 21 Bereken hoeveel procent de uitstoot hoger was dan was berekend volgens het model.
2p 22 Bereken hoeveel g HFP er per dag bij de te hoge uitstoot via de schoorsteen in het milieu terechtgekomen is.
2p 23 Bereken over hoeveel m³ de dagelijkse uitstoot van HFP verspreid zal zijn zodat nergens in de buurt de blootstelling hoger was dan 3 $\mu\text{g m}^{-3}$.

DuPont produceert ook de kunstrubber Viton, een terpolymeer van HFP, vinylideenfluoride en vinyltetrafluoride.



vinylideenfluoride



vinyltetrafluoride

- 2p 24 Geef de systematische namen van vinylideenfluoride en vinylhexafluoride.
- 2p 25 Welke overeenkomsten hebben de structuurformules van HFP, vinylideenfluoride en vinylhexafluoride?

Concepten met kernbegrippen

Atoombouw: kernsamenstelling, kernreactie, verval, halfwaardetijd;

Rekenen: molbegrip, molverhouding, gram naar mol v.v., percentage berekenen, gram per m³ berekenen;

Zouten: naamgeving;

zuur-base: reactie opstellen, pH-bepaling;

organische chemie: naamgeving, structuurformule opstellen, overeenkomsten in structuurformules;

reacties en evenwicht: reactiewarmte; evenwichtsreactie, endotherm, evenwichtsverschuiving;

divers: werkplan opstellen, duurzaamheid.

Thorium voor terroristen (bron: CA74)

- 1 Th-232: atoomnummer Th is 90 dus 90 protonen en 232-90 = 142 neutronen.
- 2 De halfwaardetijd van Th-232 is $1,4 \cdot 10^{10}$ jaar = 14 miljard jaar terwijl de aarde 4,5 miljard jaar oud is. $4,5/14 = 0,31$. Dus $0,31 \times 50\% = 16\%$ van de thorium is dan vervallen.
- 3 Pa-233 heeft als atoomnummer 91, dus 91 protonen en $233-91 = 142$ neutronen. Via de neutronenbundel is er 1 neutron ingevangen dat omgezet is in 1 proton (+ 1 elektron).
- 4 U-233: atoomnummer 92, dus 92 protonen en $233-92 = 141$ neutronen. Nogmaals is 1 neutron omgezet in 1 proton (+ 1 elektron).

Aanzuren mest (CA74)

- 5 $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$.
- 6 De $[\text{NH}_3]$ neemt af waardoor er minder kans is dat het als gas ontsnapt. Er blijft dus dan ook meer stikstof in de mest.
- 7 $\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$
- 8 Het werkplan moet zo geschreven zijn dat het controleerbaar is, dus bijvoorbeeld: weeg 5,0 g gedroogde grond in een erlenmeyer af. Voeg 100 mL 1,0 M KCl-oplossing toe en meng het geheel met een roerder gedurende 5 minuten. Filtreer het mengsel en meet met behulp van een pH-meter de pH van het filtraat.

Fabriek zet CO₂ om in vaste stof (CA75)

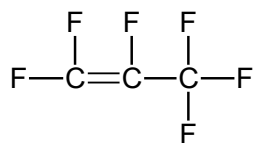
- 9 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$
- 10 $\Delta E = E_{\text{CaO}} + E_{\text{CO}_2} - E_{\text{CaCO}_3} = -6,35 \cdot 10^5 - 3,935 \cdot 10^5 + 12,08 \cdot 10^5 = +1,80 \cdot 10^5 \text{ J}$.
- 11 Bij een hoge temperatuur verschuift het evenwicht naar de endotherme kant, dus naar rechts.
- 12 Natriumwaterstofcarbonaat.
- 13 $\text{CO}_2 + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$
- 14 Positieve electrode: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$. Negatieve elektrode: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$.
- 15 $83.000 \text{ ton CO}_2 \equiv 83000/44,010 = 1,9 \cdot 10^3 \text{ tonmol}$. Dan ook $1,9 \cdot 10^3 \text{ tonmol NaHCO}_3$ of HCO_3^- . $1,9 \cdot 10^3 \text{ tonmol NaHCO}_3 \equiv 1,9 \cdot 10^3 \times 84,007 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ ton}$, dus het is NaHCO_3 .

Ammoniak wordt groen (CA75)

- 16 $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$.
- 17 Hoge druk: het evenwicht verschuift naar de kant van de minste gasdeeltjes dus naar rechts.
- 18 Positieve electrode: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.
Negatieve elektrode: $\text{N}_2 + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{NH}_3$.
- 19 Het moet dan wel gemaakt zijn uit een hernieuwbare energiebron zoals wind- of zonne-energie.

Meetfout (CA73)

20



21 Hoger $46 - 35 = 11$ ton. Percentage: $\frac{11}{35} \times 100\% = 31\%$.

22 46 ton per jaar = 46.000 kg = 46.000.000 g. Per dag dan $46.000.000/365,25 = 1,3 \cdot 10^5$ g.

23 Hoogstens $3 \mu\text{g m}^{-3}$. $1,3 \cdot 10^5 \text{ g} = 1,3 \cdot 10^{11} \mu\text{g}$, dus over $1,3 \cdot 10^{11}/3 = 4 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$.

24 trifluoretheen en tetrafluoretheen.

25 Ze hebben alle drie een C=C binding en het maximale aantal fluoratomen.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Kernsamenstelling		X					2
2	Th-232 en halfwaardetijd			X				2
3	Pa-233 + kernreactie			X				3
4	Kernreactie beschrijven			X				2
5	Reactievergelijking opstellen		X					3
6	Stikstofgehalte uitleg geven			X				2
7	Reactievergelijking opstellen		X					2
8	Werkplan beschrijven pH-bepaling grond				X			4
9	Reactievergelijking evenwicht opstellen			X				3
10	Berekening reactiewarmte			X				3
11	Evenwichtsverschuiving		X					2
12	Juiste naam NaHCO_3		X					2
13	Reactievergelijking opstellen		X					2
14	Halfreacties kloppend maken				X			2
15	Berekening van ton naar mol en v.v			X				3
16	Evenwichtsreactie opstellen			X				3
17	Verschuiving evenwicht en hoge druk			X				2
18	Kloppende halfreacties opstellen				X			4
19	Uitleg duurzame elektriciteit			X				2
20	Structuurformule opstellen		X					2
21	Berekening percentage			X				2
22	Berekening aantal g per dag			X				2
23	Berekening spreiding			X				2
24	Naamgeving organische moleculen		X					2
25	Overeenkomsten benoemen		X					2
								60

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{60} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. (TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen vwo-1

IJkgrafiek met gaten



IJkgrafiek met gaten

De tijd voor de laatste ijstijd, zo'n 12.000 jaar geleden, is fascinerend maar kent ook veel vragen. De moderne mens komt naar Europa en verdrijft de Neanderthaler, maar hoe lang leefden ze samen? Hoeveel interactie hadden zij?

De meest gebruikte methode om vondsten te dateren, de C-14 methode, was lange tijd niet nauwkeurig genoeg voor deze periode. Maar daar komt verandering in. In een Japans meer is een sedimentlaag van afgestorven algen aanwezig die een perfecte ijkgrafiek oplevert.

Hoe werkt de ijkmethode? In de atmosfeer bevinden zich naast de stabiele vormen C12 en C13 ook het radioactieve C14. Alle drie worden ze opgenomen door levende organismen. Als een plant of dier sterft, vervalt C14 met constante snelheid tot stikstof zonder dat er nieuwe C14 bijkomt. Door de hoeveelheid C14 te meten, is de ouderdom van een vondst te achterhalen. De methode werkt met materiaal dat maximaal 50.000 jaar oud is.

Bron: C2W Life Sciences

In de atmosfeer komt, naast de twee stabiele koolstofisotopen C12 en C13, ook het radioactieve C14 voor.

2p 1 Wat zijn isotopen?

Verbindingen van alle drie koolstofisotopen worden opgenomen door levende organismen zoals planten.

2p 2 Welk proces zorgt daarvoor?

Na het afsterven van het organisme neemt de hoeveelheid C14 daarin met constante snelheid af. C14 wordt daarbij omgezet in N14.

2p 3 Geef de kernsamenstelling van een C14 atoom en een N14 atoom.

2p 4 Wat voor kernreactie is daarbij in de kern van een C14 atoom opgetreden? Licht je antwoord toe.

De methode werkt met materiaal dat maximaal 50.000 jaar oud is. Dat heeft te maken met de halfwaardetijd van C14. De halfwaardetijd geeft aan na hoeveel tijd de helft van het radioactieve deeltjes vervallen is. De halfwaardetijd van C14 kun je in Binas tabel 25A vinden.

3p 5 Waarom werkt de methode niet langer dan tot 50.000 jaar oud?

Normaal gebruiken ze jaarringen van bomen als ijkgrafiek. Daarin wordt iets met een bekende ouderdom gelinkt aan de C14-concentratie op een bepaald moment in de geschiedenis.

1p 6 Leg uit waarom dit niet lukt tijdens een ijstijd.

Nooit meer naar de tandarts?

Nooit meer naar de tandarts?

Een extra glazuurlaagje over je tanden beschermt je gebit tegen gaatjes, beweren Japanse onderzoekers. Het laagje is gemaakt van hydroxyapatiet, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, net als tandglazuur. Of je door zo'n laagje nooit meer naar de tandarts hoeft, is onduidelijk. In principe kan het, net als tandglazuur, nog steeds aangetast worden door zuur. Dat ontstaat bijvoorbeeld bij het eten van suiker. Enzymen in je mond zetten sacharose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, om in glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, dat vervolgens omgezet wordt in melkzuur, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. Het zuur reageert met de hydroxide- en fosfaationen uit het basische hydroxyapatiet tot diwaterstoffosfaationen en water. Het glazuur wordt hierdoor steeds dunner waardoor bacteriën beter bij je tanden kunnen komen.

Bron: C2W Life Sciences

Een extra laagje hydroxyapatiet moet je tanden beter beschermen.

- 2p 7 Geef de systematische naam van de stof hydroxyapatiet.
2p 8 Leg uit dat dit een dubbelzout is.

De vorming van melkzuur kan aanleiding zijn tot aantasting van het glazuur. Het begint bij de afbraak van sacharose (suiker). Als eerste treedt daarbij de vorming van glucose op. In stap 2 wordt glucose omgezet in melkzuur.

- 3p 9 Geef de reactievergelijking voor de omzetting van sacharose in glucose.
2p 10 Geef de reactievergelijking voor de vorming van melkzuur.

Melkzuurzuurmoleculen splitsen voor een deel H^+ -ionen af die met de basische deeltjes in hydroxyapatiet een reactie aangaan.

- 3p 11 Geef de reactievergelijking als hydroxyapatiet met de H^+ -ionen reageert.
2p 12 Leg uit of ten gevolge van deze reactie de pH stijgt, daalt of gelijk blijft.

Waterstofmembraan

Waterstofmembraan

ECN onderzoekt de mogelijkheden van een nieuw waterstofmembraan om gasmengsels te scheiden. Het membraan is van een palladiumlegering gemaakt en is uitgetest in een Italiaanse proeffabriek om waterstof te scheiden van een gasmengsel dat ontstaat als je aardgas en stoom met elkaar laat reageren. Het nieuwe proces kost ook veel minder energie omdat de reactietemperatuur 600°C is, zo'n 300 graden lager dan normaal.

Bron: Chemie Magazine

In de proeffabriek in Italië laat men aardgas met stoom reageren. Hierbij ontstaan in een evenwichtsreactie waterstof en koolstofmono-oxide. Aardgas bevat als hoofdbestanddeel methaan.

- 3p 13 Geef de vergelijking van deze evenwichtsreactie.
3p 14 Laat via een berekening zien dat de reactie naar rechts endotherm is.

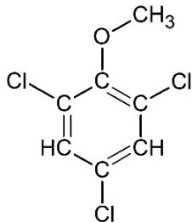
Bij verhoging van de temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts.

- 2p 15 Leg uit waarom het evenwicht bij verhoging van de temperatuur naar rechts verschuift.
2p 16 Leg uit dat bij gebruik van het membraan de reactie bij een lagere temperatuur toch voldoende opbrengst aan waterstof oplevert.

Kurk stinkt niet

KURK STINKT NIET

Wijn met kurk schakelt de reukorganen uit. Kurklucht komt voor bij flessen wijn met een kurken stop maar ook bij flessen met een schroefdop. Die kurklucht wordt voornamelijk veroorzaakt door TCA, 2,4,6-trichlooranisol. Micro-organismen kunnen deze stof maken uit chloorfenolen. Bekend was al dat een heel beperkte TCA-besmetting ertoe leidt dat de wijn juist helemaal nergens



meer naar smaakt en wetenschappers van de universiteit van Osaka, Japan, snappen waarom. Ze stelden losse geurreceptorcellen bloot aan TCA en ontdekten dat de CNG-ionkanalen in de celwand erdoor worden geblokkeerd. De receptorcel kan dan geen signaal meer doorgeven. Het effect is 100 tot 1000 keer sterker dan dat van de CNG-blokkeerders, waarmee parfumeurs wel eens geurcomponenten maskeren. Concentraties op attomolair niveau zijn al genoeg, wat alleen kan als elk TCA-molecuul veel kanalen tegelijk blokkeert.

Bron: C2W

Wijn met 'kurk(geur)' smaakt niet. De kurkgeur wordt voornamelijk veroorzaakt door de stof TCA, 2,4,6-trichlooranisol (zie structuur in artikel).

- 3p 17 Geef de systematische naam van TCA.

TCA werkt volgens het artikel in op de geurreceptoren.

- 2p 18 Leg uit of de beschrijving van deze werking op micro- of op macroniveau beschreven is..

Concentraties van TCA op attomolair niveau zijn al genoeg om het 'kurk'-effect te geven.

- 3p 19 Bereken hoeveel moleculen TCA je hebt in 100 mL als de TCA-concentratie 2,0 attomolair is.

Micro-organismen kunnen de stof TCA maken uit chloorfenolen.

- 2p 20 Welk chloorfenol zou daarbij als beginstof door micro-organismen omgezet kunnen worden in TCA? Licht je antwoord toe.

Flowreactor vult zonnecel

Flowreactor vult zonnecel

Onderzoekers van Oregon State University hebben ontdekt hoe je nanodeeltjes van koper-zink-tinsulfide (CZTS, $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$) gecontroleerd kunt laten uitkristalliseren. Met die kristallen denken ze koper-indium-gallium-diselenide (CIGS) te kunnen vervangen, een populair doch peperduur materiaal voor dunnefilmzonnecellen terwijl de ingrediënten voor CZTS juist spotgoedkoop zijn: koper(1)chloride, zinkchloride, tinchloridepentahydraat en thioacetamide ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$).

Bron: C2W

Met CZTS worden de nanodeeltjes van koperzinktinsulfide aangeduid.

- 3p 21 Geef de twee mogelijke ionenformules voor CZTS.

Grondstoffen voor de vorming van CZTS zijn onder meer tinchloridepentahydraat en thioacetamide.

- 3p 22 Noteer de formule van tinchloridepentahydraat.
2p 23 Geef de structuurformule van het thioacetamidemolecuul.
3p 24 Beschrijf de proef die je moet uitvoeren om te bewijzen dat tinchloridepentahydraat werkelijk een hydraat is. Geef ook de waarnemingen waarop je antwoord berust.

Concepten met kernbegrippen

Atoombouw: kernsamenstelling, isotopen, verval, halfwaardetijd;

Rekenen: halfwaardetijd, molbegrip, molariteit;

Binding en structuur: structuur afleiden uit molecuulformule;

Zout: naamgeving, dubbelzout, zoutformules, hydraat, aantonen water;

zuur-base: reactie opstellen, pH;

organische chemie: naamgeving, afleiden structuur;

reacties en evenwicht: reactiewarmte; evenwichtsreactie, endotherm, evenwichtsverschuiving;

biochemie: sacharose, glucose, melkzuur, reacties;

divers: membraan, micro-macro redeneren.

IJkgrafiek met gaten (CA73)

- 1 Isotopen zijn atomen met hetzelfde atoomnummer maar een verschillend massagetal. Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen.
- 2 Het fotosyntheseproces waarbij uit koolstofdioxide en water glucose en zuurstof gevormd worden.
- 3 C14: bevat 6 protonen en 8 neutronen. N14 bevat 7 protonen en 7 neutronen.
- 4 Er is dus 1 neutron omgezet in 1 proton waarbij tevens 1 elektron ontstaat die als straling wordt uitgezonden.
- 5 De halfwaardetijd van C14 is 5730 jaar. Na 50.000 jaar is de hoeveelheid C14 $50.000/5730 = 8,7$ x gehalveerd. Er is dan nog $0,5^{8,7} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ x de beginhoeveelheid over. Dat is zo weinig dat je dat niet met betrouwbare resultaten kunt weergeven.
- 6 Tijdens een ijstijd groeien er in dat gebied geen bomen.

Nooit meer naar de tandarts (CA73)

- 7 Calciumfosfaathydroxide of calciumhydroxidefosfaat.
- 8 Je hebt twee soorten negatieve ionen en één soort positieve ionen, dus je kunt het beschouwen als calciumfosfaat + calciumhydroxide.
- 9 Omzetting sacharose in glucose: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2 C_6H_{12}O_6$.
- 10 Omzetting glucose in melkzuur: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_6O_3$.
- 11 $Ca_5(PO_4)_3OH + 7 H^+ \rightarrow 5 Ca^{2+} + H_2O + 3 H_2PO_4^-$.
- 12 De basische deeltjes worden weggenomen en er ontstaan $H_2PO_4^-$ -ionen. Dit levert een zure oplossing op want K_z van $H_2PO_4^-$ is veel groter dan K_b van $H_2PO_4^-$. De pH zal dus dalen.

Waterstofmembraan (CA72)

- 13 $CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3 H_2$.
- 14 $\Delta E = E_{CO} - (E_{CH_4} + E_{H_2O}) = -1,105 \cdot 10^5 - (-0,75 \cdot 10^5 - 2,42 \cdot 10^5) = +2,07 \cdot 10^5$ J (per mol CH_4). Plusteken dus endotherm.
- 15 Bij verhoging van de temperatuur krijgt de endotherme reactie de overhand. De reactie naar rechts is endotherm.
- 16 Je haalt tijdens de reactie steeds het gevormde waterstof weg waardoor het evenwicht steeds meer naar rechts verschuift en er dus meer waterstof ontstaat.

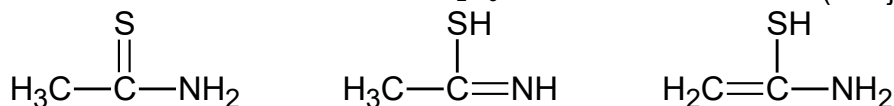
Kurk stinkt niet (CA75)

- 17 2,4,6-trichloor-1-methoxybenzeen.

- 18 De beschrijving is op deeltjesniveau dus op microniveau.
- 19 $2,0 \text{ attomolair} = 2,0 \cdot 10^{-18} \text{ molair}$. In $100 \text{ mL} = 0,100 \text{ L}$ dan $2,0 \cdot 10^{-19} \text{ mol TCA}$. Dan dus $2,0 \cdot 10^{-19} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,2 \cdot 10^5$ deeltjes.
- 20 2,4,6-trichloorfenol want bij de vorming van TCA wordt dan de OH-groep omgezet in OCH_3 -groep.

Flowreactor vult zonnecel (CA75)

- 21 CZTS heeft als formule $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$. Het koperion kan $1+$ of $2+$ zijn, het zinkion $2+$ en het tinion $2+$ of $4+$. Het sulfideion is $2-$. Vier sulfide-ionen dan samen $8-$, dus totale pluslading dan $8+$. Mogelijke combinaties zijn daarbij of 2 Cu^+ , 1 Zn^{2+} en 1 Sn^{4+} , of 2 Cu^{2+} , 1 Zn^{2+} en 1 Sn^{2+} .
- 22 Tinchloridepentahydraat: Het tin-ion kan hierbij dus zowel $2+$ als $4+$ geladen zijn, dus formule is $\text{SnCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ of $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- 23 Thioacetamide heeft als formule $\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$. De structuurformule (met juiste covalenties):



De structuur links is de juiste structuur, de andere twee zijn isomeren van thioacetamide met een andere naam. Leerlingen kennen echter de naam thio en acetamide niet dus de juiste andere twee structuurformules ook goed rekenen.

- 24 Doe wat van de stof in een reageerbuis, verhit de reageerbuis en leid de damp over gekoeld wit koper(II)sulfaat, dit zal na reactie met water blauw kleuren.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Uitleg isotopen		X					2
2	Fotosynthesereactie		X					2
3	Kernsamenstelling		X					2
4	Kernreactie			X				3
5	Uitleg grens aan methode C14-datering				X			3
6	Uitleg geen bomen in ijstijd		X					1
7	Naamgeving zout		X					2
8	Uitleg dubbelzout			X				2
9	Reactievergelijking sacharose naar glucose		X					3
10	Reactievergelijking glucose naar melkzuur		X					2
11	Zuurbasereactie			X				3
12	Uitleg over verandering pH				X			2
13	Opstellen evenwichtsreactie		X					3
14	Berekening reactiewarmte uit vormingswarmten		X					3
15	Uitleg verschuiving evenwicht bij temperatuursverandering		X					2
16	Uitleg werking membraan				X			2
17	Systematische naam organisch molecuul			X				3
18	Uitleg over micro of macro			X				2
19	Berekening aantal moleculen uit molariteit			X				3
20	Uitleg welke mogelijke uitgangsstof				X			2
21	Mogelijke ionenformules CZTS			X				3
22	Juiste formule hydraat		X					3
23	Structuurformule thioacetamide				X			2
24	Uitleg proefje om water aan te tonen			X				3
								58

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{58} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen havo-6

Kern van de aarde



Kern van de aarde bevat 90% van al het zwavel op aarde

De kern van de aarde bevat 8.500.000.000.000.000.000 ton zwavel. Dit beweren wetenschappers in een paper in het wetenschappelijke blad *Geochemical Perspectives Letters*. Als dit klopt, dan bevindt 90% van al het zwavel op aarde zich in de kern.

Het is lastig om de kern van de aarde te onderzoeken, omdat de kern op een diepte van 2900 kilometer begint. Toch zijn er indirecte manieren om te achterhalen hoe het binnenste van onze planeet eruitziet. Wetenschappers hebben de verdeling van koperisotopen in meteorieten vergeleken met de verdeling in stenen in de mantel van de aarde. Koper bindt zich vaak aan zwavel, dus de aanwezigheid van koper verraadt dat er ook zwavel te vinden is. Het koper in de mantel weegt 0,025% meer dan het koper in de meteorieten. Waar zijn de lichte koperisotopen gebleven?

In het paper beweren wetenschappers dat lichte koperisotopen na het ontstaan van de aarde zijn afgedaald naar de kern van de aarde, waar het koper – samen met zwavel, zuurstof en ijzer – een dikke laag vormde. Deze laag is vele kilometers dik en bevat 8,5 triljoen ton zwavel.

“Dit is een duidelijk bewijs dat vloeibaar zwavel miljarden jaren geleden naar de kern van de aarde zonk”, vertelt onderzoeker Paul Savage van de universiteit van Durham. “In de kern bevindt zich 8,5 triljoen ton zwavel, dat is ongeveer 10% van het totale gewicht van de maan.”

Bron: www.scientias.nl

‘Koper bindt zich vaak aan zwavel’ staat in het artikel.

- 2p 1 Geef de formules van twee voorbeelden van koper-zwavel verbindingen.

Bij het onderzoek is de verhouding van de koperisotopen in verschillend mantelgesteente zoals lavageesteente geanalyseerd en vergeleken met de verhouding van de koperisotopen in meteorietgesteentes. Algemeen wordt aangenomen dat de aarde ontstaan is uit meteorieten. Hieruit blijkt dat er uit de gesteenten in de aardmantel lichte koperisotopen moeten zijn verdwenen.

- 2p 2 Wat versta je onder isotopen?

- 3p 3 Leg uit waarom het feit dat er 0,025 massa % meer koper in de aardmantel zit dan in de meteorieten betekent dat er lichte isotopen zijn verdwenen.

De gemiddelde dichtheid van de aarde is $5,515 \text{ kg m}^{-3}$. Van de aardmantel is de dichtheid $3,000 \text{ kg m}^{-3}$.

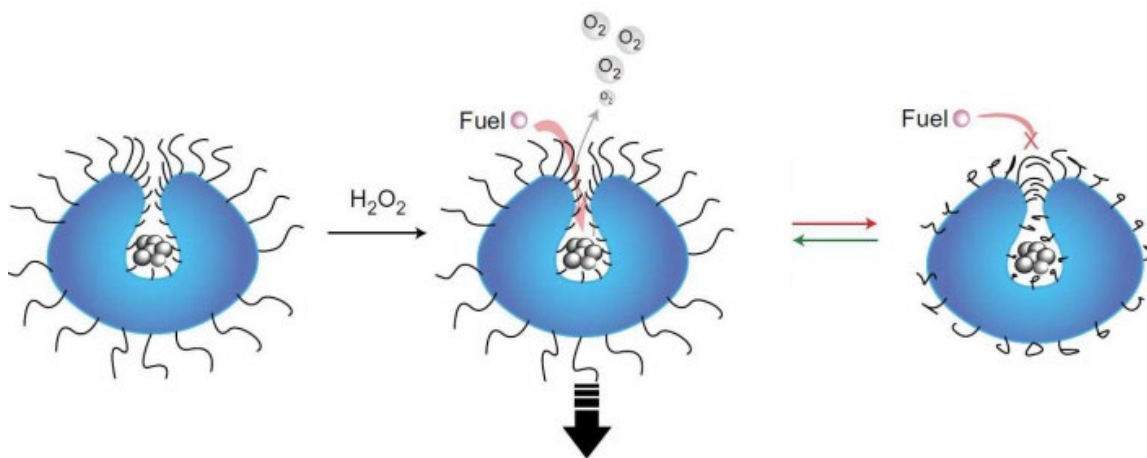
- 3p 4 Leg uit of hieruit volgt dat de lichte isotopen uit de aardmantel kunnen zijn verdwenen met als gevolg de grotere dichtheid van de kern ten opzichte van de mantel.

Tot nu toe was aangenomen dat er zich in de kern van de aarde geen zwavel bevond omdat zwavel een element is met een lage atoommassa en een laag kookpunt.

- 3p 5 Geef de redenering die de onderzoekers hebben gegeven om aan te tonen dat er zich wel zwavel in de kern moet bevinden.

Nanoraket met rem

Nanoraket met rem



Binnenin stop je een platina-nanodeeltje. Aan het water, waarin het raketje moet bewegen, voeg je waterstofperoxide toe. Dat dringt het kommetje binnen, waarna het platina de ontleding katalyseert. Een van de producten is gasvormige zuurstof, dat via de opening ontsnapt en het raketje de andere kant op duwt.

Tot nu toe kon je de snelheid alleen regelen via de waterstofperoxideconcentratie, maar Wilson en collega's hebben iets beters bedacht. Via *atom transfer radical polymerization* (ATRA) zetten ze zeer nauw gedefinieerde borstelhaartjes op het oppervlak van de stomatocyten. Die haartjes bestaan uit poly-*N*-isopropylacrylamide (PNIPAM), en die stof is temperatuurgevoelig: beneden een bepaalde temperatuur (ergens rond de 35 °C) staan de haartjes stijf op het oppervlak, boven die temperatuur worden ze slap.

Boven die temperatuur gaan bovendien de hydrofobe eigenschappen van PNIPAM de hydrofiele eigenschappen overheersen. In een waterige oplossing betekent dit dat de slappe polymeerketens elkaar opzoeken. De opening van de stomatocyten raakt hierdoor fysiek verstopt, er kan geen waterstofperoxide meer naar binnen en het raketje valt stil.

In Nijmegen hopen ze zulke nanoraketjes ooit te kunnen gebruiken voor het transport van geneesmiddelen in het menselijk lichaam. Voorlopig zijn ze daar nog lang niet voor geschikt, maar het nu gepresenteerde remsysteem lijkt er op zich wel bruikbaar voor.

bron: *Nature Chemistry*

Geneesmiddelen zouden ooit door het lichaam getransporteerd kunnen worden met behulp van nanoraketjes. De voortstuwing van de nanoraketjes is het gevolg van de uitstoot van zuurstof. Deze zuurstof ontstaat door ontleding van waterstofperoxide. Daarbij ontstaat ook water.

- 3p 6 Geef de reactievergelijking voor de ontleding van waterstofperoxide.
2p 7 Hoe komt het dat in het kommetje de ontleding veel sneller plaatsvindt dan erbuiten?

Remmen door middel van de temperatuur

De onderzoekers in Nijmegen hebben borstelhaartjes op het oppervlak van het raketje aangebracht om de snelheid van de raketjes te regelen. Op een bepaald moment remt het raketje af tot een snelheid nul.

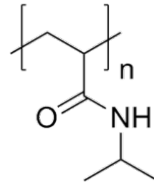
- 2p 8 Leg uit hoe het komt dat het raketje dan gaat afremmen.

Er wordt gesproken over hydrofiel en hydrofoob.

- 2p 9 Leg uit of je met de termen hydrofiel en hydrofoob op microniveau of op macroniveau bezig bent.

Thermoresponsief gedrag

Poly-(*N*-isopropylacrylamide)



Poly-(*N*-isopropylacrylamide) of **PNIPAM** is een thermoresponsief polymeer, wat betekent dat de eigenschappen van het polymeer snel en reversibel veranderen bij een temperatuursverandering.

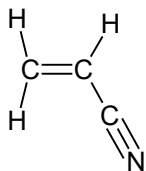
PNIPAM heeft een zogenaamde LCST (Lower Critical Solution Temperature of onderste kritische oplossingstemperatuur): onder deze temperatuur is het in water oplosbaar en erboven niet. Onder de LCST overheerst het hydrofiel karakter: de polymeerketens zijn uitgerekt en er zijn waterstofbruggen tussen watermoleculen en de hydrofiel groepen in de polymeerketens. Boven de LCST worden de waterstofbruggen verbroken en gedragen de polymeerketens zich hydrofoob. Ze gaan opkrullen en het polymeer slaat uit het oplosmiddel neer.

Synthese

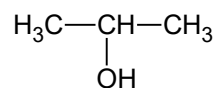
Het monomeer van PNIPAM is *N*-isopropylacrylamide, dat wordt geproduceerd door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.

Bron: Wikipedia

De stof *N*-isopropylacrylamide ontstaat door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.



acrylonitril



isopropylalcohol

- 2p 10 Geef de systematische naam voor isopropylalcohol.
2p 11 Teken de structuurformule van het monomeer *N*-isopropylacrylamide.

Het polymeer poly-*N*-isopropylacrylamide heeft een hydrofobe en een hydrofiel kant.

- 2p 12 Neem de structuur over en geef aan welk deel hydrofiel en welk deel hydrofoob is.
2p 13 Welk extra type binding ontstaat bij de hydrofiel kant van het polymeer? Licht toe.

Superkatalysator

Superkatalysator zet CO₂ om in CO

Scheikundigen van de University of Delaware schrijven in *Nature Communications* dat ze een katalysator van nanoporeus zilver hebben ontwikkeld die drieduizend maal actiever is dan polykristallijn zilver bij het omzetten van koolstofdioxide (CO₂) in koolstofmonoxide (CO).

Het nanoporeuze zilver dankt de extreem hoge activiteit aan zijn grote interne oppervlak. De katalysator heeft een rendement van 92 %. Ook het voltage dat nodig is om de reactie op gang te brengen is aanzienlijk lager.

Feng Jiao, een van de auteurs, zegt dat het selectief omzetten van CO₂ naar CO een belangrijke stap is naar de ontwikkeling van schone, synthetische brandstoffen.

Bron: Technisch Weekblad

Aan de University of Delaware hebben scheikundigen een katalysator van nanoporeus zilver ontwikkeld. De nieuwe katalysator van nanoporeus zilver is 3000x actiever dan de traditionele van polykristallijn zilver bij het omzetten van CO₂ in CO.

- 2p 14 Wat is de functie van een katalysator?
2p 15 Wat is het voordeel van het poreus zijn van de katalysator?

De nieuwe katalysator moet de omzetting van CO₂ in CO activeren. Het selectief omzetten van CO₂ in CO is een belangrijke stap voor de ontwikkeling van schone, synthetische brandstoffen. Bij de omzetting reageert CO₂ met waterstof tot CO en waterdamp.

- 3p 16 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.
3p 17 Leg uit of deze reactie endotherm of exotherm is. Licht je antwoord toe met een berekening.

Of het totaalproces als groen betiteld kan worden is van een aantal factoren afhankelijk.

- 2p 18 Welke argumenten kun je noemen waarom het totaalproces groen is?
2p 19 Welke argumenten kun je noemen waarom het totaalproces niet (volledig) groen is?

Warmte in kalk

Warmte in kalk

Het Duitse onderzoeksinstituut DLR nam deze week een installatie in gebruik die het mogelijk maakt warmte op te slaan in kalksteen.

Het 'thermal energy storage system' is het Duitse antwoord op het vraagstuk hoe we restwarmte uit de industrie efficiënter kunnen benutten.

Kalk zou ideaal zijn, omdat het middels een chemische reactie warmte voor onbepaalde tijd kan opslaan. Als je warmte toevoert aan gebluste kalk (calciumdihydroxide), ontstaat middels een endotherme reactie onder meer calciumoxide. Als je stoom toevoert aan het mengsel, komt de als chemische energie opgeslagen warmte met een krachtige exotherme reactie weer vrij.

DLR werkt momenteel aan het opschalen van de techniek, en het zodanig aanpassen dat de installatie gemakkelijk kan worden gekoppeld aan bestaande industriële processen.

Bron: www.technischweekblad.nl

In het artikel gebruikt de auteur van het artikel de onjuiste naam calciumdihydroxide voor de stof met formule Ca(OH)₂.

- 2p 20 Leg uit waarom de naam calciumdihydroxide tegen de afspraken van naamgeving is en noteer de juiste chemische naam van $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Uit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ontstaat bij verwarming naast calciumoxide ook water.

- 3p 21 Noteer de vergelijking van de reactie die optreedt als je aan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ warmte toevoert.
- 3p 22 Controleer met een berekening met gegevens uit Binas tabel 57A of de reactie inderdaad endotherm is.
- 3p 23 Teken het energiediagram voor dit proces. Geef in dit energiediagram ook de reactie energie aan die je in vraag 22 berekend hebt.

Het omgekeerde proces treedt op wanneer de opgeslagen warmte vrij komt..

- 2p 24 Leg uit of je hier te maken hebt met een duurzaam proces.

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: atomeconomie, *E*-factor;

Energie: bron/drager,

redox: oxidatiereactie;

organische chemie: furaan, HMF, FDCA, polyester;

industriële chemie: van idee tot product, groene chemie, atomeconomie, *E*-factor

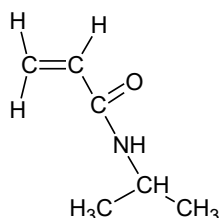
divers: groene waterstof, ammoniak.

Zwavelgehalte in kern aarde (1510-09)

- 1 CuS, Cu₂S.
- 2 Isotopen zijn atomen met in de kern hetzelfde aantal protonen en een verschillend aantal neutronen of met hetzelfde atoomnummer, maar een verschillend massagetal.
- 3 Er zit meer koper in de gesteentes uit de aardmantel, terwijl je hetzelfde hoeveelheid koper zou verwachten. Dan moet er een verschil zijn in de verhouding van de isotopen. Er zijn twee isotopen bekend van Cu die in de natuur voorkomen: Cu-63 en Cu-65. Dan moeten er van Cu-63 atomen verdwenen zijn, zodat er meer Cu-65 is overgebleven en het massapercentage is toegenomen.
- 4 De scheiding in kern en mantel is ontstaan toen de aarde bestond uit één vloeibare bol. Je zou verwachten dat de deeltjes met grotere massa naar de kern zijn afgedaald. Dus de grotere dichtheid van de kern kan geen verklaring zijn, want het zijn juist de lichtere isotopen die 'afgedaald' zijn
- 5 De waarneming dat er koper is verdwenen uit de mantel, is vergeleken met de samenstelling van meteorieten waaruit de aarde oorspronkelijk is ontstaan. Koper maakt verbindingen met zwavel. Het koper is afgedaald naar de kern, samen met het zwavel. Er moet zich dus zwavel in de kern bevinden.

Nanoraketje met rem (1704-01)

- 6 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.
- 7 In het kommetje zit platina dat als katalysator functioneert.
- 8 Bij de hogere temperatuur gaan de haartjes/de polymere uitstekels platliggen en klitten waardoor er geen waterstofperoxide meer door de opening naar binnen kan stromen. Dit gedrag wordt veroorzaakt doordat er geen H-bruggen meer met water gevormd kunnen worden. Het hydrofobe karakter overheerst dan.
- 9 Het geeft een stofeigenschap aan dus op macroniveau.
- 10 Propaan-2-ol.
- 11



- 12 Hydrofiel: de C=O groep en de NH-groep. Hydrofoob: de rest van het molecuul.
- 13 H-bruggen tussen de H-atomen van de NH-groep en de O-atomen van water en de C=O groep met de H-atomen van water.

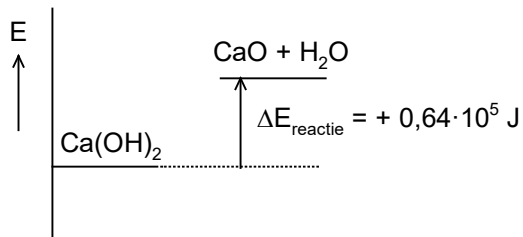
Superkatalysator zet CO₂ om in CO (1408-02)

- 14 Een katalysator versnelt de reactie zonder daarbij verbruikt wordt.

- 15 Poreus betekent dat er gemakkelijk gassen doorheen kunnen en dat het een zeer groot aanrakingsoppervlak heeft.
- 16 Reactie: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.
- 17 Reactiewarmte = ontledingswarmte CO_2 + vormingswarmte CO + vormingswarmte $\text{H}_2\text{O(g)}$ dus $+393,5 \text{ kJ} - 110,5 \text{ kJ} - 242 \text{ kJ} = +41 \text{ kJ}$, dus endotherm.
- 18 Het rendement is zeer hoog dus weinig afval, je gebruikt hernieuwbare grondstoffen.
- 19 Je gebruikt zilver als katalysator, niet alle grondstoffen zijn hernieuwbaar.

Warmte in kalk (1604-09)

- 20 Ca(OH)_2 is een zout en bij die naamgeving gebruik je geen telwoorden als di. De juiste chemische naam is calciumhydroxide.
- 21 $\text{Ca(OH)}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{CaO} (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- 22 $\Delta E = (9,85 - 6,35 - 2,86) \cdot 10^5 \text{ J} = +0,64 \cdot 10^5 \text{ J}$. Het is inderdaad een endotherme reactie
- 23



- 24 Ja, want het $\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ kan steeds opnieuw gebruikt worden.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Formules koper-zwavelverbindingen		X					2
2	Uitleg wat isotopen zijn		X					2
3	Uitleg waarom lichte isotopen verdwenen zijn				X			3
4	Uitleg oorzaak-gevolg				X			3
5	Redenering met conclusie				X			3
6	Reactievergelijking opstellen			X				3
7	Katalyse		X					2
8	Uitleg werking			X				2
9	Micro of macro			X				2
10	Systematische naam geven			X				2
11	Structuurformule afleiden			X				2
12	Hydrofiel/hydrofoob			X				2
13	Waterstofbruggen			X				2
14	Functie katalysator		X					2
15	Voordeel poreus zijn katalysator			X				2
16	Reactievergelijking opstellen			X				3
17	Berekenen reactiewarmte			X				3
18	Argumenten wel groen proces				X			2
19	Argumenten niet groen proces				X			2
20	Foutieve naam voor zout			X				2
21	Reactievergelijking opstellen			X				3
22	Reactiewarmte berekenen			X				3
23	Energiediagram tekenen			X				3
24	Uitleg duurzaam proces			X				2
								57

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{57} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen vwo-6



Zuurstofgehalte

Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren

De aarde is 4,6 miljard jaar oud. Ergens tussen 4 en 3,5 miljard jaar geleden ontstonden de eerste bacteriën. Meercellige dieren evolueerden 'pas' 650 miljoen jaar geleden. Geologen en evolutiebiologen vermoeden dat dit komt door een gebrek aan zuurstof. Maar hoe zuurstofarm de atmosfeer precies was varieerde per berekening tussen 0,2 en 5 procent zuurstof. Een team van Amerikaanse geologen komt nog veel lager uit: de atmosfeer zou miljarden jaren lang slechts 0,02% zuurstof bevat hebben. Zij bepaalden dit lage niveau aan de hand van chroom-isotopen. Geoxideerd chroom bevat vaker de zware isotoop dan niet geoxideerd chroom. De geologen bepaalden chroomverhoudingen in steen- en schalielagen over de hele wereld.

Bron: NRC

Een team van Amerikaanse geologen kwam tot een nog lager zuurstofpercentage dan in eerdere berekeningen was gevonden. Zij schatten het zuurstofpercentage 2,5 miljard geleden op 0,02%. Zij gebruikten daartoe chroomisotopen.

In Binas staan slechts twee isotopen van chroom vermeld met een percentage van voorkomen op aarde.

- 2p 1 Leg uit dat dit niet de enige twee natuurlijk voorkomende isotopen op aarde zullen zijn.
- 2p 2 Geef de kernsamenstelling van beide genoemde op aarde voorkomende isotopen van chroom.

Verder zoeken levert op dat de isotoop Cr-50 voor 4,341% op aarde voorkomt. Cr-50 heeft een halfwaardetijd van $1,8 \cdot 10^{17}$ jaar.

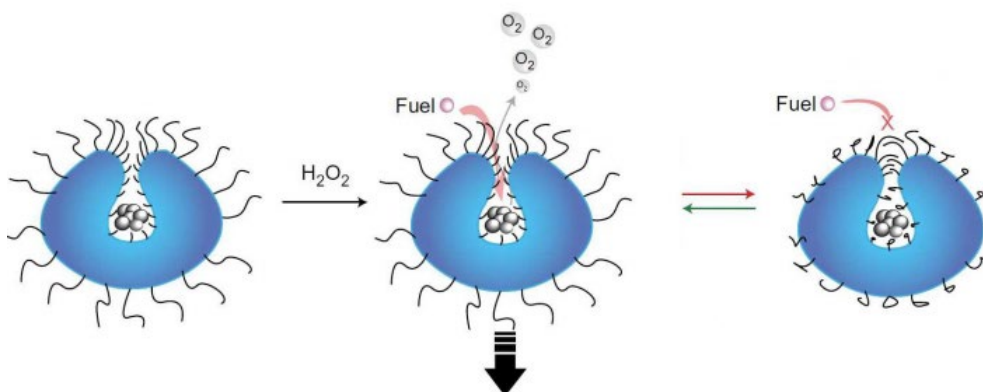
- 2p 3 Leg uit dat de hoeveelheid Cr-50 als een vaste waarde beschouwd kan worden. Betrek in je antwoord de leeftijd van de aarde.

Geoxideerd chroom bevat vaker de zwaardere chroomisotoop dan niet-geoxideerd chroom.

- 2p 4 Welke chroomoxiden is/zijn mogelijk? Licht je antwoord toe met behulp van Binas tabel 40A.
- 3p 5 Leg uit hoe de Amerikaanse geologen tot hun conclusie over het zuurstofpercentage gekomen zijn.

Nanoraket met rem

Nanoraket met rem



Binnenin stop je een platina-nanodeeltje. Aan het water, waarin het raketje moet bewegen, voeg je waterstofperoxide toe. Dat dringt het kommetje binnen, waarna het platina de ontleding katalyseert. Een van de producten is gasvormige zuurstof, dat via de opening ontsnapt en het raketje de andere kant op duwt.

Tot nu toe kon je de snelheid alleen regelen via de waterstofperoxideconcentratie, maar Wilson en collega's hebben iets beters bedacht. Via *atom transfer radical polymerization* (ATRA) zetten ze zeer nauw gedefinieerde borstelhaartjes op het oppervlak van de stomatocyten. Die haartjes bestaan uit poly-*N*-isopropylacrylamide (PNIPAM), en die stof is temperatuurgevoelig: beneden een bepaalde temperatuur (ergens rond de 35 °C) staan de haartjes stijf op het oppervlak, boven die temperatuur worden ze slap.

Boven die temperatuur gaan bovendien de hydrofobe eigenschappen van PNIPAM de hydrofiële eigenschappen overheersen. In een waterige oplossing betekent dit dat de slappe polymeerketens elkaar opzoeken. De opening van de stomatocyten raakt hierdoor fysiek verstopt, er kan geen waterstofperoxide meer naar binnen en het raketje valt stil.

In Nijmegen hopen ze zulke nanoraketjes ooit te kunnen gebruiken voor het transport van geneesmiddelen in het menselijk lichaam. Voorlopig zijn ze daar nog lang niet voor geschikt, maar het nu geïmplementeerde remsysteem lijkt er op zich wel bruikbaar voor.

bron: *Nature Chemistry*

Geneesmiddelen zouden ooit door het lichaam getransporteerd kunnen worden met behulp van nanoraketjes. De voortstuwing van de nanoraketjes is het gevolg van de uitstoot van zuurstof. Deze zuurstof ontstaat door ontleding van waterstofperoxide. Daarbij ontstaat ook water.

- 3p 6 Geef de reactievergelijking voor de ontleding van waterstofperoxide.
2p 7 Hoe komt het dat in het kommetje de ontleding veel sneller plaatsvindt dan erbuiten?

Remmen door middel van de temperatuur

De onderzoekers in Nijmegen hebben borstelhaartjes op het oppervlak van het raketje aangebracht om de snelheid van de raketjes te regelen. Op een bepaald moment remt het raketje af tot een snelheid nul.

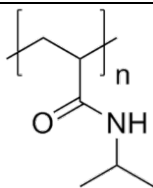
- 2p 8 Leg uit hoe het komt dat het raketje dan gaat afremmen.

Er wordt gesproken over hydrofiel en hydrofoob.

- 2p 9 Leg uit of je met de termen hydrofiel en hydrofoob op microniveau of op macroniveau bezig bent.

Thermoresponsief gedrag

Poly-(*N*-isopropylacrylamide)



Poly-(*N*-isopropylacrylamide) of **PNIPAM** is een thermoresponsief polymeer, wat betekent dat de eigenschappen van het polymeer snel en reversibel veranderen bij een temperatuursverandering.

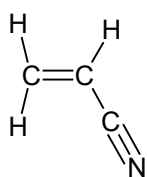
PNIPAM heeft een zogenaamde LCST (Lower Critical Solution Temperature of onderste kritische oplossingstemperatuur): onder deze temperatuur is het in water oplosbaar en erboven niet. Onder de LCST overheerst het hydrofiele karakter: de polymeerketens zijn uitgerekt en er zijn waterstofbruggen tussen watermoleculen en de hydrofiele groepen in de polymeerketens. Boven de LCST worden de waterstofbruggen verbroken en gedragen de polymeerketens zich hydrofoob. Ze gaan opkrullen en het polymeer slaat uit het oplosmiddel neer.

Synthese

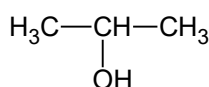
Het monomeer van PNIPAM is *N*-isopropylacrylamide, dat wordt geproduceerd door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.

Bron: Wikipedia

De stof *N*-isopropylacrylamide ontstaat door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.



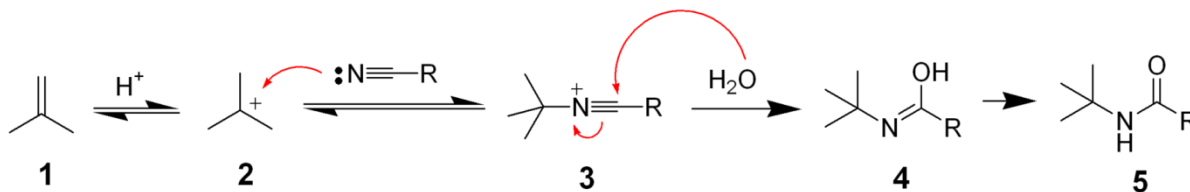
acrylonitril



isopropylalcohol

- 2p 10 Geef de systematische naam voor isopropylalcohol.
 2p 11 Teken de structuurformule van het monomeer *N*-isopropylacrylamide.

De synthese van *N*-isopropylacrylamide vindt plaats via de zogenoemde Ritterreactie. In onderstaande reeks reacties is de Ritterreactie weergegeven voor de reactie van methylpropeen met acrylonitril waarbij de R-groep de C=C binding is.



- 3p 12 Geef het mechanisme van de Ritterreactie op dezelfde manier weer als niet methylpropeen maar isopropylalcohol gebruikt wordt.

Een mechanisme zoals hierboven weergegeven wordt, is een schematische weergave.

- 4p 13 Beschrijf met behulp van Lewisstructuren het mechanisme van de Ritterreactie tussen acrylonitril en isopropylalcohol.
 2p 14 Leg uit dat het H^+ deeltje in de reeks reacties als katalysator optreedt.

Het polymeer poly-*N*-isopropylacrylamide heeft een hydrofobe en een hydrofiele kant.

- 2p 15 Neem de structuur over en geef aan welk deel hydrofiel en welk deel hydrofoob is.
 2p 16 Welk extra type binding ontstaat bij het hydrofiele kant van het polymeer? Licht toe.

Perovskiet maakt waterstof

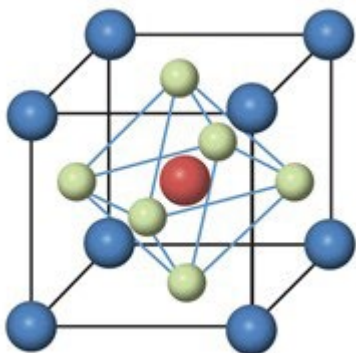
PEROVSKIET MAAKT WATERSTOF

Combineer perovskietzonnecellen met elektrodes van goedkope metalen, en je kunt met zonne-energie water splitsen met maar liefst 12,3% rendement bij een stroomdichtheid van 10 mA/cm^2 . Dat perovskiet op basis van $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ zet zonlicht om in elektriciteit met een rendement van 15,7% en genereert potentiaalverschillen van ruim één volt, zodat je maar twee cellen in serie hoeft te zetten om water te kunnen splitsen. De elektrolysecel bevat elektrodes van nikkel-schuim, gecoat met nikkelhydroxide waar wat ijzer doorheen is aangebracht.

Bron: C2W

De beschreven perovskietzonnecel bevat het mineraal $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Dit perovskiet is uit drie ionsoorten opgebouwd.

‘Perovskiet’ is de verzamelnaam voor mineralen waarvan de kristalstructuur overeenkomt met die van calciumtitaanaat, CaTiO_3 . Een paar jaar geleden werd ontdekt dat organometalhalideperovskieten, zoals $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, zonlicht kunnen omzetten in een elektrische stroom met een efficiëntie die dicht tegen die van silicium aan zit. Sindsdien gelden perovskieten als de grote belofte op het gebied van zonnecellen.



Perovskietstructuur uit methylammonium (blauw, donkergrijs op hoekpunten kubus), lood (rood, grijs centraal atoom in het midden) en jodide (groen, lichtgrijs)

Bron: C2W

- 2p 17 Geef de formules van de ionen waaruit dit perovskiet is opgebouwd.

De energieopbrengst van de perovskietzonnecel is in het artikel beschreven.

- 2p 18 Bereken hoeveel ampère een oppervlakte van 10 m^2 van dit soort perovskietzonnecellen oplevert.

De geproduceerde stroom wil men gebruiken om water te ontleden.

- 4p 19 Geef de beide halfreacties die in de elektrolysecel plaatsvinden.
2p 20 Leid uit de halfreacties de totaalvergelijking af. Laat zien hoe je aan je antwoord komt.
2p 21 Leg uit dat twee perovskietzonnecellen juist voldoende spanning leveren om de ontleding van water te kunnen laten plaatsvinden. Gebruik in je antwoord gegevens uit Binas.

Spanning en stroomsterkte hebben elk een eigen functie in het proces.

- 2p 22 Licht deze uitspraak toe.

In het artikel staan zowel het rendement van de perovskietzonnecellen als van het overall proces vermeld.

2p 23 Bereken hieruit het rendement van de elektrolyse van water in de elektrolysecel.

Beide elektroden in de elektrolysecel zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.

2p 24 Wat is de functie van elk van de stoffen in de elektroden? Licht je antwoord toe.

2p 25 Waarom heeft men de elektrode in de vorm van een schuim toegepast?

**(onderwerpen: atoombouw; isotopen; katalyse;
hydrofiel/hydrofoob; reactiemechanisme;
Lewisstructuren; elektrolyse; organische chemie)**

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: aantal ampère, rendement

Atoombouw: atoomnummer, massagetal, isotopen

Binding en structuur: H-bruggen, macroniveau, hydrofiel

Reactiemechanisme: Lewisstructuren, katalysator

Energie: drager/bron; groen; energie-inhoud

redox: elektrolyse; halfreacties; potentiaal

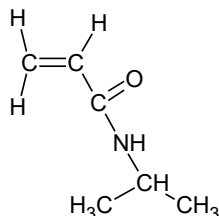
organische chemie: structuurformules, naamgeving

Zuurstofgehalte (1504-07)

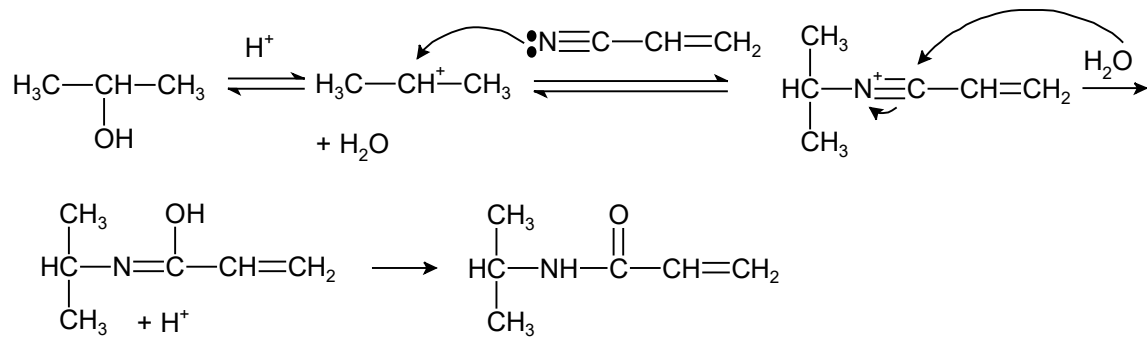
- 1 Het is samen slechts 93,3%, dus geen 100%.
- 2 Cr-52: 24 protonen en 28 neutronen; Cr-53: 24 protonen en 29 neutronen.
- 3 De halfwaardetijd is $1,8 \cdot 10^{17}$ jaar, terwijl de aarde 4,6 miljard jaar oud is dus $4,6 \cdot 10^9$ jaar. In die periode is een verwaarloosbare fractie van Cr-50 omgezet.
- 4 Een chroomion heeft alleen lading $3+$, dus formule Cr_2O_3 .
- 5 Ze vergeleken de verhouding chroomisotopen in chroom en in chroomoxide in diverse gesteentes. En ze bepaalden de ouderdom van de gesteentelaag waarin die chroomisotopen gevonden werden.

Nanoraketje met rem (1704-01)

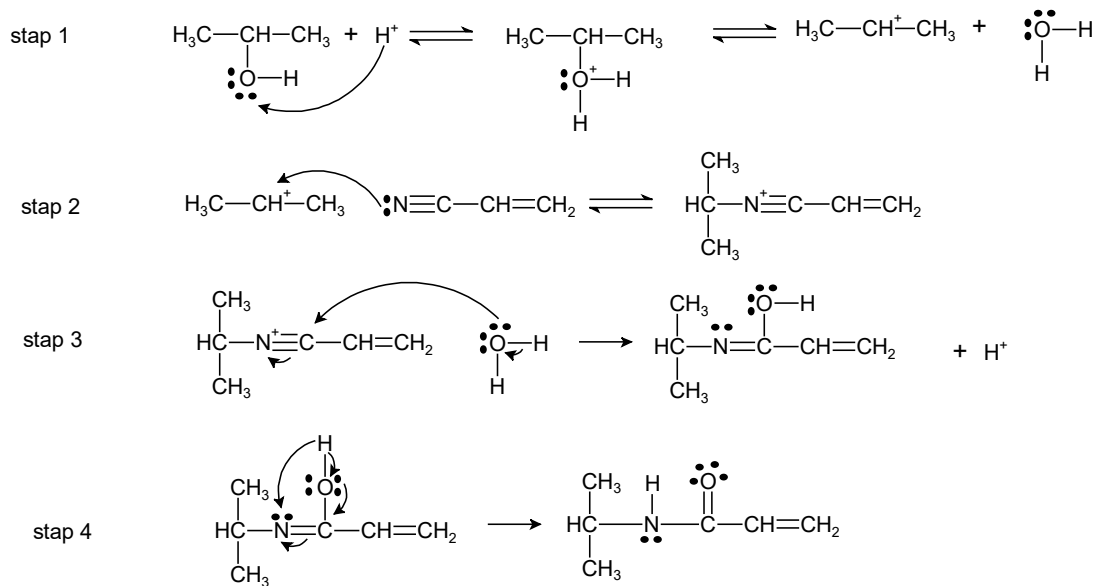
- 6 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.
- 7 In het kommetje zit platina dat als katalysator functioneert.
- 8 Bij de hogere temperatuur gaan de haartjes/de polymere uitsteeksels platliggen en klitten waardoor er geen waterstofperoxide meer door de opening naar binnen kan stromen. Dit gedrag wordt veroorzaakt doordat er geen H-bruggen meer met water gevormd kunnen worden. Het hydrofobe karakter overheerst dan.
- 9 Het geeft een stofeigenschap aan dus op macroniveau.
- 10 Propaan-2-ol.
- 11



12



13



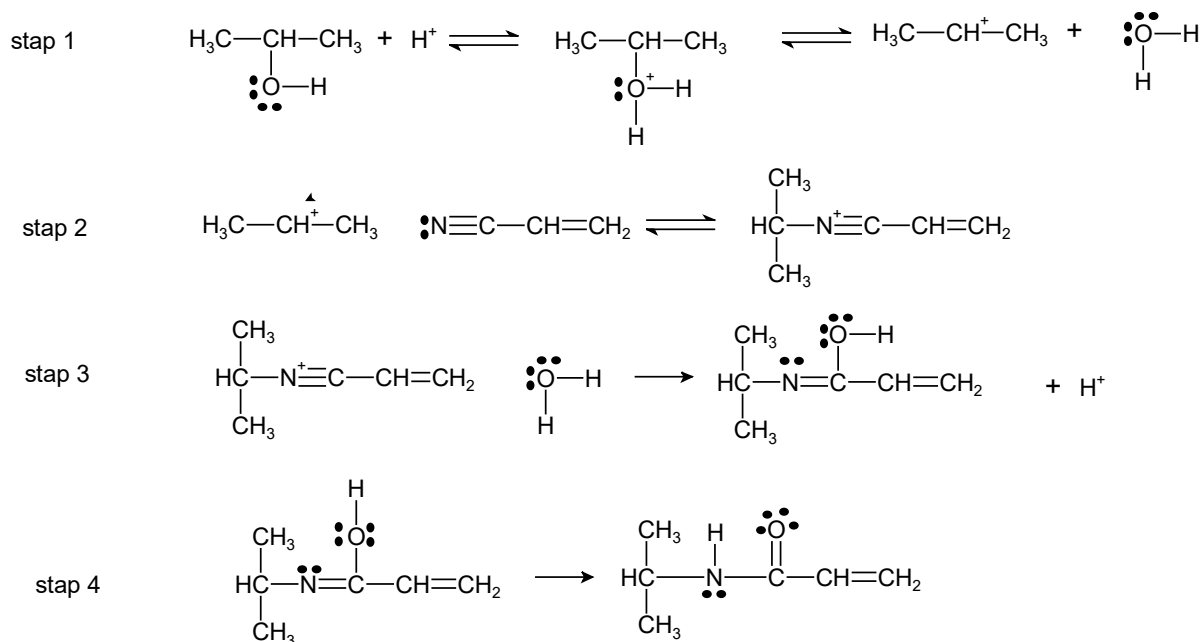
14 In de eerste stap wordt H^+ opgenomen maar bij de reactie met water komt die H^+ weer vrij: wel gebruikt maar niet verbruikt.

15 Hydrofiel: de $\text{C}=\text{O}$ groep en de NH -groep. Hydrofoob: de rest van het molecuul.

16 H-bruggen tussen de H-atomen van de NH -groep en de O-atomen van water en de $\text{C}=\text{O}$ groep met de H-atomen van water.

Opmerkingen

Mocht u in plaats van opgave 13 de stappen willen geven en naar de elektronenverplaatsingen vragen, dan kunt u in de tekst/bijlage ode volgende figuur opnemen.



Perovskiet maakt waterstof (1504-08)

- 17 Uit CH_3NH_3^+ , Pb^{2+} , en I^- ionen. Of in woorden: methylammonium-, lood(II)- en jodide-ionen.
- 18 Stroomdichtheid is 10 mA per cm^2 . Een oppervlak van 10 m^2 is 10^5 cm^2 . Dus dat levert $10 \times 10^5 = 10^6 \text{ mA} = 10^3 \text{ A}$.
- 19 Aan + elektrode: $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$, aan – elektrode: $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$.
- 20 $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$ 1x
 $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$ 2x
 $6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ OH}^-$ met vervolgens $4 \text{ H}^+ + 4 \text{ OH}^- \rightarrow 4 \text{ H}_2\text{O}$.
 Reactievergelijking: $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$.
- 21 Twee zonnecellen leveren ruim twee volt. Het verschil in elektrodepotentiaal dat overwonnen moet worden is $1,23 - (-0,83) = 2,06 \text{ V}$.
- 22 De potentiaal is nodig om de tegenspanning te overwinnen, de stroomsterkte is nodig om de energie te leveren.
- 23 Rendement overall is 12,3%, rendement zonnecel is 15,7%. Dus het rendement van de elektrolyse is $12,3/15,7 \times 100\% = 78\%$.
- 24 Het nikkel en het ijzer dienen als geleidend materiaal voor de elektronenstroom, het nikkelhydroxide dient als katalysator.
- 25 Een schuim heeft een veel groter aanrakingsoppervlak dan een blok metaal. Hierdoor kan de cel meer waterstof leveren in dezelfde tijd.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Isotopen		X					2
2	Kernsamenstelling		X					2
3	Halfwaardetijd			X				2
4	Formules chroomoxiden			X				2
5	Analyse en conclusie				X			3
6	Reactievergelijking opstellen			X				3
7	Katalyse		X					2
8	Uitleg werking			X				2
9	Micro of macro			X				2
10	Systematische naam geven			X				2
11	Structuurformule afleiden			X				2
12	Mechanisme geven			X				3
13	Mechanisme met Lewisstructuren en elektronen				X			4
14	Katalyse			X				2
15	Hydrofiel/hydrofoob			X				2
16	Waterstofbruggen			X				2
17	Formules ionen geven		X					2
18	Berekening aantal ampère		X					2
19	Halfreacties elektrolyse			X				4
20	Totaalvergelijking afleiden			X				2
21	Potentiaal berekenen			X				2
22	Uitleg stroomsterkte en spanning			X				2
23	Rendement elektrolyse berekenen			X				2
24	Functies elektrodemateriaal			X				2
25	Reactieoppervlak			X				2
								57

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{57} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)



Chemie Aktueel (school)examen havo-5

Groen gassen

Groen Gassen

De wereld van vandaag draait op olie, koren, gas en kernenergie. Oké, en wat biomassa, waterkracht en zonne- en windenergie. Maar de wereld van morgen? Misschien draait die wel op waterstof.

Stoom komt terug

Je kunt niet, zoals bij olie of steenkool, boren of graven naar waterstof. Het moet geproduceerd worden. Een rondleiding door een tankstation van energiebedrijf Vattenfall laat zien dat dat midden in de stad Hamburg kan. Een 'elektrolyser' jaagt groene stroom door water, dat daardoor splitst in waterstof en zuurstof. De zuurstof verdwijnt in de lucht, de waterstof gaat in de tank. Tien liter water levert een kilo waterstof op, een volgetankte auto rijdt weg met vijf kilo.

Het omgekeerde proces vindt plaats in de motor. Onder de koffiebekerhouder ligt een 'brandstofcel'. Zuurstof en waterstof worden daarin weer bij elkaar gebracht, en daardoor ontstaan water en elektrische stroom. Die stroom drijft vervolgens de elektromotor van de auto aan, het water verdwijnt in de vorm van stoom. De tank zit binnen een paar minuten vol, zo blijkt tijdens een eerste waterstoftankbeurt. Volgens het boekje zou de Toyota Mirai nu weer meer dan 600 kilometer vooruit moeten kunnen, praktijktests leren dat het eerder 500 is. Ook prima.

Bron: Quest

De beschreven auto "rijdt op waterstof". Waterstof is een energiedrager, geen energiebron zoals bijvoorbeeld aardgas.

- 2p 1 Leg het verschil uit tussen een energiebron en een energiedrager.

Waterstof kan gemaakt worden door elektrolyse van water.

- 2p 2 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

De gevormde waterstof kan alleen groen genoemd worden als aan een bepaalde eis voldaan is.

- 2p 3 Welke eis is dat?

Volgens het artikel kan uit 10 liter water 1 kilo(gram) waterstof geproduceerd worden.

- 3p 4 Laat via een berekening zien of dit juist is.

De beschreven auto heeft een elektromotor. Waterstof wordt in deze auto niet in de automotor verbrand maar in een brandstofcel. In een brandstofcel ontstaat daarbij elektriciteit.

- 2p 5 Geef de vergelijking van de reactie van waterstof die daarin optreedt.

- 2p 6 Leg uit dat hiermee een kringloop doorlopen is.

Suikers, het nieuwe zwarte goud

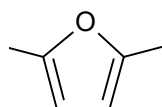
SUIKERS, HET NIEUWE ZWARTE GOUD

Een kansrijke richting is furanen uit suikers. Het bekendste voorbeeld is Synvina. In Antwerpen bouwt deze joint venture tussen het duurzame-chemiebedrijf Avantium en BASF een 300 miljoen euro kostende fabriek voor de jaarlijkse productie van maximaal 50.000 ton furaandicarbonzuur. Ook de Nederlandse melkzuurfabrikant Corbion zet zwaar in op deze biobased tegenhanger van plastic.

Het proces houdt in dat de suikers die aanwezig zijn in biomassa worden omgezet naar furanen. Hier kunnen vervolgens bio-aromaten van worden gemaakt, zoals fenolen en ftalaten, die onder meer in plastics, coatings en smeermiddelen komen. De markt voor producten gemaakt van aromaten is – met jaarlijks 90 miljoen ton – groot en groeiende.

Bron: Chemie Magazine

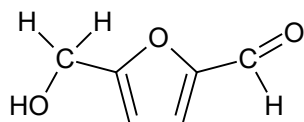
Enkele Nederlandse bedrijven willen op grote schaal furanen gaan maken. Furanen hebben als kenmerkend onderdeel in hun molecuulstructuur het fragment in figuur 1.



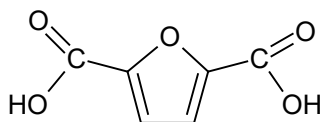
Figuur 1 Kenmerkend molecuulfragment in furanen

Je kunt furanen maken uit suikers, die je onder andere kunt winnen uit biomassa. Een eenvoudige suiker is glucose.

De melkzuurfabrikant Corbion zet suikers, zoals glucose en zetmeel, eerst om in hydroxymethylfurfural, HMF, waar na fermentatie FDCA uit ontstaat. FDCA staat voor furaandicarboxylic acid (furaandicarbonzuur). De structuurformule van een HMF molecuul en die van een FDCA molecuul staan in figuur 2.



HMF



FDCA

Figuur 2

- 2p 7 Geef de molecuulformules van glucose, HMF en van FDCA.
- 2p 8 Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de vorming van HMF uit glucose.

Vergelijk de structuurformules van HMF en FDCA.

- 2p 9 Leg uit dat de omzetting van HMF in FDCA een oxidatiereactie genoemd mag worden.
- 3p 10 Geef ook de reactievergelijking in molecuulformules van de omzetting van HMF met zuurstof in FDCA.

Om vanuit een idee in het laboratorium een product voor “de markt” te ontwikkelen moet men een aantal stappen doorlopen.

- 2p 11 Welke stappen worden in de industrie doorlopen van idee tot markt?

Het bedrijf Synvina bouwt een fabriek waar jaarlijks 50.000 ton FDCA geproduceerd gaat worden. FDCA wordt gebruikt als grondstof voor de productie van de nieuwe plastic PEF. De grondstof is de suikerbiet. Suikerbieten bevatten zo'n 15 tot 20 massa% sacharose. Sacharose kan door hydrolyse omgezet worden in de suikers glucose en fructose. Beide suikers (monosachariden) kunnen omgezet worden in HMF.

- 3p 12 Geef de totaalvergelijking van het proces van suikerbiet tot FDCA in molecuulformules.
- 3p 13 Bereken hoeveel ton suikerbieten nodig zijn voor de productie van 50.000 ton FDCA. Ga uit van een suikergehalte van 16% van de suikerbiet.

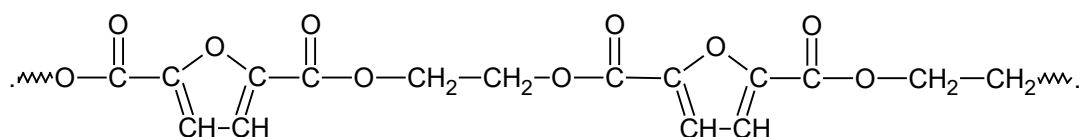
Het afval van de suikerbiet is geen echt afval want het kan volledig gebruikt worden als veevoer. Je kunt dus uitgaan van de suiker als grondstof.

- 3p 14 Bereken de atomeconomie van het totale proces van suiker tot FDCA.
- 3p 15 Bereken de *E*-factor van het totale proces van suiker tot FDCA.

Op milieugebied is het van belang dat er zo weinig mogelijk afval ontstaat, dus dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag is.

- 2p 16 Licht toe dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag moet zijn om zo weinig mogelijk afval te laten ontstaan.

Een veelbelovend product van de furaanchemie is PEF, een polyester. Een stukje uit de keten van deze polyester staat weergegeven in figuur 3.



Figuur 3

- 2p 17 Leg uit welke twee grondstoffen nodig zijn voor de productie van PEF.
- 2p 18 Neem het getekende stukje van de polyesterketen uit figuur 3 over en omlijn hierin de estergroepen.

Productie van waterstof

PRODUCTIE VAN WATERSTOF VIA ELEKTROLYSE

Waterstof is een veelgebruikte chemische grondstof die vrijwel volledig uit aardgas wordt gewonnen. Elektrolyse van water met duurzame elektriciteit daarentegen levert 'fossielvrije' waterstof. Via power-2-hydrogen maakt de Georg Olah- plant in IJsland, verbonden met de Svartsengi energiecentrale, jaarlijks 5 miljoen liter methanol en recyclet 5500 ton CO₂ uit rookgas. Van waterstof is ook methaan te maken na reactie met CO₂, of ammoniak na reactie met stikstof. Deze opties worden vaak gepresenteerd onder de noemer *power-to-gas*. Zo wil Nuon in de Eemshaven overtollige elektriciteit omzetten in ammoniak. In tijden van tekort aan duurzame elektriciteit kan de ammoniak dan weer benut worden in de Magnum-gascentrale. Maar ammoniak is ook te gebruiken als chemische grondstof, bijvoorbeeld voor de productie van CO₂-neutrale kunstmest. De ammoniak-route wordt uitgewerkt in het *power-2-ammonia*-project, geïnitieerd door ISPT (het Nederlandse instituut voor duurzame procestechnologie). VoltaChem is een van de projectpartners.

Bron: *Chemisch Magazine*

Waterstof is een veel gebruikte chemische grondstof die vrijwel volledig uit aardgas gemaakt wordt. Hiertoe laat men aardgas (methaan) reageren met stoom tot koolstofdioxide en waterstof.

- 3p 19 Geef de vergelijking van de daarbij optredende reactie.
2p 20 Beschrijf een manier om beide reactieproducten van elkaar te scheiden.

Een alternatief proces om waterstof te bereiden is elektrolyse van water.

- 2p 21 Leg uit wat voor type reactie een elektrolyse is.
2p 22 Leg uit waarom elektrolyse van zuiver water niet mogelijk is.

Van waterstof kan door reactie met stikstof ammoniak geproduceerd worden.

- 3p 23 Geef de vergelijking van de daarbij optredende reactie.

Het bedrijf Nuon in de Eemshaven wil overtollige elektriciteit gebruiken om ammoniak te produceren. In tijden van tekort aan duurzame elektriciteit kan de ammoniak als brandstof weer benut worden in de Magnum-gascentrale.

- 3p 24 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt waarbij onder andere NO ontstaat.

Ook kan ammoniak gebruikt worden voor de productie van CO₂-neutrale kunstmest zoals ammoniumnitraat dat gevormd wordt uit ammoniak en salpeterzuur.

- 2p 25 Geef de reactievergelijking van de productie van ammoniumnitraat.

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: atoomeconomie, *E*-factor;

Energie: bron/drager,

redox: oxidatiereactie;

organische chemie: furaan, HMF, FDCA, polyester;

industriële chemie: van idee tot product, groene chemie, atoomeconomie, *E*-factor

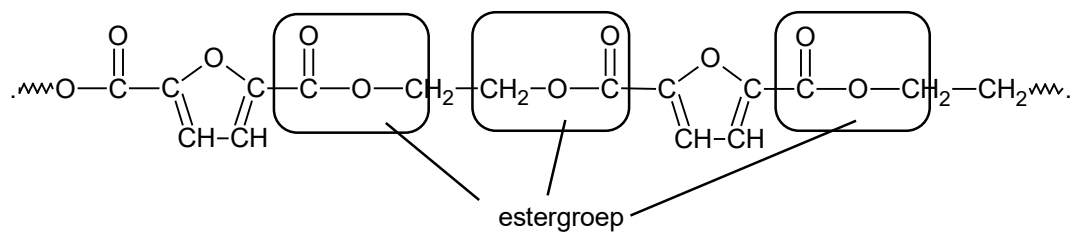
divers: groene waterstof, ammoniak.

Groen gas (1802-02III)

- 1 Een energiebron komt in de natuur voor en er kan energie uit gewonnen worden. Een energiedrager bevat chemische energie die door een chemisch proces is gevormd.
- 2 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 3 Groen gas als het gevormd is door middel van hernieuwbare energiebronnen.
- 4 $10 \text{ L water} \equiv 10 \times 0,998 = 9,98 \text{ kg water} = 9980 \text{ g} \equiv 9980/18,015 = 55,4 \text{ mol water}$. Volgens de reactievergelijking ontstaat hieruit $55,4 \text{ mol waterstof} \equiv 55,4 \times 2,016 = 1117 \text{ g} = 1,1 \text{ kg waterstof}$. Komt dus goed overeen met "een kilo" uit het artikel.
- 5 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 6 Bij de elektrolyse is water omgezet in waterstof en zuurstof, bij de verbranding reageert waterstof met zuurstof weer tot water.

Suiker: het nieuwe zwarte goud (1801-10)

- 7 Glucose: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$; HMF: $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$; FDCA: $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_5$.
- 8 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$.
- 9 Een oxidatiereactie: de OH-groep en de C=O groep worden beide omgezet in een carboxylgroep, COOH-groep.
- 10 $2 \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_5 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 11 Idee ontstaat in het laboratorium, daarna opschaling in proeffabrieken naar steeds grotere hoeveelheden en steeds meer onder fabrieksomstandigheden.
- 12 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
 $2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$.
 $2 \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_5 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_5 + 7 \text{H}_2\text{O}$.
- 13 2 mol FDCA is gevormd uit 1 mol sacharose. $50.000 \text{ ton FDCA} = 50 \cdot 10^9 \text{ g} \equiv 50 \cdot 10^9/156,09 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ mol FDCA}$. Dit is gevormd uit $3,2 \cdot 10^8/2 = 1,6 \cdot 10^8 \text{ mol sacharose} \equiv 1,6 \cdot 10^8 \times 342,30 = 5,5 \cdot 10^{10} \text{ g sacharose} \equiv 16 \text{ massa\%}$. Nodig aan suikerbieten dan $5,5 \cdot 10^{10} \times 100/16 = 3,4 \cdot 10^{11} \text{ g suikerbieten} = 340.000 \text{ ton suikerbieten}$.
- 14 Als je uitgaat van de gewonnen suiker krijg je:
$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{2 \times 156,09}{342,30 + 96,00} \times 100\% = 71\%.$$
- 15 *E*-factor =
$$\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{(342,30 + 96,00) - 2 \times 156,09}{2 \times 156,09} = 0,40.$$
- 16 Atoomeconomie moet hoog zijn want dan zijn er slechts weinig atomen (atoomeconomie) die niet in het reactieproduct zitten. De *E*-factor moet laag zijn want dan ontstaat maar weinig afval.
- 17 Je hebt nodig FDCA en ethaan-1,2-diol. De OH-groepen van FDCA reageren met de OH-groepen van ethaan-1,2-diol onder afsplitsing van water.
- 18



Productie van waterstof via elektrolyse (1701-03)

- 19 $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$.
- 20 Afkoelen: CO_2 zal veel eerder vloeibaar worden.
Of: het gasmengsel door kalkwater leiden waarbij de CO_2 reageert met het kalkwater en achterblijft.
- 21 Elektrolyse is een ontledingsreactie door middel van elektrische stroom.
- 22 Zuiver water geleidt geen elektrische stroom.
- 23 $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$.
- 24 $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$.
- 25 $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Verschil energiebron en energiedrager			X				2
2	Elektrolyse van water (RVG)		X					2
3	Begrip groen gas		X					2
4	Berekening		X					3
5	Reactie waterstof met zuurstof (RVG)		X					2
6	Begrip kringloop		X					2
7	Molecuulformules afleiden		X					2
8	Reactievergelijking opstellen			X				2
9	Oxidatie			X				2
10	Reactievergelijking opstellen			X				3
11	Van idee tot markt		X					2
12	Reactievergelijking opstellen		X					3
13	Berekening			X				3
14	Atomeconomie berekenen			X				3
15	E-factor berekenen			X				3
16	Atomeconomie hoog, E-factor laag			X				2
17	Grondstoffen benoemen			X				2
18	Estergroep aangeven in structuur		X					2
19	Reactievergelijking opstellen			X				3
20	Scheidingsmethoden		X					2
21	Elektrolyse water			X				3
22	Reactievergelijking vorming ammoniak			X				3
23	Verbrandingsreactie van ammoniak			X				3
24	Reactievergelijking vorming ammoniumnitraat			X				2
								58

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{58} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. (TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)



Chemie Aktueel (school)examen vwo-5

600 km op 1 tankbeurt

600 km op 1 tankbeurt

Langs de A15 in het Zuid-Hollandse Rhoon is het eerste van twintig tankstations geopend voor auto's die op waterstof rijden.

Het tankstation levert waterstof aan auto's die uitgerust zijn met brandstofcellen. Een volle tank met 5 kg waterstof is voldoende om een personenauto zo'n 600 km te laten rijden. In een brandstofcel wordt waterstof met zuurstof uit de lucht omgezet in elektriciteit, waarbij waterdamp het enige restproduct is. Onder andere Toyota, Hyundai en BMW hebben een waterstofauto op de markt gebracht. Waterstof is één van de innovatieve oplossingen die op korte termijn een antwoord bieden op de uitdagingen van duurzame mobiliteit.

Bron: *Chemie Magazine*

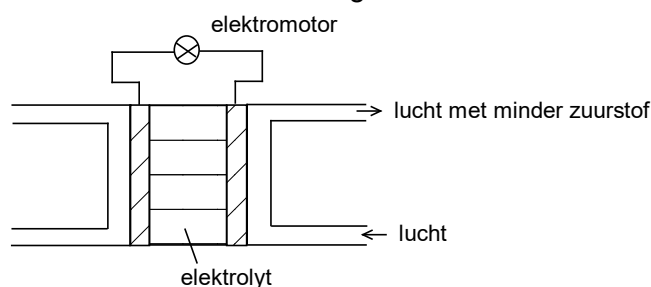
Waterstof is een energiedrager, geen energiebron zoals bijvoorbeeld aardgas.

- 2p 1 Leg het verschil uit tussen een energiebron en een energiedrager.

Waterstof kan gemaakt worden door elektrolyse van water. De gevormde waterstof kan daarbij alleen duurzaam genoemd worden als aan een bepaalde eis voldaan is.

- 2p 2 Welke eis is dat?

Langs de A15 is een tankstation geopend voor personenauto's die op waterstof rijden. De waterstof is bestemd voor auto's met brandstofcellen. In figuur 1 is een waterstof-brandstofcel schematisch getekend.



Figuur 1

- 3p 3 Neem de tekening over en geef daarin aan
- waar de waterstof wordt toe- en afgevoerd
 - hoe de elektronen stromen
 - hoe de ladingsverplaatsing in het elektrolyt plaatsvindt.
- 3p 4 Noteer vergelijkingen van de halfreacties die aan beide elektroden tijdens stroomlevering plaatsvinden. Ga uit van een zuur milieu.
- 2p 5 Geef de vergelijking van de totaalreactie.

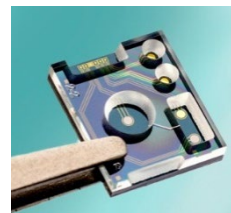
Een volle tank bevat 5 kg waterstof. Hiermee kan de auto 600 km afleggen.

- 3p 6 Bereken hoeveel energie die 5 kg waterstof maximaal kan leveren als je er van uitgaat dat er in de brandstofcel waterdamp ontstaat.

Ionensensoren

Een chip vol ionensensoren

Water controleren op pH, zouten en zware metalen. Dankzij een chip vol ionensensoren van imec kan dat straks tegelijk en goedkoop.



Eén compacte chip

Marcel Zevenbergen, senior onderzoeker sensoren bij imec/Holst Centre, probeert de verschillende sensoren te integreren in één compacte chip. De allernieuwste versie van die ionensensor meet pH en chloride en heeft aan slechts 5 μl monster genoeg. Bovendien kun je de meetchip vrij eenvoudig uitbreiden met sensoren om meer parameters te bepalen.

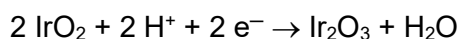
De chip bevat ion-selectieve elektrodes en een referentie-elektrode. Die zijn dicht naast elkaar aangebracht op een siliciumondergrond. De pH bepaal je met een iridiumoxide-elektrode, de chlorideconcentratie met een zilver/zilverchloride-elektrode. De referentie-elektrode (ook Ag/AgCl) heeft een intern reservoir gevuld met een 1 M KCl-oplossing. Het reservoir staat via een kanaaltje van circa 10 μm doorsnee in contact met de te meten vloeistof.

Bron: C2W

De pH van een oplossing kan nauwkeurig gemeten worden met behulp van een pH-elektrode. Onderzoeker Marcel Zevenbergen probeert deze onder te brengen in een compacte chip. De nieuwste versie van zijn ionensensor kan de pH en de chlorideconcentratie meten.

pH meting

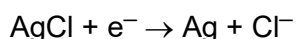
Nieuw is een microchip waarmee onder meer de pH bepaald kan worden. Voor de pH-meting wordt een iridiumoxide-elektrode gebruikt. De halfreactie waarop de methode berust is:



met een potentiaal van $V = V_{\text{Ir}}^0 + 0,059 \log [\text{H}^+] = V_{\text{Ir}}^0 - 0,059 \text{ pH}$. Gegeven: $V_{\text{Ir}}^0 = 0,926 \text{ V}$.

- 2p 7 Leg uit dat de formules $V = V_{\text{Ir}}^0 + 0,059 \log [\text{H}^+]$ en $V = V_{\text{Ir}}^0 - 0,059 \text{ pH}$ hetzelfde weergeven.
- 2p 8 Leg uit dat je deze potentiaal niet apart kunt meten maar dat je het moet doen ten opzichte van een referentie-elektrode.

Naast de iridiumoxide-elektrode bevat de chip dus een referentie-elektrode. Dit is een Ag/AgCl-elektrode in een KCl-oplossing van 1,0 M. De halfreactie voor deze elektrode is:



De potentiaal hiervan bepaal je met $V = V_{\text{Ag}}^0 - 0,059 \log [\text{Cl}^-]$, waarin $V_{\text{Ag}}^0 = 0,22 \text{ V}$.

- 3p 9 Laat zien dat de potentiaal van de Ag/AgCl-referentiehelfcel gelijk is aan 0,22 V, dus dat $V = V_{\text{Ag}}^0$.
- 2p 10 Laat zien dat voor het potentiaalverschil (de spanning) van de meetcel geldt $V_{\text{cel}} = 0,71 - 0,059 \text{ pH}$.

Tussen de pH en het potentiaalverschil (de spanning) van de meetcel bestaat een lineair verband.

- 3p 11 Laat via berekeningen zien dat er een lineair verband bestaat tussen pH en het potentiaalverschil.

Chloride-meting

De chloride-concentratie van een oplossing kan worden bepaald door als meetelektrode een zilverdraadje met een laagje AgCl te gebruiken en het potentiaalverschil (de spanning) te meten tussen het draadje en de eerder beschreven referentie-elektrode (die natuurlijk beide in dezelfde oplossing staan).

- 3p 12 Leg uit hoe met behulp van het gemeten potentiaalverschil (de spanning) van deze meetcel de $[\text{Cl}^-]$ van het watermonster bepaald kan worden.

Suikers, het nieuwe zwarte goud

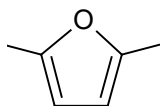
SUIKERS, HET NIEUWE ZWARTE GOUD

Een kansrijke richting is furanen uit suikers. Het bekendste voorbeeld is Synvina. In Antwerpen bouwt deze joint venture tussen het duurzame-chemiebedrijf Avantium en BASF een 300 miljoen euro kostende fabriek voor de jaarlijkse productie van maximaal 50.000 ton furaandicarbonzuur. Ook de Nederlandse melkzuurfabrikant Corbion zet zwaar in op deze biobased tegenhanger van plastic.

Het proces houdt in dat de suikers die aanwezig zijn in biomassa worden omgezet naar furanen. Hier kunnen vervolgens bio-aromaten van worden gemaakt, zoals fenolen en ftalaten, die onder meer in plastics, coatings en smeermiddelen komen. De markt voor producten gemaakt van aromaten is – met jaarlijks 90 miljoen ton – groot en groeiende.

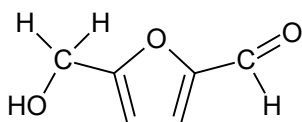
Bron: *Chemie Magazine*

Enkele Nederlandse bedrijven willen op grote schaal furanen gaan maken. Furanen hebben als kenmerkend onderdeel in hun molecuulstructuur het fragment in figuur 1.

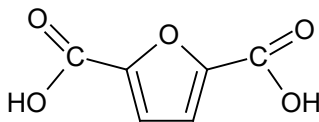


Figuur 1 Kenmerkend molecuulfragment in furanen

Je kunt furanen maken uit suikers, die je onder andere kunt winnen uit biomassa. Een eenvoudige suiker is glucose. De melkzuurfabrikant Corbion zet suikers, zoals glucose en zetmeel, eerst om in hydroxymethylfurfural, HMF, waar na fermentatie FDCA uit ontstaat. FDCA staat voor furaandicarbonzuur (furaandicarbonzuur). De structuurformules van een HMF molecuul en die van een FDCA molecuul staan in figuur 2.



HMF



FDCA

Figuur 2

- 2p 13 Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de vorming van HMF uit glucose.

Vergelijk de structuurformules van HMF en FDCA.

- 2p 14 Welk type reactie treedt er op bij de vorming van FDCA uit HMF? Licht je antwoord toe.
- 3p 15 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de omzetting van HMF met zuurstof in FDCA.

Om vanuit een idee een product voor “de markt” te ontwikkelen moet men een aantal stappen doorlopen.

- 2p 16 Welke stappen worden in de industrie doorlopen van idee tot markt?

Het bedrijf Synvina bouwt een fabriek waar jaarlijks 50.000 ton FDCA geproduceerd gaat worden. FDCA wordt gebruikt als grondstof voor de productie van de nieuwe plastic PEF. De grondstof is de suikerbiet. Suikerbieten bevatten zo'n 15 tot 20 massa% sacharose. Sacharose kan door hydrolyse omgezet worden in de suikers glucose en fructose. Beide suikers (monosachariden) kunnen omgezet worden in HMF. Het restant van de suikerbieten kan als veevoeder gebruikt worden.

- 3p 17 Geef de totaalvergelijking van het proces van suikerbiet tot FDCA in molecuulformules.
 3p 18 Bereken hoeveel ton suikerbieten nodig zijn voor de productie van 50.000 ton FDCA. Ga uit van een suikergehalte van 16% van de suikerbiet.
 3p 19 Bereken de atomeconomie van het totale proces van biet tot FDCA.
 3p 20 Bereken de *E*-factor van het totale proces van biet tot FDCA.

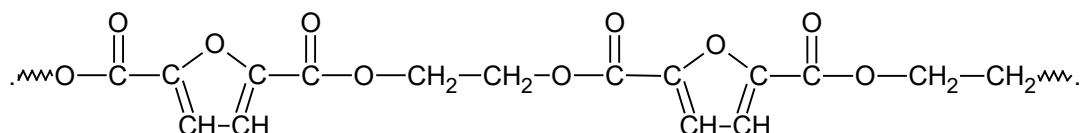
Op milieugebied is het van belang dat er zo weinig mogelijk afval ontstaat, dus dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag is. Dan spreek je van een groen proces.

- 2p 21 Licht toe dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag moet zijn om zo weinig mogelijk afval te laten ontstaan.

Het restant van de suikerbiet is geen afval. Je kunt dus bij de berekening van de atomeconomie en de *E*-factor uitgaan van de gewonnen suiker.

- 4p 22 Leg aan de hand van een berekening van atomeconomie en *E*-factor uit waarom het proces van suikerbiet tot FDCA toch als groen proces betiteld kan worden.

Een veelbelovend product van de furaanchemie is PEF, een polyester. Een stukje uit de keten van deze polyester staat weergegeven in figuur 3.



Figuur 3

- 2p 23 Leg uit welke twee grondstoffen nodig zijn voor de productie van PEF.
 2p 24 Neem het getekende stukje van de polyesterketen uit figuur 3 over en omlijn hierin de estergroepen.

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: aantal mol; mol naar g v.v.; atomeconomie; *E*-factor

Energie: drager/bron; groen; energie-inhoud

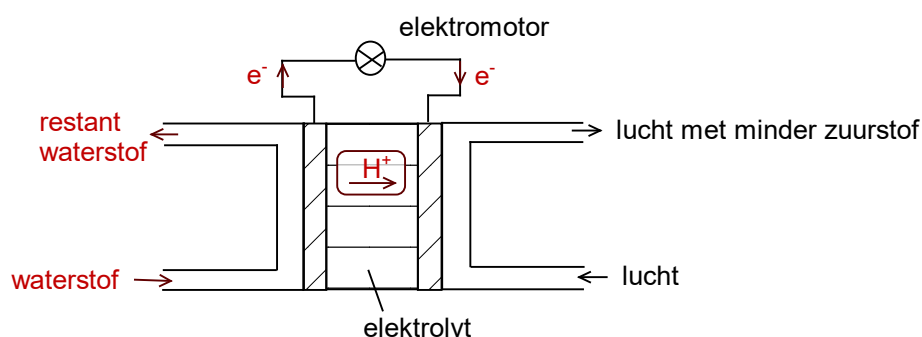
redox: brandstofcel; halfreacties; potentiaal; pH en potentiaal

organische chemie: furaan (HMF, FDCA); reacties; PEF; ester

Industriële chemie: van idee tot product; atomeconomie; *E*-factor; groene chemie.

600 km op 1 tankbeurt (1501-03)

- 1 Een energiebron komt in de natuur voor en er kan energie uit gewonnen worden.
Een energiedrager bevat chemische energie die door een chemisch proces is gevormd.
- 2 Groen gas als het gevormd is door middel van hernieuwbare energiebronnen
- 3



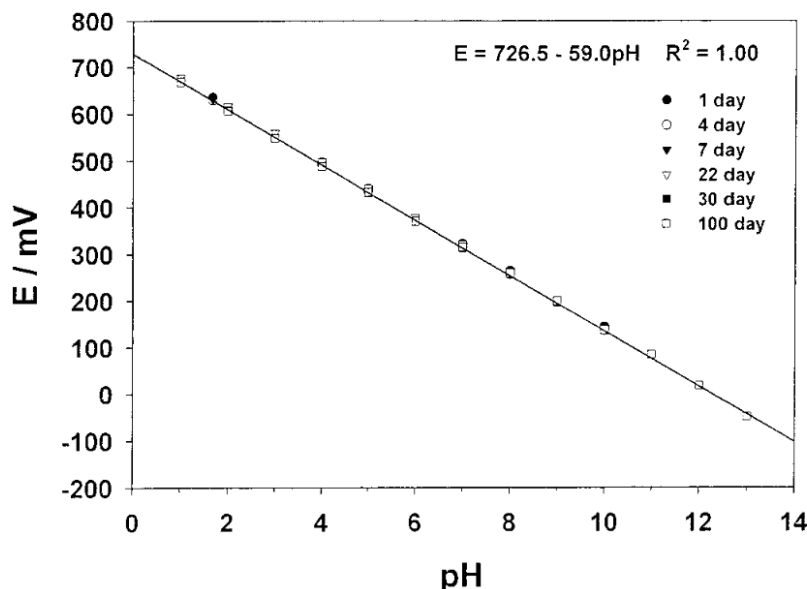
- 4 Reactie aan negatieve elektrode: $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$.
Positieve elektrode: $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 5 Totaalreactie: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 6 $5 \text{ kg} = 5000 \text{ g} \div 2,016 = 2500 \text{ mol waterstof}$. Dit levert bij verbranding $2500 \text{ mol waterdamp}$. Hierbij komt vrij $2500 \times 2,42 \cdot 10^5 = 6 \cdot 10^8 \text{ J}$.

Een chip vol ionensensoren (1801-08)

- 7 Er geldt dat $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.
- 8 Je kunt alleen een potentiaalverschil meten.
- 9 De $[\text{Cl}^-]$ in de referentiehalfcel is 1,0 M. ingevuld levert dit $V = 0,22 - 0,059 \log [1,0] = 0,22 \text{ V}$.
- 10 $V_{\text{cel}} = V_{\text{ox}} - V_{\text{red}} = 0,926 - 0,059 \text{ pH} - 0,22 = 0,71 - 0,059 \text{ pH}$.
- 11 Bij $\text{pH} = 2,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,59 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 4,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,47 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 6,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,36 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 8,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,24 \text{ V}$.
Bij steeds eenzelfde toename van de pH zie je eenzelfde afname van V_{cel} .
De vergelijking voor het potentiaalverschil heeft de functie van een rechte lijn $y = ax + b$.
- 12 $V_{\text{cel}} = V_{\text{ox}} - V_{\text{red}} = 0,22 - (0,22 - 0,059 \log [\text{Cl}^-]) = 0,059 \log [\text{Cl}^-]$. Als je dus het potentiaalverschil (de spanning) gemeten hebt, kun je daar de $[\text{Cl}^-]$ mee berekenen.

Opmerking:

Verband tussen potentiaal en pH voor de meetcel:



Bron: http://www.uta.edu/rfmems/GI_Sensor/papers/pH_Electrode_Base_on_Melt-Oxidized_Iridium_Oxide.pdf

Suikers: het nieuwe zwarte goud (1801-10)

- 13 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_6O_3 + 3 H_2O$.
- 14 Een oxidatiereactie: de OH-groep en de C=O groep worden beide omgezet in een carboxylgroep, COOH-groep.
- 15 $2 C_6H_6O_3 + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 2 H_2O$.
- 16 Idee ontstaat in het laboratorium, daarna opschaling in proeffabrieken naar steeds grotere hoeveelheden en steeds meer onder fabrieksomstandigheden.
- 17 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2 C_6H_{12}O_6$.
 $2 C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_6H_6O_3 + 6 H_2O$.
 $2 C_6H_6O_3 + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 2 H_2O$.
 $C_{12}H_{22}O_{11} + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 7 H_2O$.
- 18 2 mol FDCA is gevormd uit 1 mol sacharose. $50.000 \text{ ton FDCA} = 50 \cdot 10^9 \text{ g} \equiv 50 \cdot 10^9 / 156,09 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ mol FDCA}$. Dit is gevormd uit $3,2 \cdot 10^8 / 2 = 1,6 \cdot 10^8 \text{ mol sacharose} \equiv 1,6 \cdot 10^8 \times 342,30 = 5,5 \cdot 10^{10} \text{ g sacharose} \equiv 16 \text{ massa\%}$. Nodig aan suikerbieten dan $5,5 \cdot 10^{10} \times 100 / 16 = 3,4 \cdot 10^{11} \text{ g suikerbieten} = 340.000 \text{ ton suikerbieten}$.

$$19 \quad \text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{50.000}{340.000} \times 100\% = 15\%. \quad \text{of}$$

$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{2 \times 156,09}{(342,30 \times \frac{100}{16}) + 96,00} \times 100\% = 14\%.$$

Toelichting: beginstof is de suikerbiet. De suiker, sacharose, is slechts 16% van de totale massa. Dus die 16% verrekenen met de molaire massa van sacharose.

$$20 \quad E\text{-factor} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{340.000 - 50.000}{50.000} = 5,8. \quad \text{of}$$

$E\text{-factor} =$

$$\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{(342,30 \times \frac{100}{16}) - 2 \times 156,09}{2 \times 156,09} = 5,85.$$

- 21 Atoomeconomie moet hoog zijn want dan zijn er slechts weinig atomen (atoomeconomie) die niet in het reactieproduct zitten. De $E\text{-factor}$ moet laag zijn want dan ontstaat maar weinig afval.

22 Als je uitgaat van de gewonnen suiker krijg je:

$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{2 \times 156,09}{342,30 + 96,00} \times 100\% = 71\%.$$

E-factor =

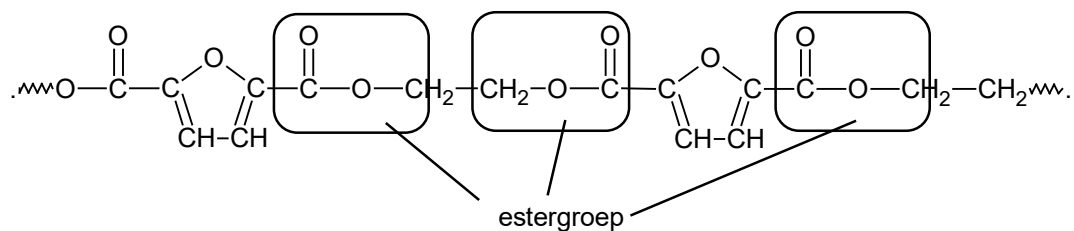
$$\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{(342,30 + 96,00) - 2 \times 156,09}{2 \times 156,09} = 0,40.$$

De rest van de suikerbiet wordt als veevoer gebruikt, wordt dus ook nuttig gebruikt, is dus eigenlijk geen afval.

Nu is de atoomeconomie redelijk hoog en de *E*-factor laag.

23 Je hebt nodig FDCA en ethaan-1,2-diol. De OH-groepen van FDCA reageren met de OH-groepen van ethaan-1,2-diol onder afsplitsing van water.

24



Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Verschil energiebron en energiedrager			X				2
2	Begrip groen gas		X					2
3	Tekening brandstofcel		X					3
4	Halfreacties opstellen		X					3
5	Reactie waterstof met zuurstof		X					2
6	Berekening hoeveelheid energie				X			3
7	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$			X				2
8	Gesloten kring dus referentiehelfcel		X					2
9	Berekening V^0		X					3
10	Afleiden formule			X				2
11	Afleiden lineair verband			X				3
12	Bepaling $[\text{Cl}^-]$			X				3
13	Reactievergelijking opstellen			X				2
14	Oxidatie			X				2
15	Reactievergelijking opstellen			X				3
16	Van idee tot markt		X					2
17	Reactievergelijking opstellen		X					3
18	Berekening			X				3
19	Atoomeconomie berekenen			X				3
20	E-factor berekenen			X				3
21	Atoomeconomie hoog, E-factor laag			X				2
22	Uitleg toch groen proces			X				2
23	Grondstoffen benoemen			X				2
24	Estergroep aangeven in structuur		X					2
								57

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{57} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen havo-7

Nierstenen



Zink leidt tot nierstenen

Zink lijkt een onverwacht belangrijke rol te spelen bij het ontstaan van nierstenen. Wellicht zit hierin een manier verstopt om iets tegen die stenen te doen, opperen Marshall Stoller en collega's van de University of California (San Francisco) in *PLOS One*.

De meeste nierstenen zijn calciumoxalaatkristallen, $\text{Ca}(\text{COO})_2$, waar op het eerste gezicht geen zink in zit. Waarom ze precies uitkristalliseren (of niet, bij mensen die geen last hebben van nierstenen) is eigenlijk een raadsel, maar tot nu toe werd algemeen aangenomen dat calciumhydroxyapatiet, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, de meest gebruikelijke kiem is.

Maar in Californië hebben ze nu een aantal operatief verwijderde nierstenen nog eens goed doorgelicht. Daar kwam uit dat er wel degelijk vrij veel zink in zit. Voor de rest van het onderzoek bleken fruitvliegjes te kunnen dienen als diervorm. Bij hen kunnen steentjes ontstaan in de buizen van Malpighi, de insectenversie van het afvoersysteem. Dat gebeurt vooral als je het gen saboteert voor xanthinedehydrogenase, het enzym dat xanthine omzet in urinezuur. Tot nu toe werd aangenomen dat dit dus heel andere steentjes zijn die vrijwel geheel uit xanthine bestaan. Maar analyse van die fruitvliegjessteentjes laat nu zien dat er wel degelijk calcium, hydroxyapatiet én zink in voorkomen. Voor de onderzoekers aanleiding om aan te nemen dat ze althans gedeeltelijk op dezelfde manier worden gevormd als menselijke stenen. Waarom dat zinkionen nu precies kristallisatie in de hand werken, blijft onduidelijk. Maar Stoller en collega's speculeren nu al hardop dat het bij andere kristallisatieprocessen, zoals aderverkalking, ook wel eens een rol zou kunnen spelen.

Bron: C2W

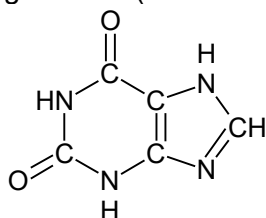
Nierstenen kunnen voorkomen in alle delen van de urinewegen en bij mensen van alle leeftijden. Er zijn dan onoplosbare kristallen ontstaan, die voornamelijk uit calciumoxalaat bestaan. De concentratie van de ionen, het volume en de pH van de urine spelen hierbij een rol. Oxaalzuur is een zwak tweewaardig zuur met het oxalaation als zuurrestion.

- 2p 1 Leg uit of je meer kans hebt op nierstenen bij een hoge of bij een lage pH.

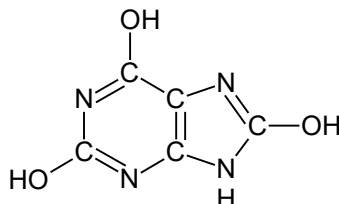
Er wordt gesproken over de aanwezigheid van zink in nierstenen.

- 2p 2 Leg uit in welke vorm zink zal voorkomen in nierstenen.

Het ontstaan van nierstenen kan ook gestimuleerd worden wanneer bepaalde enzymen hun werk niet goed doen, waardoor er te hoge concentraties van bepaalde stoffen in de nieren achter blijven. In het artikel wordt de sabotage van de omzetting van xanthine tot urinezuur genoemd (zie formules).



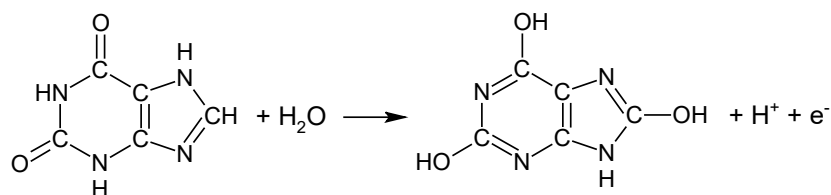
Xanthine



Urinezuur

- 2p 3 Geef de molecuulformules van xanthine en urinezuur.

De omzetting van xanthine in urinezuur kun je met een halfreactie weergeven. De nog niet juiste halfreactie is:



3p 4 Neem de halfreactie over en maak deze kloppend.

De onderzochte steentjes van fruitvliegjes bleken veel meer stoffen te bevatten.

2p 5 Welke stoffen/ionen zijn in de 'nierstenen' die zich in de fruitvliegjes vormden, aangetoond?

2p 6 Leg uit waarom de onderzoekers vinden dat het gedane onderzoek bij de fruitvliegjes ook voor mensen zal gelden.

Ontdekt werd dat zink een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van de steentjes. Bij het verhinderen van het transport van zink in de fruitvliegjes werden er significant minder stenen gevormd. De conclusie die uit het onderzoek is getrokken is dat het zink ervoor zorgt dat de binding van allerlei andere stoffen of ionen aan kleine kristalletjes calciumhydroxyapatiet sneller verloopt. Dit wordt zowel gevonden bij de nierstenen die voornamelijk uit calciumoxalaat bestaan als de nierstenen die veel xanthine bevatten. De onderzoekers voorzien door deze conclusie een belangrijk vervolgonderzoek.

2p 7 Leg uit welk vervolgonderzoek volgens de onderzoekers hierna denkbaar is.

Negenwaardig iridium

Negenwaardig iridium

Ir(IX) is het eerste negenwaardige metaalion dat ooit is waargenomen. Het zit in IrO_4^+ en is formeel al zijn valentie-elektronen kwijt. Het wordt gevormd als je iridium beschiet met een krachtige gepulste laser onder argon met een paar procent zuurstof. Spectrometrie wees uit dat je zo IrO_x^+ krijgt, waarbij x kan oplopen tot zes maar meestal vier is.

Voor IrO_4^+ kun je een aantal structuurformules bedenken waarbij zuurstofatomen onderling verbonden zijn en iridium nog enkele valentie-elektronen overhoudt. Maar kwantummechanische berekeningen wijzen uit dat viermaal O^{2-} rond Ir^{9+} de stabielste vorm is. Pogingen om rond dit kation een zout te vormen zijn tot nu toe tevergeefs.

Bron: C2W Life Sciences

Er is voor het eerst een Ir(IX) ion waargenomen.

2p 8 Wat wordt bedoeld met Ir(IX)?

Vijf jaar geleden presenteerde de onderzoeker Sebastian Riedel al ongeladen IrO_4 .

2p 9 Geef de naam van het zout IrO_4 .

Ook andere ongeladen zouten zijn mogelijk zoals bijvoorbeeld XeO_3F_2 .

2p 10 Leg uit dat XeO_3F_2 een verbinding is die je niet zou verwachten.

Stallucht wassen

Stallucht wassen

Kleuskens van het bedrijf INNO+ legt uit dat de varkenshouders kunnen kiezen voor chemische wassers, waarin de ammoniak met een zwavelzuuroplossing reageert tot ammoniumsulfaat, en biologische wassers, waarin micro-organismen het ammoniak omzetten in nitriet, nitraat en uiteindelijk stikstofgas. Beide systemen vinden ongeveer evenveel toepassing. Behalve ammoniak, vangen luchtwassers ook een deel van het fijnstof weg en tot op zekere hoogte vieze luchtjes.

Bron: C2W

De lucht in varkensstallen bevat veel ammoniak. Met behulp van luchtwassers wordt de ammoniak uit de stallucht weggenomen. Dit gaat verzuring van het milieu tegen.

- 2p 11 Leg uit dat het vreemd is om ammoniak als verzuurder van het milieu te noemen.

De stallucht kan met een zwavelzuuroplossing gewassen worden waarbij een ammoniumsulfaat oplossing gevormd wordt.

- 3p 12 Geef de vergelijking van de reactie tussen ammoniak en een zwavelzuuroplossing.

Het wassen van de stallucht kan ook biologisch uitgevoerd worden. Daarbij zetten bacteriën de ammoniak om in nitriet, vervolgens in nitraat en uiteindelijk in stikstof. De drie onvolledige halfreacties zijn:

Ammoniak in nitriet: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}^+ + \text{e}^-$.

Nitriet in nitraat: $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{e}^-$.

Nitraat in stikstof: $\text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

- 3p 13 Neem de drie halfreacties over en maak ze kloppend.

Als totaalreactie krijg je een reactie van ammoniak met zuurstof waarbij opgelost salpeterzuur en water ontstaan.

- 3p 14 Geef deze reactie in een reactievergelijking weer.

Biobased smartphone

SHARP BRENGT BIOBASED SMARTPHONE OP DE MARKT

Het Japanse elektronicabedrijf Sharp brengt half juli een biobased smartphone op de markt. Het scherm van bioplastic is ontwikkeld door Mitsubishi Chemical Corporation.

Volgens Mitsubishi zijn traditionele plastics vaak alleen transparant en niet bestand tegen breuken, of juist andersom.

Het biobased scherm van de Sharp-telefoon is gemaakt van DURABIO, een biobased plastic van plantaardige isosorbide. Het materiaal is goed bestand tegen schokken, hoge temperaturen en weersinvloeden. Daarnaast is het uitermate geschikt voor toepassing in een smartphone, omdat de transparantie van het plastic groot is en het niet optisch vervormt.

Bron: www.agro-chemie.nl

In het artikel staan de begrippen biobased en bioplastic.

- 2p 15 Licht deze twee termen toe.

Isosorbide

Het plantaardige isosorbide wordt in drie stappen gemaakt uit zetmeel.

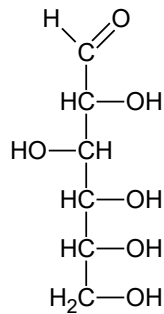
Stap 1: Zetmeel (amylase) wordt door hydrolyse (reactie met water) omgezet in glucose

Stap 2: Glucose wordt omgezet in sorbitol

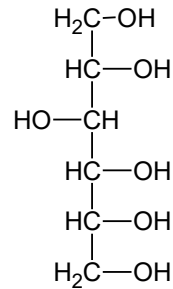
Stap 3: Sorbitol reageert tot isosorbide onder afsplitsing van water

3p 16 Geef voor stap 1 de reactievergelijking in molecuulformules.

Glucose kan in de ringvorm bestaan of in de lineaire, open vorm (figuur 1).



Figuur 1 Lineaire vorm van glucose

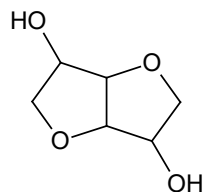


Figuur 2 Sorbitol

In stap 2 wordt glucose omgezet in sorbitol (figuur 2).

2p 17 Welke stof is nodig in stap 2 om sorbitol te vormen uitgaande van de lineaire, open vorm van glucose?

In stap 3 reageren de eindstandige OH groepen in sorbitol elk met een andere OH groep waardoor ringsluiting optreedt en isosorbide gevormd wordt.



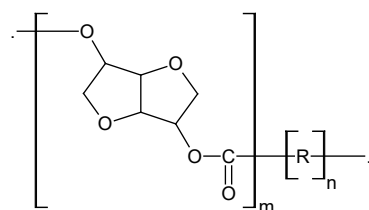
Figuur 3 Isosorbide

3p 18 Leg in een tekening en in woorden uit welke twee andere OH groepen bij de ringvormingen tot isosorbide betrokken zijn als je uitgaat van sorbitol.

2p 19 Welke stof komt bij de reactie van stap 3 vrij? Licht toe.

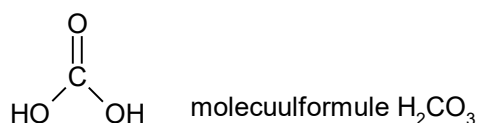
DURABIO

Het polymeer in het materiaal Durabio heeft als structuurformule van de keten:



Figuur 4 Structuurformule DURABIO

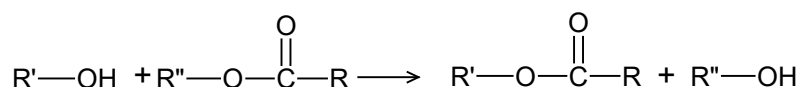
Je hebt hier te maken met een copolymeer. Men maakt eerst poly-isorbide (het ketendeel links) door isosorbide met een andere stof te laten reageren. Kijkend naar de structuurformule zou dat theoretisch een stof met een molecuul zoals in figuur 5 kunnen zijn.



Figuur 5

- 2p 20 Leg uit waarom deze stof niet gebruikt kan worden.

Men maakt daarom gebruik van een omestering:



Figuur 6 Algemene reactievergelijking van een omestering

- 2p 21 Teken de structuurformule van moleculen waarmee men isosorbide moet laten reageren om poly-isosorbide te krijgen. Maak hierbij gebruik van een soortgelijke schrijfwijze als gebruikt in figuur 6.

Katalysator versnelt omzetting biomassa

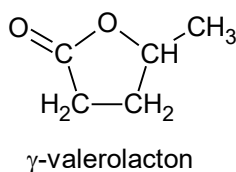
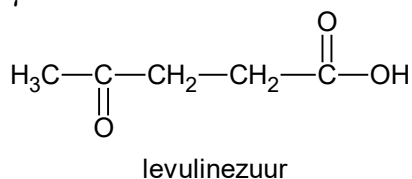
KATALYSATOR VERSNELT OMZETTING BIOMASSA

De nieuwe (herbruikbare) katalysator versnelt zeer selectief een van de chemische reacties die nodig zijn voor de verwerking van cellulose, een onderdeel van plantenmateriaal. Bij deze reactie wordt levulinezuur omgezet in een volgende groene chemische bouwsteen, γ -valerolacton. Uitgebreid onderzoek leidde tot de ontwikkeling van een katalysator gebaseerd op de metalen ruthenium en palladium. Deze stuurt de omzetting veel sneller dan bestaande katalysatoren en doet dat bovendien heel specifiek, waardoor minder afval wordt geproduceerd. "Voor dit onderzoek hebben wij samengewerkt met een aantal chemische bedrijven. Zij zijn zeer geïnteresseerd in deze katalysator", aldus Bert Weckhuysen, hoogleraar Anorganische Chemie en Katalyse aan de UU.
Bron: Chemie Magazine

Scheikundigen hebben een katalysator ontwikkeld die zeer selectief werkzaam is.

- 2p 22 Waarom is het belangrijk in de chemische industrie dat een katalysator selectief werkzaam is?

Het onderzoek richtte zich op de verwerking van cellulose. Eén van de reacties waarbij de nieuwe selectieve katalysator wordt ingezet is de omzetting van levulinezuur in γ -valerolacton.



- 2p 23 Licht toe dat de omzetting van levulinezuur in γ -valerolacton geen isomerisatie kan zijn.
- 3p 24 Maak van de omzetting een kloppende reactievergelijking in structuurformules. Bedenk welke extra stoffen je daartoe nodig hebt.

Concepten met kernbegrippen

Zouten: ionen, calciumoxalaat, iridiumoxide, iridiumionen

Zuur-base: pH, ammoniak, nitraatvorming;

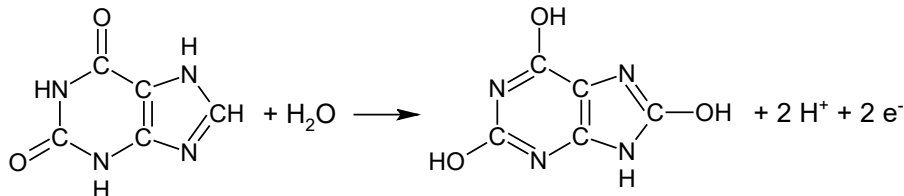
redox: halfreactie;

organische chemie: biobased, bioplastic, hydrolyse zetmeel, ringsluiting, isomerisatie;

divers: katalysator

Zink leidt tot nierstenen (1510-03)

- 1 Bij een lage pH is het oxaalzuurmolecuul als ongesplitst oxaalzuur aanwezig. Er zijn dan weinig oxalaationen. Dus bij een lage pH weinig kans op nierstenen, bij een hoge pH meer oxalaationen, dus meer kans op nierstenen.
- 2 Zink zal aanwezig zijn als zinkion want het gaat over zouten. Zink is een onedel metaal dat in de natuur voorkomt als metaalion.
- 3 Xanthine: $C_5H_4N_4O_2$
Urinezuur: $C_5H_4N_4O_3$
- 4 $C_5H_4N_4O_2 + H_2O \rightarrow C_5H_4N_4O_3 + 2 H^+ + 2 e^-$



- 5 Xanthine, calciumionen, fosfaationen, hydroxide-ionen en zinkionen.
- 6 Aangezien de niersteentjes in de fruitvliegjes dezelfde samenstelling hebben als bij mensen, nemen de onderzoekers aan dat je het onderzoek op de fruitvliegjes kunt 'projecteren' op de mens.
- 7 Op andere plekken in het lichaam zoals in de aderen vinden ook ongewenste calciumhoudende-afzettingen plaats. Het is dus nuttig om te onderzoeken of zinktransport daar ook een rol speelt.

Negenwaardig iridium (1504-01)

- 8 Dat iridium als ion 9+ geladen zou zijn.
- 9 Iridium(VIII)oxide.
- 10 Xenon is een edelgas dat niet of nauwelijks een binding aangaat met andere atomen.

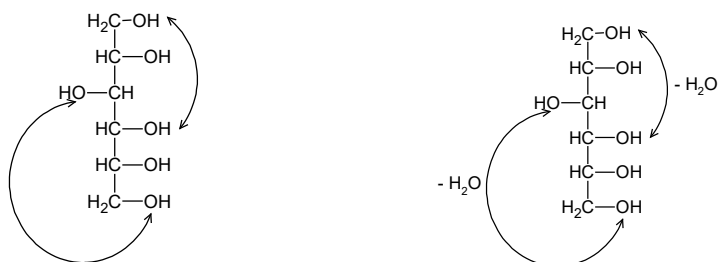
Stallucht wassen (1802-07)

- 11 Ammoniak is een base.
- 12 $NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$.
- 13 Ammoniak in nitriet: $NH_3 + 2 H_2O \rightarrow NO_2^- + 7 H^+ + 6 e^-$.
Nitriet in nitraat: $NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2 H^+ + 2 e^-$.
Nitraat in stikstof: $2 NO_3^- + 12 H^+ + 10 e^- \rightarrow N_2 + 6 H_2O$.
- 14 $NH_3 + 2 O_2 \rightarrow H^+ + NO_3^- + H_2O$.

Biobased smartphone (1511-01)

- 15 De term 'biobased' zegt iets over de oorsprong van het materiaal. Met 'biobased' worden materialen bedoeld die gemaakt zijn van hernieuwbare grondstoffen. Bioplastic is de naam die gegeven wordt aan een plastic dat gemaakt wordt uit natuurlijke producten, biomassa. (Een bioplastic kan biodegradeerbaar zijn, maar is dat niet per definitie.)
- 16 $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$
- 17 Waterstof, H_2 .

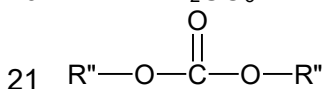
18



Bij de ringsluiting splitst water af. In beide ringen zitten vier C-atomen en de twee ringen hebben twee gemeenschappelijke C-atomen.

19 Water, H_2O . Twee OH-groepen verdwijnen en er blijft 1 O-atoom achter.

20 De stof H_2CO_3 bestaat in werkelijkheid niet, is een schrijfwijze voor $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

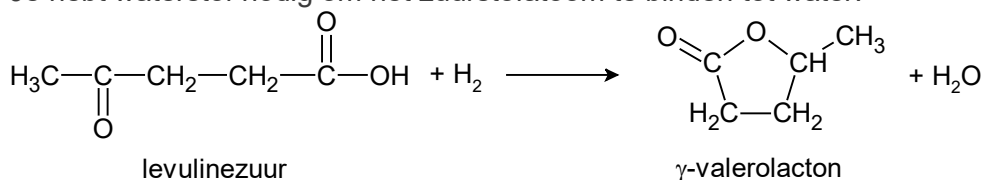


Katalysator versnelt omzetting biomassa (1509-09)

22 Er ontstaan dan zeer weinig bijproducten dus weinig afval.

23 Het aantal atomen komt niet overeen: levulinezuur is $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_3$, terwijl γ -valerolacton de formule $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ heeft.

24 Je hebt waterstof nodig om het zuurstofatoom te binden tot water:



Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Zuurbase		X					2
2	Ionen		X					2
3	Molecuulformule		X					2
4	Opstellen halfreactie			X				3
5	Nierstenen		X					2
6	Uitleg waarom vergelijk mogelijk is			X				2
7	Uitleg type onderzoek							2
8	Uitleg wat IX betekent in Ir(IX)		X					2
9	Naam zout		X					2
10	Edelgas en reactiviteit			X				2
11	Ammoniak is een base		X					2
12	Reactievergelijking opstellen		X					3
13	Halfreacties kloppend maken			X				3
14	Reactievergelijking opstellen			X				3
15	Uitleg biobased en bioplastic			X				2
16	Reactievergelijking opstellen			X				3
17	Afleiding stof		X					2
18	Uitleg welke groepen reageren				X			3
19	afleiding stof			X				2
20	Instabiliteit stof			X				2
21	Afleiding structuur stof			X				2
22	Functie katalysator			X				2
23	Type reactie			X				2
24	Reactievergelijking opstellen			X				3
								55

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{55} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen vwo-7

Europium slaat neer



Europium slaat neer

In Leuven is een manier gevonden om europium te scheiden van andere zeldzame aardmetalen. Met name Y^{3+} , waarmee het als Eu^{3+} vermengd zit in tl-buizen om te zorgen voor de rode component van het licht. Beide driewaardige ionen vertonen vrijwel dezelfde reactiviteit, zodat ze via selectieve extractie nauwelijks zijn te scheiden. In *Green Chemistry* schrijven Tom van Gerven en promovendus Bart Van den Bogaert nu dat je wél eenvoudig selectief die reactiviteit kunt veranderen, met een kwiklamp die via fotochemische reductie Eu^{3+} omzet in Eu^{2+} maar Y^{3+} ongemoeid laat wegens gebrek aan toepasselijke golflengte. Voeg je vervolgens ammoniumsulfaat toe, dan slaat 90 % van het Eu^{2+} neer als $EuSO_4$ terwijl maar een paar procent yttrium meekomt.

Bron: C2W

Het element europium is zeldzaam en wordt na gebruik terug gewonnen.

- 2p 1 Leg uit dat europium niet als zuiver metaal in de natuur voorkomt maar wel als ion.

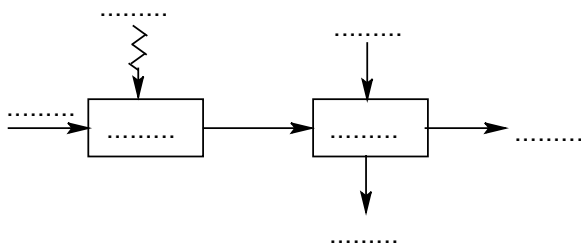
In tl-buizen komen de ionen Eu^{3+} en Y^{3+} gemengd voor. Bij recyclen kan via een nieuw proces het europium van het yttrium worden gescheiden. De belangrijkste stap in het nieuwe proces is de omzetting van Eu^{3+} in Eu^{2+} .

- 2p 2 Welk type reactie treedt daarbij op? Licht je antwoord toe.
2p 3 Geef de (half)reactie van deze omzetting.
2p 4 Leg uit waardoor deze reactie kan verlopen.

In een volgende stap wordt ammoniumsulfaat aan de oplossing toegevoegd.

- 2p 5 Geef de oplosvergelijking van ammoniumsulfaat.
2p 6 Geef de vergelijking van de neerslagreactie die daarna plaatsvindt.

Het totaalproces kun je met een blokschema weergeven. In onderstaande figuur is een onvolledig blokschema weergegeven.



- 2p 7 Neem het blokschema over en maak het volledig.

Negenwaardig iridium

Negenwaardig iridium

Ir(IX) is het eerste negenwaardige metaalion dat ooit is waargenomen. Het zit in IrO_4^+ en is formeel al zijn valentie-elektronen kwijt. Het wordt gevormd als je iridium beschiet met een krachtige gepulste laser onder argon met een paar procent zuurstof. Spectrometrie wees uit dat je zo IrO_x^+ krijgt, waarbij x kan oplopen tot zes maar meestal vier is.

Voor IrO_4^+ kun je een aantal structuurformules bedenken waarbij zuurstofatomen onderling verbonden zijn en iridium nog enkele valentie-elektronen overhoudt. Maar kwantummechanische berekeningen wijzen uit dat viermaal O^{2-} rond Ir^{9+} de stabielste vorm is. Pogingen om rond dit kation een zout te vormen zijn tot nu toe tevergeefs.

Bron: C2W Life Sciences

Er is voor het eerst een Ir(IX) ion waargenomen.

2p 8 Wat wordt bedoeld met Ir(IX)?

Vijf jaar geleden presenteerde de onderzoeker Sebastian Riedel al ongeladen IrO_4 .

2p 9 Geef de naam van het zout IrO_4 .

Ook andere ongeladen zouten zijn mogelijk zoals bijvoorbeeld XeO_3F_2 .

2p 10 Leg uit dat XeO_3F_2 een verbinding is die je niet zou verwachten.

In IrO_4^+ is de meest stabiele situatie een 4-omringing.

3p 11 Teken de Lewisstructuur van het IrO_4^+ ion. Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

2p 12 Leg uit hoe de ruimtelijke bouw van het IrO_4^+ is.

2p 13 Geef de formele ladingverdeling in het IrO_4^+ ion aan.

Katalysator

KAT MAAKT ETHEEN VAN METHAAN

In China is bedacht hoe je methaan rechtstreeks omzet in etheen, zonder roet en CO_2 als ongewenste bijproducten. Het zou de energieverstrijdende omweg via synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) overbodig kunnen maken.

Probleem met methaan is dat het lastig is er één H af te wrikken zonder dat de andere drie ook mee komen. Xinhe Bao, van het Institute of Chemical Physics in Dalian, zoekt de oplossing in 0,5 massaprocent ijzer, als losse atomen verspreid in inert SiO_2 . Op zijn eentje zet zo'n ijzerkern wel CH_4 om in $\text{CH}_3\bullet$ -radicalen, maar voor vervolgreacties zijn er meer nodig en daarvoor is de onderlinge afstand te groot. Vandaar dat de radicalen noodgedwongen desorberen en doorreageren in de gasfase, zonder ijzer. Het gevormde etheen wordt direct gedehydrogeneerd tot etheen of een $\text{C}_2\text{H}_3\bullet$ -radicaal. Uiteindelijk krijg je etheen, benzeen, naftaleen en waterstof.

Volgens Bao haal je bij 1363 K een omzetting van 48 procent. De katalysator was na 60 uur nog volop actief.

Bron: C2W

Methaan omzetten in etheen gaat vaak via de omweg van synthesegas.

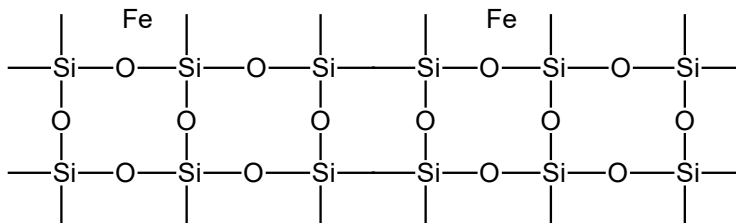
3p 14 Geef de vergelijking van de reactie tussen methaan en stoom waarbij synthesegas ontstaat.

3p 15 Laat via een berekening zien dat deze stap energieverstrijdend is.

Uit syntheseegas kan etheen gemaakt worden.

- 3p 16 Geef de reactievergelijking van de vorming van etheen en waterdamp uit syntheseegas.

In China heeft men een alternatieve route bedacht. In de eerste stap wordt een H-atoom aan CH_4 onttrokken. Hiertoe gebruikt men inert SiO_2 met 0,5 procent ijzer. Schematisch ziet inert SiO_2 met ijzer er uit als:



- 2p 17 Beschrijf deze methode van H-onttrekking aan de hand van deze tekening.
2p 18 Leg aan de hand van de tekening uit waarom er niet meer H-atomen onttrokken worden.

Uit de $\text{CH}_3\bullet$ -radicalen reageren tot ethaan dat direct gedehydrogeneerd wordt tot bijvoorbeeld $\text{C}_2\text{H}_5\bullet$ -radicalen. Deze radicalen vormen daarna etheen, benzeen en naftaleen.

- 3p 19 Laat zien hoe uit $\text{CH}_3\bullet$ -radicalen etheen gevormd wordt.
2p 20 Leg uit of de beschrijving van de alternatieve route op micro- of macroniveau is.

Biobased smartphone

AARDOLIEVRIJE PET-FLES KOMT ERAAN

Mechanisch recycelen

Zo'n 60 procent van onze business is recycling van het polymeer PET", vertelt Marco Brons, directeur van Cumapol. Een belangrijke klant is Lidl Nederland, waarvoor het bedrijf in Emmen sinds vorig jaar de ingezamelde PET-flessen recyclet. Eerst haalt een externe partij de ongewenste zaken, zoals metaal, lijm en andere plastics (doppen) eruit, waarna het materiaal gewassen en versneden wordt. In de Cumapolfabriek worden de snippers in een extruder gegraneleerd en vervolgens in de nacondensatie gezuiverd van alle verontreinigingen.

Chemisch recycelen

"We gaan depolymeriseren met glycol, waarbij we bij dezelfde temperatuur ook zuiveren, ontkleuren en direct weer polymeriseren, om energetisch zo gunstig mogelijk uit te komen. Bij andere vormen van chemisch recycelen moet je het product eerst afkoelen en daarna weer energie toevoegen."

Door bijmenging van biobased monomeren wil Brons de PET-productie nog verder vergroenen. Een voorproefje daarvan presenteerde Cumapol afgelopen voorjaar, na een ontwikkelingsfase van vier jaar.

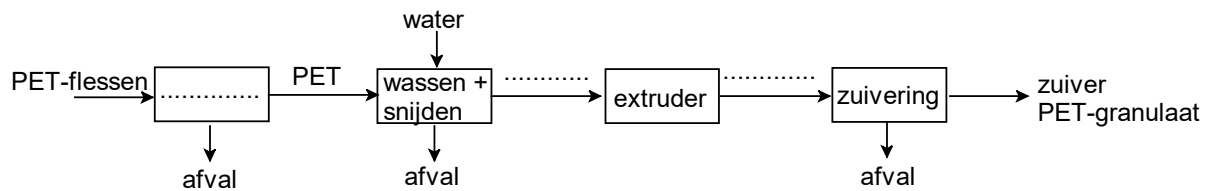
Bron: Chemie Magazine

Recycling van PET-flessen is milieubewust. In het artikel wordt zowel een mechanische als een chemische recycling beschreven..

- 2p 21 Wat is het grootste verschil tussen beide vormen van recycling?

Mechanisch

De mechanische recycling wordt uitvoerig besproken in het artikel. In onderstaand onvolledig blokschema wordt deze weergegeven.



- 2p 22 Neem het onvolledige blokschema over en maak het compleet.

Chemisch

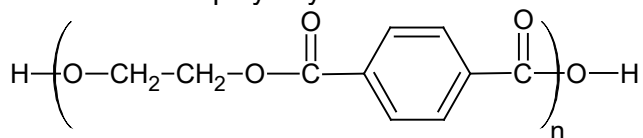
Bij de chemische recycling vindt depolymerisatie van PET plaats met behulp van glycol. Bij dezelfde temperatuur vindt ook weer polymerisatie plaats.

- 2p 23 Leg uit dat het plaatsvinden van depolymerisatie en polymerisatie bij dezelfde temperatuur energetisch gunstig is..

Er wordt gesproken over biobased PET.

- 2p 24 Leg uit of de chemische recycling leidt tot biobased PET.

PET staat voor polyethyleentereftalaat met als structuurformule voor de keten:



- 3p 25 Uit welke monomeren is PET ontstaan? Geef van de monomeren zowel de naam als de structuurformule.

Het bedrijf Cumapol is bezig met het opzetten van een biobased pilotplant.

- 2p 26 Wat is het verschil tussen een biobased pilotplant en een biobased PET-fabriek?

Concepten met kernbegrippen

Zouten: ionlading, oplosvergelijking, neerslagreactie, Ir(IX)ion, naamgeving zout

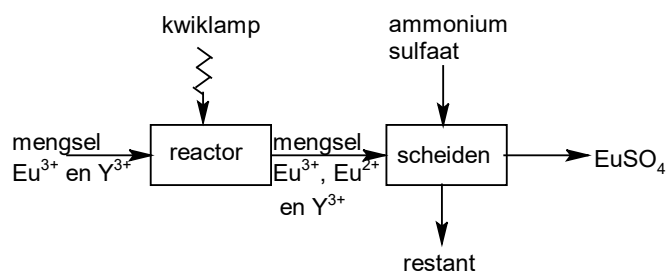
Binding en structuur: micro/macro, Lewisstructuren, ruimtelijke bouw, formele ladingen, radicalen, energie

Redox: onedel metaal, halfreacties

Organisch: PETrecycling, blokschema, depolymerisatie, pilotplant, PETfabriek

Europium slaat neer (1510-05II)

- 1 Europium is geen edelmetaal dus zal altijd als metaalion voorkomen in een zout.
- 2 Redoxreactie want de lading verandert.
- 3 $\text{Eu}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Eu}^{2+}$.
- 4 Energieopname bij een bepaalde golflengte.
- 5 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-}$.
- 6 $\text{Eu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{EuSO}_4$.
- 7



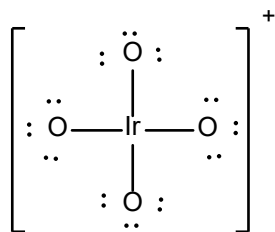
Negenwaardig iridium (1504-01)

- 8 Dat iridium als ion 9+ geladen zou zijn.
- 9 Iridium(VIII)oxide.
- 10 Xenon is een edelgas dat niet of nauwelijks een binding aangaat met andere atomen.
- 11 *Totaal aantal aanwezige elektronen in IrO_4^+*
Ir heeft 9 valentie elektronen (zie onder opmerking)
O heeft 6 valentie elektronen, totaal $4 \times 6 = 24$ elektronen
Lading ion is 1 +, dus totaal te verdelen: $9 + 24 - 1 = 32$ elektronen = 16 elektronenparen.

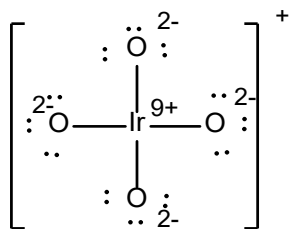
Gemeenschappelijke elektronenparen

Ir heeft 9 valentie elektronen; O streeft naar 8 elektronen, totaal $4 \times 8 = 32$ elektronen
Lading ion is 1 +, dus ideaal zou zijn: $9 + 32 - 1 = 40$ elektronen = 20 elektronenparen

Te verdelen 16 elektronenparen; streven naar 20 elektronenparen: dus gemeenschappelijk 4 elektronenparen



- 12 Bij een 4-omringing hoort een tetraëder structuur.
- 13 Elektronegativiteit van O >> elektronegativiteit Ir, dus je telt de bindende elektronenparen mee bij zuurstof. Dit levert de volgende formele ladingen op:



Opmerking

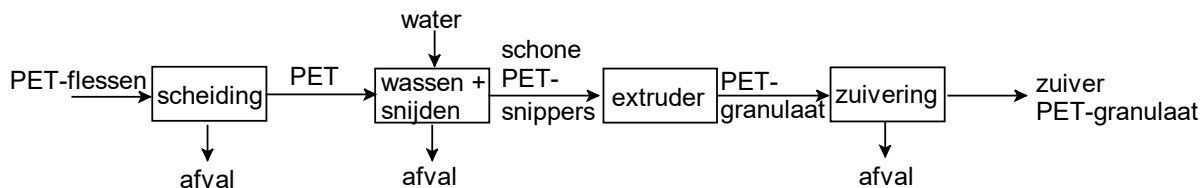
Elektronenverdeling Ir: [Xe] 6s² 4f¹⁴ 5d⁷, de elektronen die in IrO₄⁺ betrokken zijn, zullen die in 6s en 5d zijn.

Kat maakt etheen van methaan (1411-01)

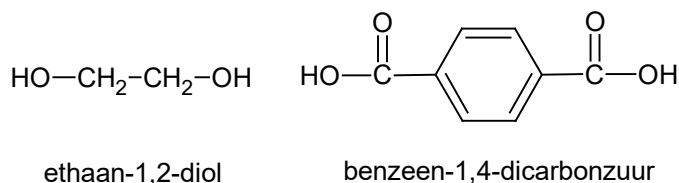
- 14 CH₄ + H₂O(g) → CO + 3 H₂.
- 15 Reactiewarmte = +0,75·10⁵ + 2,42·10⁵ - 1,105·10⁵ = +2,07·10⁵ J mol⁻¹.
- 16 2 CO + 4 H₂ → C₂H₄ + 2 H₂O.
- 17 IJzeratomen zorgen voor de specifieke omzetting van methaan in methylradicalen. Hiertoe bindt een H-atoom van CH₄ aan het ijzeratoom en stoot een CH₃•-radicaal af.
- 18 Er zijn meer methyldeeltjes nodig die op korte afstand dan met elkaar moeten reageren. De onderlinge afstand is echter te groot.
- 19 2 CH₃• → C₂H₆. Daarna: CH₃-CH₃ → CH₃-CH₂• + H• → CH₂=CH₂ + H-H.
- 20 Je spreekt over atomen, deeltjesniveau, dus microniveau.

Aardolievrije PET-fles komt eraan (1602-06)

- 21 Bij mechanische recycling blijft het PET molecuul onveranderd, bij een chemische recycling wordt het PET afgebroken en weer opnieuw opgebouwd.
- 22



- 23 Je hoeft dan niet af te koelen en opnieuw te verwarmen, je kunt direct verder.
- 24 Nee, biobased betekent dat het gebaseerd is op grondstoffen die de natuur ons levert. Bij chemische recycling ga je uit van bestaand materiaal dat uit aardolie is gevormd.
- 25



- 26 Een pilotplant betekent dat in een kleine proeffabriek wordt bekeken of het proces mogelijk is. In de echte fabriek vindt daarna dan op grote schaal de productie plaats.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Uitleg edelheid metalen		X					2
2	Type reactie aangeven		X					2
3	Halfreactie opstellen		X					2
4	Uitleg welke energievorm			X				2
5	Oplossen ammoniumsulfaat		X					2
6	Neerslaan europiumsulfaat			X				2
7	Blokschema tekenen			X				2
8	Uitleg wat IX betekent in Ir(IX)		X					2
9	Naam zout		X					2
10	Edelgas en reactiviteit			X				2
11	Lewisstructuur				X			3
12	Ruimtelijke bouw	X						2
13	Formele lading		X					2
14	Reactievergelijking opstellen			X				3
15	Reactiewarmte berekenen			X				3
16	Reactievergelijking opstellen			X				3
17	Uitleg reactiemechanisme			X				2
18	Uitleg waarom mechanisme anders verloopt			X				2
19	Uitleg mechanisme vorming etheen				X			2
20	Uitleg micro of macro			X				2
21	Verskil uitleggen tussen mechanisch en chemisch recyclen				X			2
22	Blokschema invullen		X					2
23	Uitleg waarom energiegunstig			X				2
24	Uitleg wel of niet biobased			X				2
25	Monomeren structuren met naam geven			X				3
26	Verskil plant of fabriek			X				2
								57

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{57} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen havo-4

Ruthenium-106

Kleine hoeveelheid ruthenium-106 in de lucht in delen van Europa

Het ruthenium-106 is een door mensen gemaakte radioactieve stof. Het komt vrij bij kernsplijting en wordt bijvoorbeeld gebruikt bij de behandeling van oogbol tumoren. In Wenen is een relatief hoge waarde gevonden, namelijk 42 millibecquerel per kubieke meter. Dit voegt bijna niets toe aan de straling die van nature al aanwezig is, de stralingsdosis is ongeveer 1% hoger. Dit heeft praktisch geen effect op mens of milieu.

Bron: rivm

De radioactieve stof ruthenium-106 vervalst door β^- -verval tot rhodium-106.

- 2p 1 Geef de kersamenstelling van ruthenium-106 en van rhodium-106.
- 2p 2 Wat vindt bij het verval in de kern van ruthetium-106 plaats?

In het artikel staan gegevens over de hoeveelheid ruthenium-106 die is gemeten. De eenheid Bequerel is gelijk aan 1 radioactief verval per seconde. Dat betekent dat per seconde 1 kern uiteen is gevallen. Bij het RIVM zuigen ze bij de meting ieder uur 800 m³ lucht aan. Stel dat ze de waarde uit Wenen hadden gevonden.

- 3p 3 Bereken dan hoeveel vervallende rutheniumatoomkernen ze in een uur hadden aangetroffen.
- 2p 4 Bereken hoeveel mol ruthenium dit is. Gegeven: 1,00 mol komt overeen met $6,02 \cdot 10^{23}$ atomen.

Onwel door dampen

Onwel door dampen

Een man is zaterdagavond rond acht uur onwel geworden door de giftige dampen van verschillende schoonmaakmiddelen die hij door elkaar gemengd had. Volgens de brandweer is er daardoor chloorgas vrijgekomen. De man had volgens burens schoonmaakazijn gemengd met bleekmiddel. De brandweer heeft de woning geventileerd.

Bron: Gelderlander

Het schoonmaakmiddel chloorbleekloog bevat onder meer de ionen ClO^- en Cl^- .

- 2p 5 Leg uit welke soort deeltjes chloorbleekloog zeker ook moet bevatten.

In zuur milieu ontstaat uit chloorbleekloog chloorgas.

- 3p 6 Geef de vergelijking van de reactie die opgetreden is na het mengen van de beide schoonmaakmiddelen.

In principe is in chloorbleekloog een evenwicht aanwezig dat pH-afhankelijk is.

- 3p 7 Leg uit over welk evenwicht hier gesproken wordt. Geef de vergelijking van de evenwichtsreactie.
- 3p 8 Leg aan de hand van het evenwicht uit dat er chloorgas kan ontstaan als de pH daalt.

Lubrizol

Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur

Lubrizol onderzoekt de mogelijkheid van elektrolyse van beschikbare HCl-stromen (zoutzuur). Het CPVC dat Lubrizol in Delfzijl maakt heeft een hogere chloreringsgraad dan pvc. Daardoor heeft het betere eigenschappen, waaronder een hogere temperatuur- en drukbestendigheid. Van deze kunststof worden onder andere leidingen gemaakt voor sprinklersystemen, industriële- en waterleidingsystemen.

Als bijproduct ontstaat er in het productieproces een redelijk grote hoeveelheid zoutzuur. Een klein deel van deze reststroom gaat naar magnesiumfabrikant Nedmag en de rest wordt momenteel geneutraliseerd met kalk. Volgens plantmanager Boelo Raske kan met de elektrolyse van HCl meerdere vliegen in een klap geslagen: 'Op deze wijze wordt groen waterstof gegenereerd, er worden afvalstromen gerecirculeerd en er wordt extra chloor gegenereerd.'

Bron: www.petrochem.nl

Het bedrijf Lubrizol heeft een 'reststroom' zoutzuur. Het onderzoekt de mogelijkheid om dit zoutzuur door middel van elektrolyse om te zetten in chloor en waterstof.

- 2p 9 Geef de reactie van de vorming van waterstof en chloor uit zoutzuur in een vergelijking weer.

Men spreekt in het artikel over 'groene waterstof'.

- 2p 10 Leg uit wat men daarmee wil aangeven.

Chloor wordt in de industrie onder andere gebruikt om er pvc (polyvinylchloride) mee te maken. Pvc ontstaat door polymerisatie van de stof vinylchloride (chlooretheen).

- 2p 11 Teken een stukje uit het midden van de keten van een pvc molecuul.

Bij de productie van pvc heb je te maken met diverse stoffen: chloor, etheen, chlooretheen. De uitgangsstoffen zijn chloor en etheen.

Synthese

Polyvinylchloride ontstaat na de polymerisatie van VCM (vinylchloride, chlooretheen). De productie van VCM bestaat uit twee stappen. Eerst reageert etheen met chloor (Cl_2) tot 1,2-dichloorethaan (EDC). Vervolgens wordt dit EDC geëlimineerd tot VCM en waterstofchloride (HCl). Ongeveer 30% van de wereldwijde chloorproductie wordt gebruikt voor de productie van VCM.

Bron: wikipedia

- 3p 12 Geef stap voor stap met reactievergelijkingen in structuurformules aan hoe uit chloor en etheen VCM ontstaat.

Er zijn nog andere manieren om de reststroom zoutzuur weg te werken. Eén manier is de omzetting van zoutzuur met behulp van kalk, calciumcarbonaat.

- 3p 13 Geef de reactie tussen zoutzuur en kalk in een vergelijking weer.

Slimme polymeren

Slimme polymeren repareren je knie

Een beetje van het lab en een beetje van jezelf. Dat is de essentie van *tissue engineering*, waarbij je het lichaam er toe aanzet zelf kapotte onderdelen te repareren. Polymeren helpen daarbij een handje. Met je knie kan van alles misgaan. Versleten werk, een ongeluk of een gescheurde meniscus. Repareren gebeurt in die gevallen doorgaans door bot te halen uit je heup. Het grote nadeel is dat je niet zomaar grote hoeveelheden elders kunt weghalen. Pamela Habibovic van de Universiteit van Maastricht werkt aan een alternatief. 'Wij ontwikkelen slimme materialen die ter plekke in het lichaam cellen aanzetten tot groei'. Zij ontdekte dat calciumfosfaat stamcellen kan aanzetten om botcellen te vormen en botweefsel te laten groeien. 'Grotere sterkte kun je bereiken door materialen te combineren, bijvoorbeeld door calciumfosfaat te mengen collageen of polymeer'. Dirk Grijpma van de Universiteit Twente onderzoekt zulke combinaties van materialen. Bij tissue engineering gaat het er om het lichaam te stimuleren om zelf nieuw weefsel te maken op de plaats van het defect. Dat gebeurt door een drager te maken die past in het defect. Deze drager is vaak van degradeerbaar materiaal, zoals PCL, PLA of PGA, of copolymeren daarvan. Maar ze hebben ook nadelen. Grijpma kwam met een alternatief: PTMC, een polycarbonaat. Het vormt de onschadelijke afbraakproducten 1,3-propaandiol, koolzuur en water.

Bron: C2W

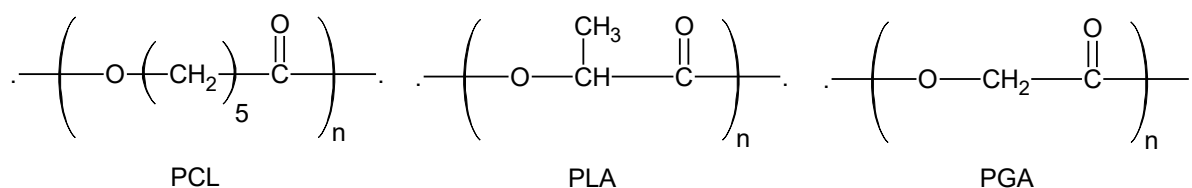
Het materiaal calciumfosfaat is heel bros. Je kunt het versterken door het te combineren met bijvoorbeeld een polymeer.

- 2p 14 Hoe heet zo'n mengsel van twee soorten materialen dat betere eigenschappen heeft dan de aparte materialen?

Calciumcarbonaat wordt in tissue engineering toegepast.

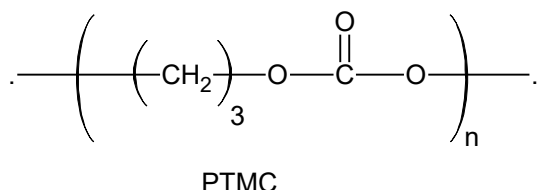
- 2p 15 Wat versta je onder tissue engineering?

De gebruikte polymeren PCL, PLA en PGA hebben overeenkomstige structuurformules:



- 2p 16 Leg uit dat PCL, PLA en PGA alle drie polyesters zijn.
2p 17 Geef de structuurformules van één van de monomeren van PCL, PLA en PGA.

PTMC heeft een afwijkende structuurformule:.



- 2p 18 Geef de structuurformule van het monomeer van PTMC.
3p 19 Leg aan de hand van de structuurformule van het monomeer uit dat bij afbraak de producten 1,3-propaandiol en koolzuur kunnen ontstaan.

Bioplastics

Bioplastics

De dagverse melk en karnemelk van FrieslandCampina hebben sinds 2015 een biobased verpakking. Zowel de dop als de coating aan de binnenkant zijn gemaakt van bioplastic (polyetheen) uit organisch restmateriaal. Voor de ontwikkeling van het biobased melkpak werkt de zuivelgigant samen met Elopak. Het karton van het pak was al hernieuwbaar en nu zijn ook bioplastics toegevoegd. De verpakking is voor 100% recyclebaar.

Bron: *agrochemie*



Er wordt gesproken over biobased verpakkingen.

2p 20 Licht de term biobased toe.

Oude verpakkingen met polyetheen als coating waren gemaakt met aardolie als grondstof. Polyetheen wordt gemaakt uit etheen.

2p 21 Teken een stukje uit het midden van polyetheen in structuurformules weer. Teken minimaal vier monomeereenheden.

2p 22 Leg uit of het voor de eigenschappen van de kunststof polyetheen uitmaakt of je uitgaat van etheen gemaakt uit aardolieproducten of uit organisch restmateriaal.

Polyetheen uit aardolie

Productie van etheen

De productie van etheen vindt plaats door het stoomkraken van ethaan, LPG (propaan/butaanmengsel), nafta's, gasolie en wassen. Dit zijn mengsels van koolwaterstoffen met een kookpunt tussen 30°C en 200°C afkomstig van de destillatie van aardolie, gasolie of zelfs hoogmoleculaire wassen. In een stoomkraker (*steam cracker*) worden deze koolwaterstoffen gemengd met stoom en gedurende korte tijd (0,1 tot 0,5 seconde) blootgesteld aan een zeer hoge temperatuur (tot 875°C). De koolwaterstoffen breken daardoor op in kleinere moleculen, waarvan de voornaamste de onverzadigde koolwaterstoffen etheen, propeen, buteen en 1,3-butadien zijn. Deze worden dan van elkaar gescheiden in een opeenvolging van destillatietorens en chemische bewerkingen.

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Etheen>

Van ethaan naar etheen

Het proces van ethaan naar etheen, ook wel thermische dehydrogenering genoemd, verloopt via een aantal stappen met radicalen:

Initiatie: verloopt via openbreken van de C-C-binding in ethaan, waardoor twee methylradicalen ontstaan

Propagatie:

- het methylradicaal reageert met ethaan waarbij methaan en een ethylradicaal ontstaan.
- het ethylradicaal splitst in etheen en een waterstofradicaal
- het waterstofradicaal reageert met ethaan, waarbij waterstof, H₂, en een ethylradicaal ontstaan

Terminatie: twee radicalen reageren met elkaar.

3p 23 Geef de initiatiestap en de propagatiestappen zoals hierboven beschreven staan in structuurformules weer.

2p 24 Geef ook een mogelijke terminatiereactie weer.

2p 25 Welk type polymerisatie treedt op bij de polymerisatie van etheen tot polyetheen?

Concepten met kernbegrippen

Atoombouw: kernsamenstelling, kernreactie;

Rekenen: aantal deeltjes, aantal mol;

Binding en structuur: structuur afleiden uit molecuulformule;

Zout: ionbegrip;

zuur-base: reactie opstellen;

redox: elektrolyse;

organische chemie: naamgeving, afleiden structuur, polymerisatie, polyester, monomeer, radicaalmechanisme, biobased;

reacties en evenwicht: evenwichtsreactie, evenwichtsverschuiving;

biochemie: sacharose, glucose, melkzuur, reacties;

divers: groene waterstof.

Ruthenium-106 (1803-10)

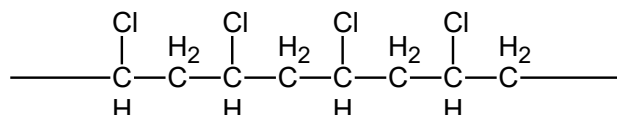
- 1 Ru-106 vervalst tot Rh-106. Ru-106 bevat 44 protonen en 62 neutronen, Rh-106 bevat 45 protonen en 61 neutronen.
- 2 Dus 1 neutron is omgezet in 1 proton en 1 elektron (die als straling uitgestoten wordt).
- 3 Ze zuigen 800 m³ lucht aan per uur.
Er is 42 · 10⁻³ Bequerel gemeten per m³.
Dan vinden ze in een week 800 x 42 x 10⁻³ = 34 atoomkernen
- 4 $34 / (6,02 \cdot 10^{23}) = 5,6 \cdot 10^{-23}$ mol.

Onwel door dampen (1604-05)

- 5 Naast negatieve ionen zal de oplossing zeker ook positieve ionen moeten bevatten.
- 6 $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
- 7 Het evenwicht tussen Cl₂ en ClO⁻/Cl⁻: $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2 \text{OH}^-$.
- 8 Als de pH daalt zal de [OH⁻] afnemen waardoor de reactie naar links minder snel verloopt. We zeggen dan dat het evenwicht naar rechts verschuift. Dan zal er ook meer chloorgas gevormd gaan worden.

Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur (1805-13)

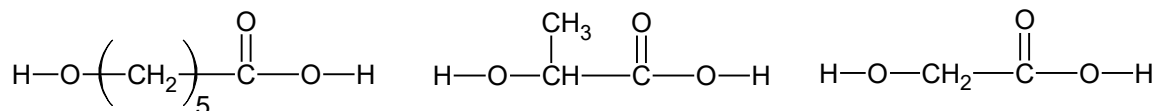
- 9 $2 \text{H}^+ + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$.
- 10 Dat de stroom die gebruikt wordt bij de elektrolyse afkomstig is uit duurzame energiebronnen.
- 11



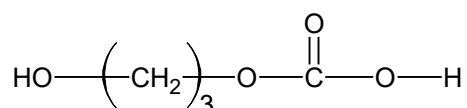
- 12 Chloor en etheen reageren met elkaar tot 1,2-dichloorethaan. Deze stof wordt ontleed in chlooretheen en waterstofchloride. Het chlooretheen wordt gepolymeriseerd tot pvc.
 $\text{Cl}_2 + \text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$.
Daarna: $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl}$.
Als laatste stap: $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$
- 13 $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Slimme polymeren (1503-07)

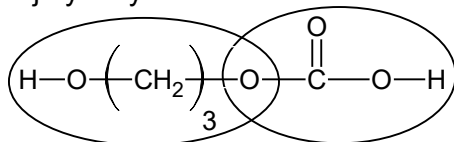
- 14 Zo'n mengsel heet een composiet.
 15 Bij tissue engineering gaat het erom het lichaam te stimuleren om zelf nieuw weefsel te maken op de plek van een defect
 16 Ze bevatten alle drie de estergroep die gevormd is uit een carbonzuurgroep en een hydroxygroep.
 17 Eén van volgende structuurformules.



18



- 19 Bij hydrolyse en verdere afbraak kunnen de genoemde producten ontstaan:

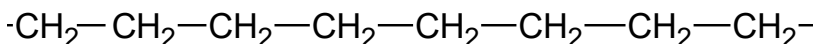


propaan-1,3-diol koolzuur

Het linker gedeelte van het molecuul levert propaan-1,3-diol en het rechter gedeelte koolzuur (koolstofdioxide).

- 20 Biobased betekent dat het gemaakt is uit hernieuwbare grondstoffen.

21



- 22 Nee dat zal geen verschil maken als men tenminste het productieproces van etheen naar polyetheen op dezelfde manier uitvoert.
 23 initiatie: $\text{CH}_3-\text{CH}_3 \rightarrow 2 \text{CH}_3\cdot$
 Propagatie: $\text{CH}_3\cdot + \text{CH}_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot$
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}\cdot$
 $\text{H}\cdot + \text{CH}_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot + \text{H}_2$ et cetera.
 24 Terminatie als twee radicalen met elkaar reageren. Mogelijke terminatiereacties zijn:
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot + \text{H}\cdot \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$. Of: $\text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot + \text{CH}_3-\text{CH}_2\cdot \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$.
 Of: $\text{H}\cdot + \text{H}\cdot \rightarrow \text{H}_2$.
 25 Het is een polyadditiereactie.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	kernsamenstelling			X				2
2	Kernreactie		X					2
3	Berekening aantal atomen		X					3
4	Berekening aantal mol		X					2
5	Positieve en negatieve ionen		X					2
6	Reactie tussen zuur en bleekloog			X				3
7	Evenwichtsreactie		X					3
8	Verschuiving evenwicht			X				3
9	Reactievergelijking geven		X					2
10	Uitleg 'groene waterstof'		X					2
11	Structuur pvc		X					2
12	Reacties vorming VC		X					3
13	Zuur-basereactie		X					3
14	Noemen van composiet		X					2
15	Uitleg begrip tissue engineering			X				2
16	Uitleg waarom het esters zijn			X				2
17	Monomeren van polyesters tekenen			X				2
18	Monomeer PTMC tekenen			X				2
19	Uitleg mogelijke afbraakproducten				X			3
20	Begrip biobased uitleggen			X				2
21	Stuk uit midden van PE tekenen			X				2
22	Uitleg of soort grondstof verschil oplevert			X				2
23	Initiatie- en propagatie stappen weergeven				X			3
24	Terminatiestap weergeven				X			2
25	Type polymerisatie noemen		X					2
								56

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{56} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. {TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)



Chemie Aktueel (school)examen vwo-4

Ruthenium-106

Kleine hoeveelheid ruthenium-106 in de lucht in delen van Europa

Het ruthenium-106 is een door mensen gemaakte radioactieve stof. Het komt vrij bij kernsplijting en wordt bijvoorbeeld gebruikt bij de behandeling van oogbultumoren. In Wenen is een relatief hoge waarde gevonden, namelijk 42 millibecquerel per kubieke meter. Dit voegt bijna niets toe aan de straling die van nature al aanwezig is, de stralingsdosis is ongeveer 1% hoger. Dit heeft praktisch geen effect op mens of milieu.

Bron: rivm

Het radioactieve element ruthenium-106 vervalt door β^- -verval tot rhodium-106.

- 2p 1 Leg uit welke kernreactie plaatsvindt bij het verval van ruthenium-106.

In het artikel staan gegevens over de hoeveelheid ruthenium-106 die is gemeten. De eenheid Becquerel is gelijk aan 1 radioactief verval per seconde. Dat betekent dat per seconde 1 kern uiteen is gevallen. Bij het RIVM zuigen ze bij de meting ieder uur 800 m³ lucht aan. Stel dat ze de waarde uit Wenen hadden gevonden.

- 3p 2 Bereken dan hoeveel vervallende rutheniumatoomkernen ze in een week hadden aangetroffen.
- 2p 3 Bereken hoeveel mol ruthenium dit is.

Lubrizol

Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur

Lubrizol onderzoekt de mogelijkheid van elektrolyse van beschikbare HCl-stromen (zoutzuur). Het CPVC dat Lubrizol in Delfzijl maakt heeft een hogere chloreringsgraad dan pvc. Daardoor heeft het betere eigenschappen, waaronder een hogere temperatuur- en drukbestendigheid. Van deze kunststof worden onder andere leidingen gemaakt voor sprinklersystemen, industriële- en waterleidingsystemen.

Als bijproduct ontstaat er in het productieproces een redelijk grote hoeveelheid zoutzuur. Een klein deel van deze reststroom gaat naar magnesiumfabrikant Nedmag en de rest wordt momenteel geneutraliseerd met kalk. Volgens plantmanager Boelo Raske kan met de elektrolyse van HCl meerdere vliegen in een klap geslagen: 'Op deze wijze wordt groen waterstof gegenereerd, er worden afvalstromen gerecirculeerd en er wordt extra chloor gegenereerd.'

Bron: www.petrochem.nl

Het bedrijf Lubrizol heeft een 'reststroom' zoutzuur. Het onderzoekt de mogelijkheid om dit zoutzuur door middel van elektrolyse om te zetten in chloor en waterstof.

- 2p 4 Geef de halfreacties van de elektrolyse van zoutzuur in reactievergelijkingen weer. Geef ook aan bij welke elektrode de halfreacties verlopen.

Men spreekt in het artikel over 'groene waterstof'.

- 2p 5 Leg uit wat men daarmee wil aangeven.

Chloor wordt in de industrie onder andere gebruikt om er pvc (polyvinylchloride) mee te maken. Pvc ontstaat door polymerisatie van de stof vinylchloride (chlooretheen).

- 2p 6 Teken een stukje uit het midden van de keten van een pvc molecuul in structuurformules weer.

Lubrizol maakt CPVC. Dit CPVC heeft een hogere chloreringsgraad dan pvc. Je kunt pvc weergeven als $(C_2H_3Cl)_n$ en CPVC als $(C_2HCl_3)_n$.

- 2p 7 Teken de repeterende eenheid van een CPVC-molecuul waarin de hogere chloreringsgraad duidelijk naar voren komt. Licht kort toe.
4p 8 Bereken het massapercentage chloor in pvc en in CPVC.

Bij de productie van pvc heb je te maken met diverse stoffen: chloor, etheen, chlooretheen. De uitgangsstoffen zijn chloor en etheen.

Synthese

Polyvinylchloride ontstaat na de polymerisatie van VCM (vinylchloride, chlooretheen). De productie van VCM bestaat uit twee stappen. Eerst reageert etheen met chloor (Cl_2) tot 1,2-dichloorethaan (EDC). Vervolgens wordt dit EDC geëlimineerd tot VCM en waterstofchloride (HCl). Ongeveer 30% van de wereldwijde chloorproductie wordt gebruikt voor de productie van VCM.

Bron: wikipedia

- 3p 9 Geef voor elke stap in het proces van etheen tot VCM de reactie in structuurformules weer.

Er zijn nog andere manieren om de reststroom zoutzuur weg te werken. Eén manier is de omzetting van zoutzuur met behulp van kalk, calciumcarbonaat.

- 3p 10 Geef de reactie tussen zoutzuur en kalk in een vergelijking weer.

Gebarsten smartphones

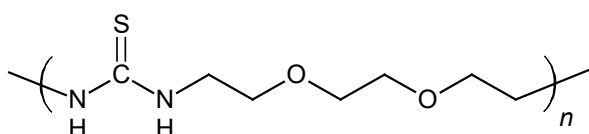
Geen gebarsten smartphonescherm meer?

Een gebarsten smartphonescherm behoort binnenkort wellicht tot het verleden. Een Japanse universiteitsstudent ontdekte per ongeluk een nieuw zelf herstellend 'glas' tijdens een experiment met een bepaalde lijmstof.

Het was student Yu Yanagisawa die de oorspronkelijke vondst deed, terwijl hij eigenlijk lijm van het bewuste polymeer, genaamd poly(etherthiourea), wilde maken. Bij insnijdingen in het oppervlak zag hij dat de eindjes weer aan elkaar gingen kleven. Yanagisawa begreep meteen het enorme potentieel en herhaalde het experiment een aantal keren om zeker te zijn. Met succes. Het scherm werd ook weer net zo sterk als voor de breuk.

Bron: www.glasinbeeld.nl

Het onderzochte materiaal bestaat uit een polymeer met de naam poly(etherthiourea). De structuurformule ervan staat in figuur 1. "Thio" in de naam duidt op de aanwezigheid van een zwavelatoom.



Figuur 1 Structuurformule poly(etherthiourea), TUEG₃

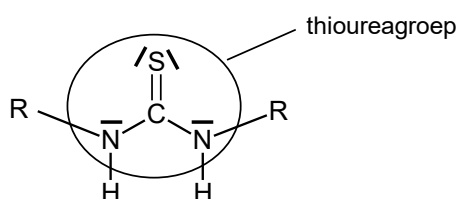
- 2p 11 Geef in de structuurformule, in de bijlage, aan waarom men de naam “ether” gebruikt.

Waterstofbruggen

In het artikel van Yu Yanagisawa in het wetenschappelijke tijdschrift Science staat dat het herstel van een breuk mogelijk is door de aanwezige waterstofbruggen tussen de polymeerketens. Hierbij zou tussen de zwavelatomen in de ene polymeerketen en de waterstofatomen aan het stikstofatoom van een naburige polymeerketen een waterstofbrug optreden.

- 2p 12 Leg uit waardoor dit met je huidige kennis over waterstofbruggen verwondering opwekt.

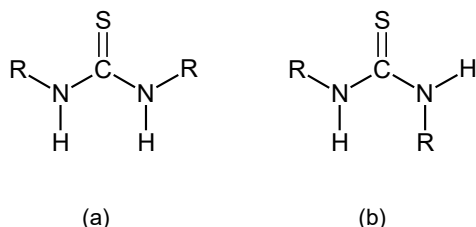
De verklaring voor de mogelijkheid van een waterstofbrug ligt in het optreden van mesomerie in de thiourea-groep in de polymeerketen (figuur 2).



Figuur 2 Structuurformule thiourea-groep

- 2p 13 Teken in de bijlage de mesomere grensstructuren van de thiourea-groep.
 2p 14 Leg uit waardoor mesomerie een waterstofbrug tussen de zwavelatomen en de waterstofatomen aan een stikstofatoom mogelijk maakt.

Bij de thiourea-groep is sprake van *cis-trans* isomerie (figuur 3). Afhankelijk van het isomeer ontstaat een andere wisselwerking via waterstofbruggen met naburige polymeerketens.



Figuur 3 Isomeren thiourea-groep

Voor de naamgeving bekijkt men ten opzichte van een C-N binding de oriëntatie van het zwavelatoom en het waterstofatoom aan het N-atoom ten opzichte van elkaar.

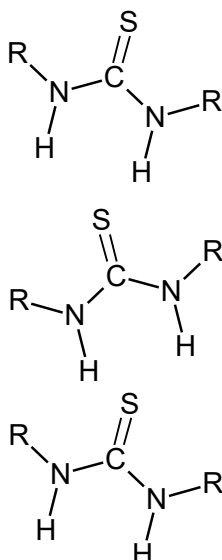
- 2p 15 Geef in de bijlage voor twee isomeren de aanvullingen *cis* en *trans* voor beide groepen in de thiourea-groep aan.

Transparant

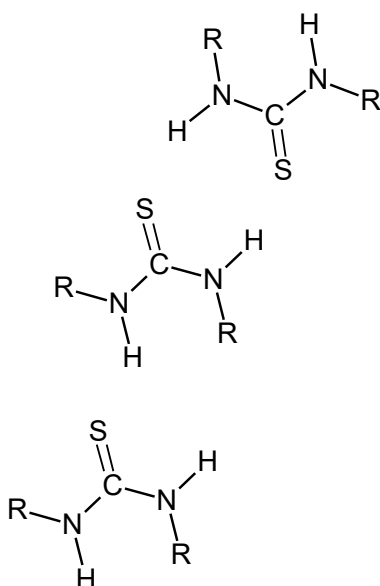
Uit kristallografische metingen is de oriëntatie van de polymeerketens ten opzichte van elkaar bekend.

Het blijkt dat die oriëntatie van de polymeerketens ten opzichte van elkaar verschillend is afhankelijk van thiourea-groep (a) en (b).

In figuur 4 staan die twee oriëntaties ten opzichte van elkaar weergegeven voor polymeerketens met de thiourea-groep (a) en (b).



Figuur 4a Rangschikking polymeerketens met thioureagroep (isomeer a, figuur 3). Zie voor R figuur 1.



Figuur 4b Rangschikking polymeerketens thioureagroep (isomeer b, figuur 3). Zie voor R figuur 1.

- 2p 16 Geef in de bijlage de waterstofbruggen aan in de rangschikking van de polymeerketens zoals weergegeven in figuur 4a.
- 2p 17 Geef in de bijlage de waterstofbruggen aan in de rangschikking van de polymeerketens zoals weergegeven in figuur 4b.

Het scherm van een telefoon is transparant. Het materiaal bestaand uit het poly(etherthiourea) polymeer is ook transparant.

- 2p 18 Geef de naam van de mesostructuur waarin de polymeerketens gerangschikt zijn om op macroniveau te zorgen voor transparant materiaal.
- 3p 19 Leg uit waardoor deze mesostructuur bij de polymeerketens uit figuur 4a en 4b optreedt.

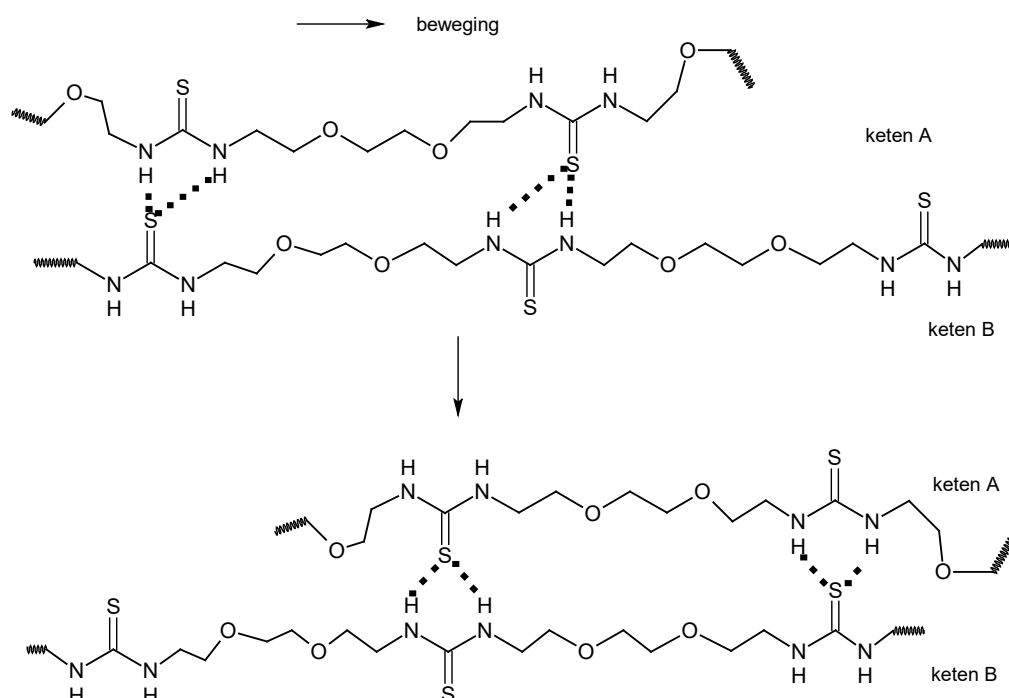
Zelf herstellend glas

Zelf herstellend 'glas'

Het materiaal dat zichzelf herstelt, is een soort stevig plastic, dat je met een schaar doormidden kunt knippen, waarna het zichzelf binnen 24 uur weer heel maakt. Het enige wat je nodig hebt, is een temperatuur van 21 °C. Verder moet je enkel een halve minuut lichtjes op de barsten drukken om ze weer netjes in elkaar te laten vloeien. Het materiaal heeft de naam Wolverine gekregen, naar het gelijknamige stripfiguur dat ook de kracht bezit om zichzelf te herstellen.

Bron: www.glasinbeeld.nl

De onderzoekers hebben de twee stukjes van het gebroken materiaal een halve minuut zachtjes tegen elkaar gedrukt om ze weer netjes in elkaar te laten vloeien. Ze veronderstellen dat tijdens het drukken de polymeerketens langs elkaar heen kunnen schuiven, zie figuur 5, en zo het materiaal laten herstellen. Bij dit schuiven worden er waterstofbruggen verbroken en nieuwe gevormd.



Figuur 5 Het schuiven van polymeerketens ten opzichte van elkaar.

Er komt tussen de begin- en eindtoestand nog een tussentoestand voor waarin ook waterstofbruggen worden gevormd.

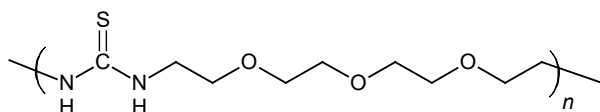
- 3p 20 Teken in de bijlage de stand van keten A ten opzichte van keten B in de tussentoestand

Om hun veronderstelling te onderbouwen hebben de onderzoekers ook een ander polymeer getest dat wel thioureagroepen bevat. Dit polymeer vertoonde geen zelfherstel.

- 3p 21 Geef de structuurformule van een mogelijk polymeer met thioureagroepen dat geen zelfherstel kent en licht je antwoord toe. Geef in je antwoord de structuurformule van het polymeer weer zoals in figuur 1.

Andere polymeren

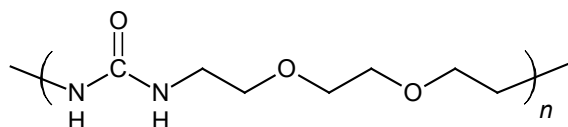
De onderzoekers hebben een andere poly(etherthiourea), TUEG₄, onderzocht. De structuurformule staat in figuur 6. De glas temperatuur van TUEG₄ is 278 K



Figuur 6 Structuurformule TUEG₄

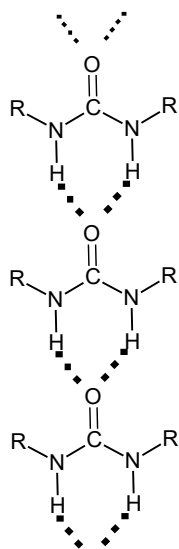
- 3p 22 Leg uit waardoor TUEG₄ niet geschikt zal zijn als polymeer voor zelf herstellend “glas” in een apparaat.

De onderzoekers hebben nóg een polymeer onderzocht, nu met een ureagroep in plaats van een thiouregroep. In een ureagroep is ten opzichte van de thiouregroep in plaats van een zwavelatoom een zuurstofatoom aanwezig. De onderzoekers hebben ook zo'n poly(etherurea), UEG₃ figuur 7, onderzocht.



Figuur 7 Structuurformule poly(etherurea), UEG₃

Uit kristallografische gegevens blijkt dat de ordening van de polymeerketens in het materiaal is zoals weergegeven in figuur 8. Tussen de polymeerketens zijn de waterstofbruggen aangegeven.



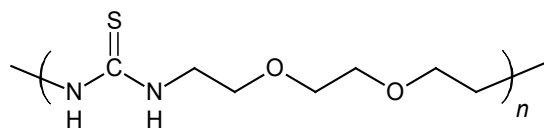
Figuur 8 Rangschikking polymeerketens met ureagroep. Zie voor R figuur 7.

Het materiaal gemaakt uit poly(etherurea) polymeren, UEG₃ blijkt niet geschikt te zijn als materiaal voor het “glas” van een telefoon.

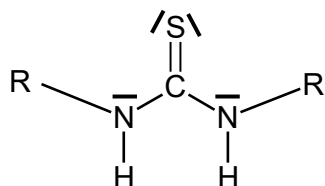
- 3p 23 Leg op mesoniveau uit waardoor UEG₃ in vergelijking met TUEG₃ niet geschikt is.

Bijlagen

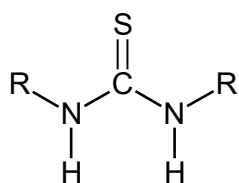
Antwoord 11



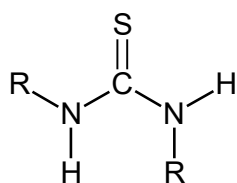
Antwoord 13



Antwoord 15

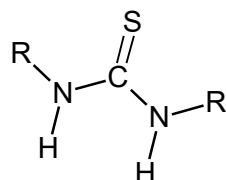
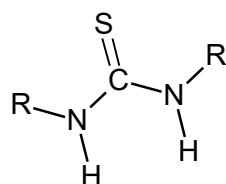
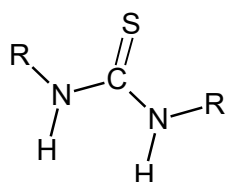


....., thiourea

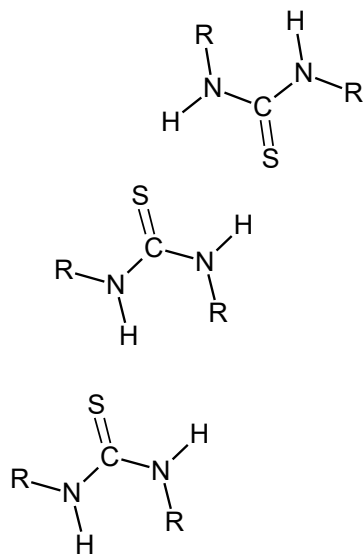


....., thiourea

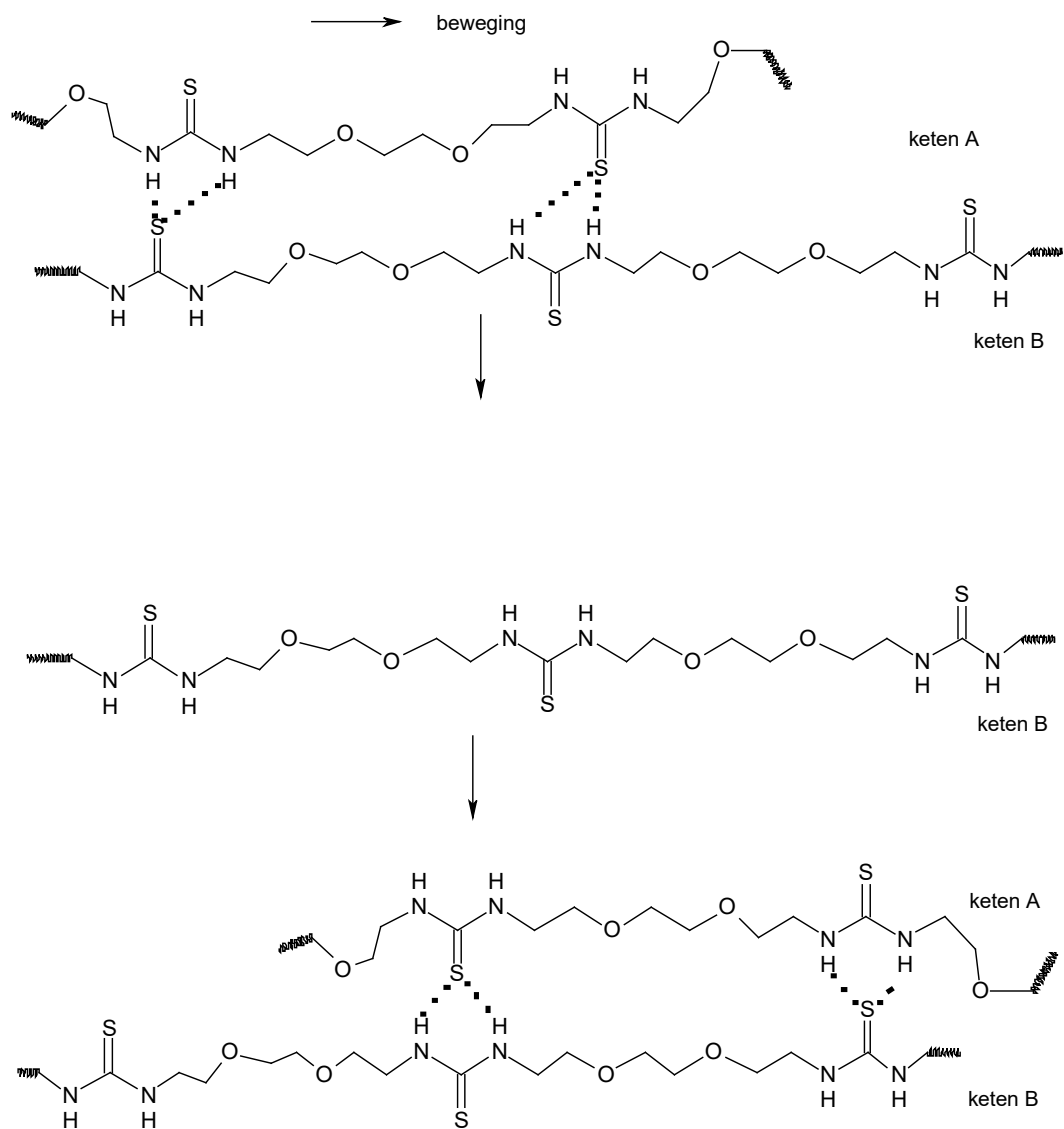
Antwoord 16



Antwoord 17



Antwoord 20



Concepten met kernbegrippen

Atoombouw: kernreactie;

Rekenen: aantal deeltjes, aantal mol;

Binding en structuur: waterstofbruggen, mesomerie, cis-trans;

zuur-base: reactie opstellen;

redox: elektrolyse;

organische chemie: naamgeving, reacties, afleiden structuur, polymeren;

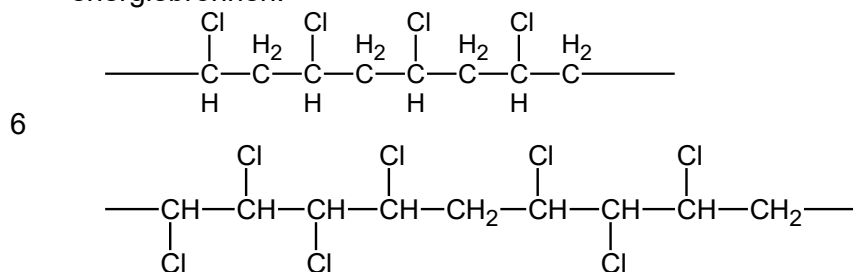
divers: micro-macroredeneren, groene chemie.

Ruthenium-106 (1803-10)

- 1 Ru-106 vervalst tot Rh-106. Ru-106 bevat 44 protonen en 62 neutronen, Rh-106 bevat 45 protonen en 61 neutronen. Dus 1 neutron is omgezet in 1 proton en 1 elektron (die als straling uitgestoten wordt).
- 2 Ze zuigen $800 \times 24 \times 7 = 134400 \text{ m}^3$ lucht aan in een week.
Er is $42 \cdot 10^{-3}$ Bequerel gemeten per m^3 .
Dan vinden ze in een week $134400 \times 42 \times 10^{-3} = 5645$ atoomkernen
- 3 $5645 / (6,02 \cdot 10^{23}) = 9,38 \cdot 10^{-21} \text{ mol}$

Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur (1805-13)

- 4 minelektrode: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$. Pluselektrode: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$.
- 5 Dat de stroom die gebruikt wordt bij de elektrolyse afkomstig is uit duurzame energiebronnen.



- 7
- 8 PVC: $(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$. De repeterende eenheid bevat 1 Cl met massa 35,45 u. Totale repeterende eenheid bevat 1 Cl, 2 C en 3 H met massa $1 \times 35,45 + 2 \times 12,01 + 3 \times 1,008 = 62,494 \text{ u}$

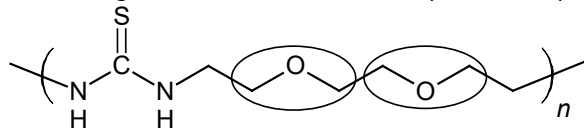
$$\text{Massapercentage chloor} = \frac{35,45}{62,494} \times 100\% = 56,73\% \text{ Cl.}$$

CPVC: De repeterende eenheid bevat 7 Cl met massa $7 \times 35,45 = 248,15 \text{ u}$. De totale repeterende eenheid bevat 7 Cl, 9 C en 11 H met massa $7 \times 35,45 + 9 \times 12,01 + 11 \times 1,008 = 367,328 \text{ u}$.

$$\text{Massapercentage chloor} = \frac{248,15}{367,328} \times 100\% = 67,56\% \text{ Cl.}$$

- 9 Chloor en etheen reageren met elkaar tot 1,2-dichloorethaan. Deze stof wordt ontleed in chlooretheen en waterstofchloride. Het chlooretheen wordt gepolymeriseerd tot pvc.
 $\text{Cl}_2 + \text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$.
Daarna: $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl}$.
Als laatste stap: $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$
- 10 $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

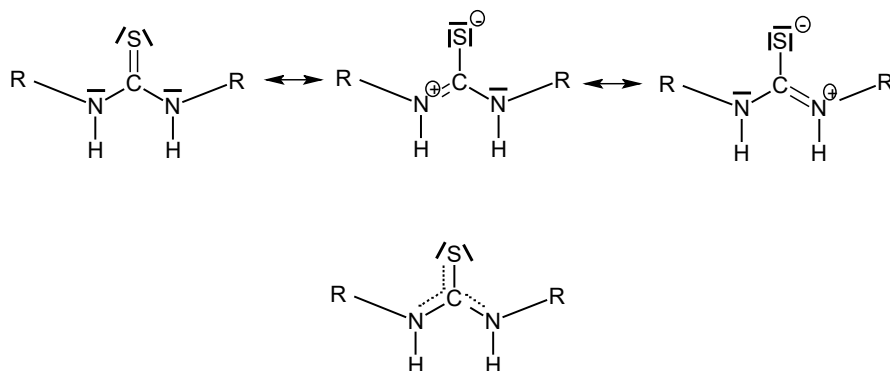
Zelf Herstellend glas binnen handbereik (1804-03II)



11

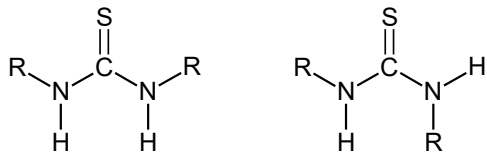
12 Een waterstofbrug is een (niet-covalente) binding tussen een elektronenpaar op een sterk elektronegatief atoom (zuurstof, stikstof of fluor) en een naburig waterstofatoom, gebonden aan een ander sterk elektronegatief atoom.

13



14 Door mesomerie krijgt het zwavelatoom meer lading dan op basis van het verschil in elektronegativiteit tussen het C- en S-atoom. Hierdoor is een waterstofbrug tussen een S-atoom en een naburig H-atoom wel mogelijk.

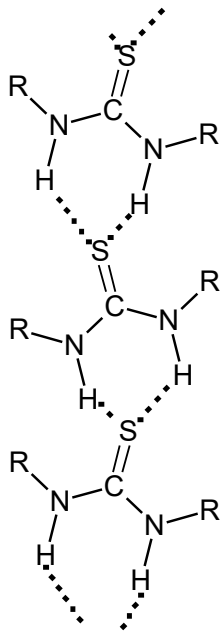
15



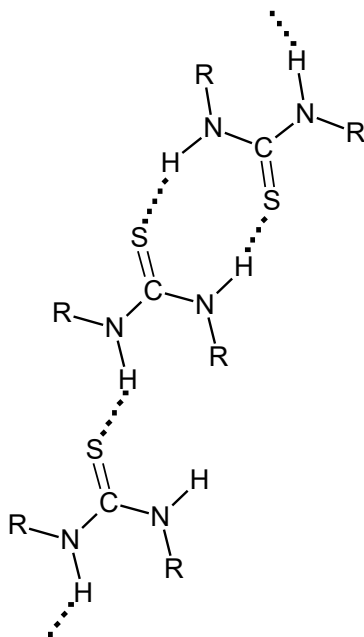
trans, trans thiourea

cis, trans thiourea

16

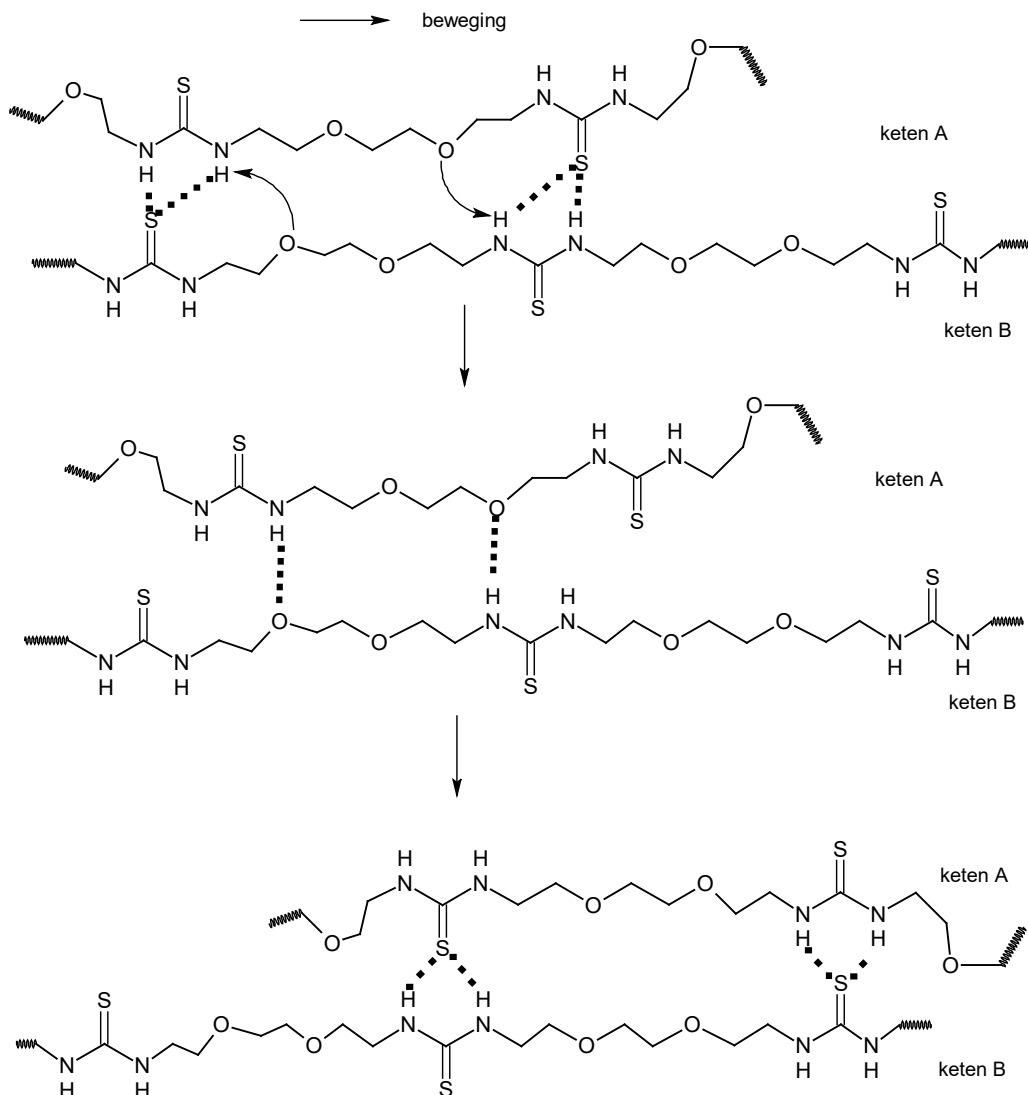


17

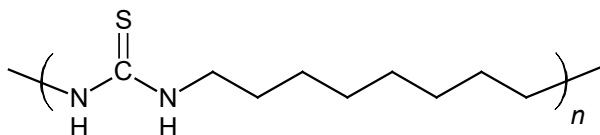


- 18 Amorfe structuur (volkomen willekeurige rangschikking).
- 19 De ketens zullen ongeordend in het materiaal verspreid liggen

20



21



Het polymeer moet niet in staat zijn om in de keten tussen de thioureagroepen waterstofbruggen te vormen. Een alkylketen kan daarvoor gebruikt worden, daarin zijn geen atomen aanwezig die waterstofbruggen kunnen vormen.

- 22 De glastemperatuur ligt beneden kamertemperatuur. Dat betekent dat TUEG₄ bij kamertemperatuur niet hard en stevig zal zijn, maar zacht en soepel.
- 23 De ketens van UEG₃ zullen geordend naast elkaar liggen. De stof zal daardoor een kristallijne structuur hebben. Het materiaal is daardoor niet transparant.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Kernreactie			X				2
2	Berekening aantal atomen		X					3
3	Berekening aantal mol		X					2
4	Elektrolyse reactie in halfreacties		X					2
5	Uitleg 'groene waterstof'		X					2
6	Structuur pvc		X					2
7	Structuur cpvc			X				2
8	Berekening massapercentage chloor			X				4
9	Reacties vorming vc		X					3
10	Zuur-basereactie		X					3
11	Aangeven ethergroep		X					2
12	Theorie H-brug		X					2
13	Mesomerie			X				2
14	Uitleg H-brug met S				X			2
15	Cis-trans			X				2
16	Aangeven H-bruggen			X				2
17	Aangeven H-bruggen			X				2
18	Naam amorfe structuur		X					2
19	Uitleg wanneer transparant		X					2
20	Tussentoestand aangeven			X				3
21	Uitleg aan de hand van structuur			X				3
22	Uitleg TUEG ₄				X			3
23	Uitleg waarom niet transparant			X				3
								55

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{55} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen havo-3

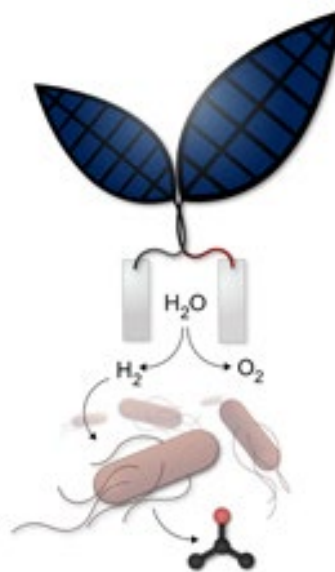


Bionisch blad

Bionisch blad

Kunstmatige blaadje gebruikt zonne-energie om watermoleculen te splijten en waterstof-etende bacteriën om brandstoffen te produceren.

Wanneer je het blaadje in water legt en vervolgens door zonlicht laat beschijnen, komt er aan de ene kant van het blad waterstof vrij en aan de andere kant zuurstof. Vrijgekomen waterstof kan in principe direct als brandstof gebruikt worden. Maar het kan ook aan aangepaste bacteriën worden ‘gevoerd’ die het omzetten in vloeibare brandstoffen.



Meer mogelijkheden

En er zijn meer mogelijkheden, zo benadrukken de onderzoekers.

“Het mooie van biologie is dat het ’s werelds beste chemicus is: biologie kan chemie die voor ons lastig is, tot stand brengen,” vertelt onderzoeker Pamela Silver. “In principe hebben we hier een platform dat elk op koolstof gebaseerd molecuul kan maken. Dus het kan zeer veelzijdig zijn

Super-efficiënt

Het is niet het eerste bionische blaadje dat Nocera aflevert. Dankzij een nieuwe katalysator (een stof die de snelheid van de chemische reactie beïnvloedt, maar zelf niet verbruikt wordt) is het laatste bionische blaadje van de hand van Nocera vele malen efficiënter. Het blaadje kan met een efficiëntie van zo’n 10 procent zonne-energie omzetten in biomassa. Daarmee doet het blaadje het beter dan de snelstgroeïende planten die een efficiëntie van zo’n 1 procent hebben.

Bron: <https://www.scientias.nl/>.

Daniel Nocera en zijn onderzoeksteam hebben een nieuw bionisch blad gemaakt. In het artikel staat aangegeven welke reactie men met het bionische blad kan laten verlopen.

- 3p 1 Geef de vergelijking voor deze reactie.
2p 2 Leg uit of deze reactie endotherm of exotherm is.

In dit nieuwe bionische blad gebruikt men een andere katalysator dan in een eerdere versie van het blad.

- 3p 3 Teken een energiediagram voor de reactie in het bionische blad waarin je zowel de situatie met de oude als de nieuwe katalysator laat zien. Zorg dat het verschil voor beide bladen goed zichtbaar is.

Je hebt tot nu toe voor fotosynthese een andere reactie opgesteld, namelijk degene waarbij glucose gevormd wordt. Glucose is de brandstof voor het menselijk lichaam.

- 3p 4 Geef de fotosynthesereactie waarbij glucose gevormd wordt.

Een andere bron over hetzelfde blaadje vertelt onder andere het volgende

Dit bionische blad is 10x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje

In het 'blad' splitst zonne-energie een watermolecule en bacteriën vormen waterstof en kooldioxide om in vloeibare brandstof. De vloeibare brandstof kan isobutanol en isopentanol zijn. Dit bionische blad is 10 x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje.

bron <https://yoo.rs>

Een van de stoffen die gevormd kan worden is isobutanol. De rationele naam van isobutanol is 2-methylpropaan-1-ol.

- 2p 5 Teken de structuurformule van 2-methylpropaan-1-ol.
3p 6 Noteer in molecuulformules de reactievergelijking van de “fotosynthese door de bacteriën” waarbij onder andere isobutanol wordt gevormd.

Het lijkt dat je met behulp van een bionisch blad brandstoffen “voor niks” krijgt.

- 2p 7 Leg uit wat er dan over het hoofd gezien wordt.

Isobutanol kan als brandstof toegepast worden. Het kan als zuivere stof gebruikt worden maar het kan ook toegevoegd worden aan benzine.

- 2p 8 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de volledige verbranding van isobutanol, $C_4H_{10}O(l)$.

Enzymcocktail kraakt biomassa

Enzymcocktail kraakt biomassa

Met losse enzymen in een bekglas kun je waterstof vrijmaken uit de C5- en de C6-suikers in plantenresten. Dat is een wereldprimeur claimen Percival Zhang en collega's van Virginia Tech in *PNAS*. Twee jaar geleden presenteerden ze een eerste prototype dat alleen xylose verteerde. Met nog meer enzymen, in totaal een stuk of vijftien, zet de huidige variant cellulose om in glucose (C6) en hemicellulose (xylan) in xylose (C5). Daarna breekt de cocktail beide suikers af tot H_2 en CO_2 . Met bacteriën of gisten is dat nog altijd een uitdaging want die verteren gewoonlijk alleen C5 of C6. Bovendien raak je geen H_2 kwijt aan de eigen behoeftes van die cellen, en bubbelt het vanzelf de reactor uit.

Zhang droomt zelfs hardop van inbouw van zo'n gasgenerator in auto's, maar dat lijkt wat prematuur. Mede dankzij een kinetisch model dat de enzymen-mengverhouding optimaliseert, haalt hij 54 mmol H_2 per liter reactorvolume en per uur. Dat is 67 keer zoveel als toen hij begon, maar voor een auto nog wat weinig.

Bron: C2W

Een titel moet opvallen maar of het helemaal juist is wat er staat, is niet altijd zeker.

- 2p 9 Wat versta je onder 'het' kraakproces dat in de petrochemische industrie wordt toegepast?
2p 10 Wat wordt in deze titel “Enzymcocktail kraakt biomassa” bedoeld met kraken?

In het nieuwe proces worden enzymen toegevoegd aan de plantenresten.

- 2p 11 Wat is de functie van een enzym?
2p 12 Waarom wordt een cocktail van enzymen gebruikt?

De tweede stap in het proces is de omzetting van glucose en xylose in waterstof en koolstofdioxide. De formule van xylose is $C_5H_{10}O_5$.

- 2p 13 Leg uit dat bij deze omzetting ook zuurstof betrokken moet zijn.
2p 14 Leg uit dat deze reacties te beschrijven zijn als onvolledige verbrandingen.

Onderzoeker Zhang gebruikte een in vitro gasgenerator, dus een gasgenerator zonder levende cellen.

- 3p 15 Bereken de snelheid van de waterstofgasontwikkeling in de generator in mol per reactorvolume per seconde ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$).

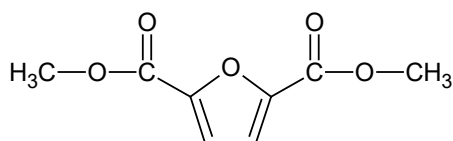
Het volume van één mol gas onder standaard omstandigheden is 24,0 L.

- 3p 16 Bereken hoeveel L waterstofgas per seconde onder standaardomstandigheden in een reactorvat met een volume van 10 L wordt gevormd.

Flesjes maken uit fructose

Flesjes maken uit fructose

Met FDME, furaandicarbonzuurmethylester, kun je wellicht nog groenere colaflesjes maken dan met FDCA, furaandicarbonzuur.



Structuurformule *FDME*

DuPont zegt in een persbericht het eerste bruikbare proces te hebben ontdekt dat fructose omzet in een methylester, die ze de afkorting FDME meegeven. Het is een kwestie van katalyse, maar meer details worden niet verstrekt. Ze zouden er al heel lang mee bezig zijn geweest.

De flesjes zouden moeten bestaan uit een copolymeer van FDME en propaan-1,3-diol, dat de afkorting PTF (polytrimethyleenfuraandicarboxylaate) heeft meegekregen. Bij een vestiging van ADM in Decatur, Illinois, is een demonstratiefabriek gepland met een capaciteit van 60 ton per jaar.

De Amerikanen binden hiermee de strijd aan met het Nederlandse Avantium, dat een proces heeft om furaandicarbonzuur (FDCA) te maken. Dat wordt gepolymeriseerd met ethaan-1,2-diol (ethyleenglycol) tot polyethyleenfuranoaat (PEF). Net als PTF wordt PEF in de markt gezet als 'groen' alternatief voor PET oftewel polyethyleentereftalaat.

Extra voordeel van PEF is dat het minder gasdoorlatend is dan PET waardoor je je flesjes dunner kunt maken zonder dat de 'prik' voortijdig uit de inhoud verdwijnt. Voor PTF zou hetzelfde moeten gelden.

Bron: C2W

In Nederland heeft het bedrijf Avantium een alternatief voor de kunststof PET ontwikkeld, met de naam PEF, polyethyleenfuranoaat. Twee Amerikaanse bedrijven gaan ook een alternatief voor PET produceren. Uit fructose willen ze eerst de verbinding FDME, furaandicarbonzuurmethylester, maken.

Omzetten fructose

In de structuurformule van FDME, in het artikel, kun je de bouwsteen fructose herkennen. In Binas kun je in tabel 67F1 een structuurformule van fructose vinden. Hierin zijn echter niet alle atomen getekend.

- 2p 17 Teken de structuurformule van fructose met daarin alle C- en H-atomen getekend.

Je ziet dat er heel wat aan het fructosemolecuul moet worden aangepast voordat je bij FDME komt. Allereerst moeten er drie –OH groepen worden verwijderd. Dit gebeurt in een zuur milieu. De drie OH-groepen die aan de ring vastzitten verdwijnen. Er ontstaat daarbij ook water. De onvolledige halfreactie is: $C_6H_{12}O_6 + H^+ + e^- \rightarrow C_6H_8O_3 + H_2O$

- 2p 18 Neem de halfreactie over en maak deze kloppend.
2p 19 Teken de structuurformule van het ontstane product $C_6H_8O_2$.

Ook moeten de twee CH_2OH groepen, die aan de ring vastzitten, nog omgezet worden tot carboxylgroepen, $COOH$. De halfreactie is: $C_6H_8O_3 + 2 H_2O \rightarrow C_6H_4O_5 + 8 H^+ + 8 e^-$. De halfreactie van de oxidator zuurstof is: $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$.

- 3p 20 Geef met behulp van de twee halfreacties een kloppende totaalvergelijking.
2p 21 Teken de structuurformule van het ontstane product $C_6H_4O_5$.

Vervolgens kan het FDME via een verestering gemaakt worden.

- 3p 22 Geef de reactievergelijking van de omzetting tot FDME, in structuurformules, weer.

De fabrikanten spreken over groene colaflesjes.

- 2p 23 Leg uit wat er aan de productie van FDME in ieder geval 'groen' is.

Polymerisatie

Het FDME wordt gebruikt om samen met propaan-1,3-diol een copolymeer te produceren.

- 3p 24 Teken in structuurformules een stukje uit het midden van de keten van het copolymeer.

Recyclen

Je kunt zowel PET, PEF als PTF recyclen. Dat zou op twee manieren kunnen. Bij de eerste methode verwarm je de kunststoffen goed. Je kunt ze dan vervolgens in een nieuwe vorm brengen.

- 2p 25 Leg uit hoe het komt dat je door de kunststoffen PET, PEF en PTF alleen maar te verwarmen het materiaal weer kunt gebruiken om er nieuwe flesjes van te maken.

Bij de tweede methode breek je de kunststoffen af tot de monomeren.

- 2p 26 Leg uit hoe het type reactie heet dat gebruikt wordt om uit de polymeren PET, PEF en PTF weer de monomeren te maken.

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: molbegrip, molverhouding, gram naar mol v.v., percentage berekenen, gram per m³ berekenen;

Zouten: naamgeving;

zuur-base: reactie opstellen, pH-bepaling;

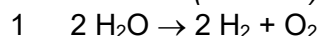
redox: halfreacties;

organische chemie: naamgeving, structuurformule opstellen, kraakproces, biokatalysator, enzym, polyester, hydrolyse;

reacties en evenwicht: reactiewarmte; exo- en endotherm, activeringsenergie, reactiesnelheid;

divers: duurzaamheid.

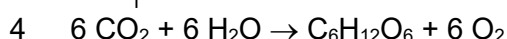
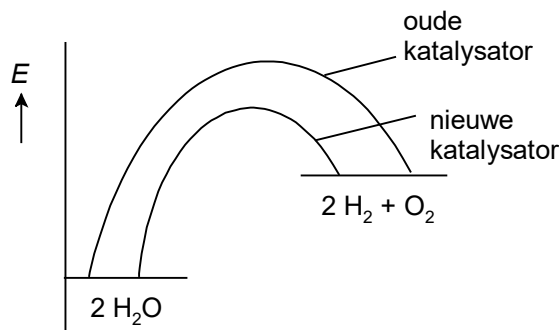
Bionisch blad (1610-01)



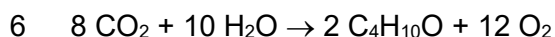
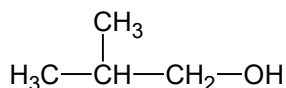
2 Binas tabel 57 A, vormingswarmte voor water is $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$, een exotherm proces; dus voor de omgekeerde reactie $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ geldt dus dat het een endotherm proces is.

Of: Een endotherm proces want de reactie verloopt onder invloed van energietoevoer, namelijk zonlicht.

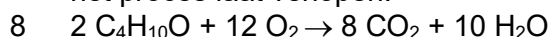
3



5



7 De kosten om heel veel bionische blaadjes te maken en voor de installaties waarin je het proces laat verlopen.



Enzymcocktail kraakt biomassa (1510-07)

9 Met 'het' kraakproces worden reacties bedoeld waarbij door sterke verhitting grote koolwaterstofmoleculen omgezet worden in kleinere alkanen + alkenen.

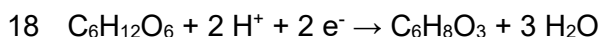
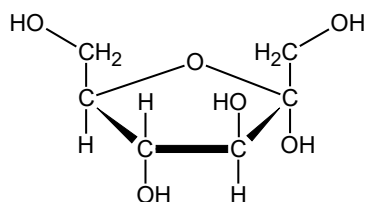
10 Hier wordt met kraken bedoeld de afbraak van glucose en xylose uit plantenresten bij de vorming van waterstof en koolstofdioxide.

11 Enzymen zijn bio-katalysatoren: ze versnellen de afbraak van organische stoffen.

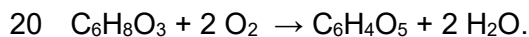
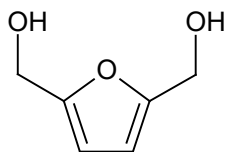
- 12 Elke organische stof heeft zijn eigen enzym nodig om omgezet te kunnen worden; enzymen zijn reactie-specifiek.
- 13 Glucose bevat evenveel atomen C als O. In CO₂ heb je twee keer zoveel atomen O als C, dus moet er O toegevoerd worden (bijvoorbeeld in de vorm van luchtzuurstof of als water).
- 14 Er ontstaat bij de reactie waterstof en koolstofdioxide. Bij volledige verbanding ontstaat water.
- 15 Er ontstaat 54 mmol H₂ per L per uur, dus $s = 54 \cdot 10^{-3} / 3600 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.
- 16 Er ontstaat in 10 L reactorvolume per seconde: $10 \times 1,5 \cdot 10^{-5} \times 24,0 = 0,0036 \text{ L} = 3,6 \text{ mL}$ waterstof.

Flesjes maken uit fructose (1605-05)

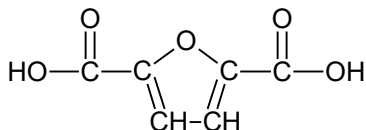
17



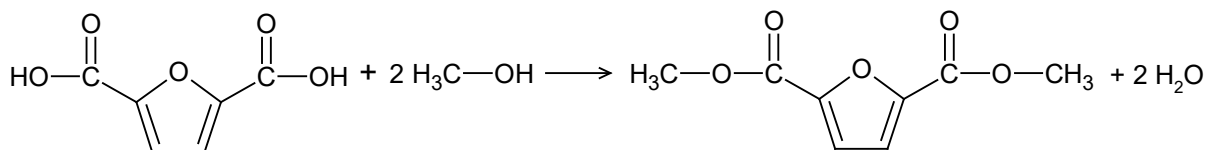
19



21

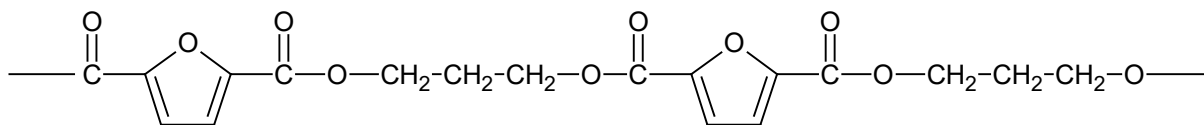


22



- 23 De grondstof fructose is hernieuwbaar. Fructose komt uit vruchten en kan ieder jaar opnieuw worden geproduceerd.

24



- 25 De kunststoffen zijn thermoplasten. Door te verhitten wordt het materiaal week en kun je het opnieuw in een vorm brengen.
- 26 De kunststoffen zijn poly-esters. Om de kunststoffen af te breken tot de monomeren, moet je de kunststoffen hydrolyseren dus laten reageren met water.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Reactievergelijking opstellen		X					3
2	Uitleg of reactie endo- of exotherm is			X				2
3	Energiediagram tekenen			X				3
4	Normale fotosynthesereactie opstellen		X					3
5	Structuurformule tekenen		X					2
6	Fotosynthese in bionisch blad opstellen			X				3
7	Uitleg wat qua kosten niet gemeld wordt			X				2
8	Reactievergelijking verbrandingsreactie			X				2
9	Uitleg kraakproces		X					2
10	Uitleg kraakproces biomassa			X				2
11	Uitleg functie enzym		X					2
12	Uitleg waarom cocktail enzymen nodig is			X				2
13	Uitleg waarom zuurstof nodig is				X			2
14	Uitleg onvolledige verbranding		X					2
15	Reactiesnelheid berekenen			X				3
16	Berekening aantal L waterstof		X					3
17	Structuurformule tekenen		X					2
18	Halfreactie kloppend maken			X				2
19	Structuurformule tekenen		X					2
20	Totaalreactie uit halfreacties afleiden			X				3
21	Structuurformule tekenen		X					2
22	Reactie verestering in structuurformules			X				3
23	Uitleg welke stap groen is				X			2
24	Structuur polyester tekenen			X				3
25	Uitleg waarom omsmelten mogelijk is			X				2
26	Uitleg type reactie			X				2
								61

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{61} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en inde(lingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. (TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)



PLANT-E

PLANT-E

Elektriciteit producerende planten



WAT DOET PLANT-E?

"Via fotosynthese produceert een plant organisch materiaal. Een deel hiervan gebruikt de plant voor de eigen groei, maar een groot deel scheidt de plant uit in de grond, via de wortels. In de grond rondom deze wortels leven bacteriën die het organische materiaal afbreken. In dit afbraakproces komen elektronen vrij als afvalproduct. De technologie waar wij mee werken zorgt ervoor dat we deze elektronen kunnen gebruiken als elektriciteit. Het werkt dag en nacht en het hele jaar door, zolang er maar voldoende water aanwezig is. Je kunt dit combineren met bijvoorbeeld voedselproductie of natuurbescherming. Dus elektriciteit en voedsel verbouwen op hetzelfde land."

Bron: Shell Venster

Een plant is een kleine biochemische fabriek. "Via fotosynthese produceert een plant organisch materiaal", zegt het artikel.

- 2p 1 Geef de fotosynthese in een reactievergelijking weer.

Een deel van het organisch materiaal gebruikt de plant voor groei, maar een groot deel scheidt de plant via de wortels uit in de grond. Bacteriën breken dit organisch materiaal af door oxidatie waarbij elektronen overgedragen worden.

- 3p 2 Geef de halfreactie van de afbraak van het organisch materiaal waarbij H^+ -ionen en CO_2 gevormd worden. Neem als organisch materiaal glucose, $C_6H_{12}O_6$.
2p 3 Geef de halfreactie van de oxidator zuurstof in zuur milieu.
2p 4 Stel de totaalvergelijking in molecuulformules op.

De elektronenstroom wordt in het project Plant-E nuttig gebruikt. Er moet volgens het artikel wel steeds voldoende water voorhanden zijn.

- 2p 5 Leg uit dat water alleen niet voldoende is.

Het artikel zegt niet waar de elektrische stroom precies vrijkomt.

- 2p 6 Leg aan de hand van een tekening uit hoe de elektrische stroom plaats kan vinden.

FDCA-race

FDCA-race naar de markt

PEF is de potentiële vervanger van het plastic PET (polyetheentereftalaat), gemaakt uit fossiele grondstoffen. PEF blijkt betere gasbarrière-eigenschappen voor koolstofdioxide en zuurstof en betere mechanische eigenschappen te bezitten. Daardoor biedt het voordelen op het gebied van duurzaamheid en prestatie. 'Verder blijkt uit proeven dat de bestaande recyclingsystemen compatibel zijn met PEF, zodat er geen nieuwe systemen nodig zijn. Het European PET Bottle Platform bevestigde dit onlangs', vertelt Vreekens. Met de huidige optische sorteersystemen kun je PEF eenvoudig scheiden van PET en andere kunststoffen.

Voor FDCA is fructose de ideale uitgangstof. Het heeft precies dezelfde ringstructuur. 'We hebben twee stappen nodig om daarvan FDCA te maken', legt Lankveld van het bedrijf Corbion uit. 'Eerst maken we de intermediair 5-hydroxymethylfurfural (HMF) door de hydroxylgroepen van fructose af te halen.' Dit gebeurt door verhitting, waarbij ook bijproducten ontstaan.

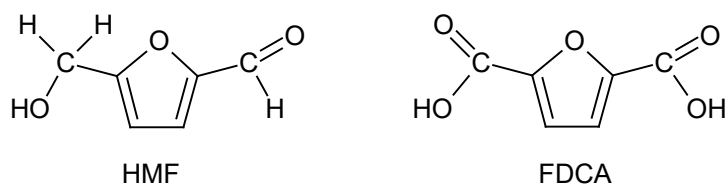
De chemische route verloopt op basis van de YXY-technologie van Avantium. Fructose dehydrateert je met een zure katalysator tot het tussenproduct methoxymethylfurfural (MMF) of een ander alkoxymethylfurfural (RMF). 'In water krijg je het instabiele HMF, maar als je een alcohol zoals methanol als oplosmiddel gebruikt, krijg je MMF. Dat maakt de reactie economisch interessant. In de tweede chemische katalytische stap in azijnzuur oxideer je MMF tot FDCA en zuiver je het. 'Een duidelijk voordeel van de chemische katalyseroute is dat de conversie veel sneller gaat, waardoor de apparatuur klein kan blijven', zegt Vreekens.

Bron: C2W

De stof met de afkorting FDCA is een grondstof voor het maken van de plastic PEF, de potentiële vervanger van de plastic PET.
Het bedrijf Avantium startte al eerder een chemische route voor de productie van FDCA.

Biotechnologisch

Het bedrijf Corbion is bezig met onderzoek naar de biotechnologische route voor de productie van FDCA. Daarbij is fructose de ideale uitgangsstof. Eerst maken ze het intermediair HMF uit fructose. De structuurformules van een HMF molecuul en een FDCA molecuul staan in figuur 1:



Figuur 1

- 2p 7 Zoek in Binas de structuurformule van het fructosemolecuul op. Leg uit waarom fructose de ideale uitgangsstof is voor het produceren van FDCA.

De eerste stap in het biotechnologische proces is de omzetting van fructose in HMF.

- 3p 8 Geef de reactie in structuurformules voor de omzetting van fructose in HMF.

Bij de volgende stappen treden redoxreacties op waarbij de alcohol-groep en de aldehydegroep beide omgezet worden in een carbonzuurgroep. De alcoholgroep wordt daarbij eerst omgezet in een aldehydegroep.

- 4p 9 Geef in structuurformules de drie enzymatische stappen van de omzetting van HMF in FDCA in halfreacties weer.

Chemische katalyse

Het bedrijf Avantium is al langer bezig om FDCA te produceren, maar dan via chemische katalyse. Ook daarbij is fructose de uitgangsstof. Fructose wordt met behulp van een zure katalysator omgezet in het tussenproduct MMF. In de tweede chemische katalytische stap oxideer je MMF tot FDCA.

- 2p 10 Waarom is gekozen om als tussenproduct MMF te maken en niet HMF?
2p 11 Welk groot voordeel heeft de chemische katalyseroute ten opzichte van de biotechnologische route?

Ook andere bedrijven zoals BASF en DuPont zijn actief op dit terrein. Zo zet het bedrijf DuPont in op de variant furaandicarbonzuurmethylester, FDCE.

- 2p 12 Geef de structuurformule van de di-methylester van FDCA.
2p 13 Leg uit welke alcohol gebruikt is om de di-methylester van FDCA te maken.
3p 14 Geef de reactievergelijking van de vorming van de di-methylester van FDCA in structuurformules weer.

PEF

Uiteindelijk moet er uit het geproduceerde FDCA de polymeer PEF gemaakt worden. PEF is de polyester van FDCA en glycol.

- 3p 15 Teken de repeterende eenheid in de keten van het PEF-molecuul.

Yoghurtafval

Yoghurtafval wordt vliegtuigbrandstof

Joule presenteert een anaeroob proces dat middellange carbonzuurketens maakt van de zure wei, die overblijft bij de productie van Griekse yoghurt. Zo brengt het tenminste iets op, denken Lars Angenent en collega's van Cornell University.

Ze wijzen er op dat die yoghurt steeds populairder wordt: hun universiteit zit in de staat New York, waar de productie tussen 2007 en 2012 is verdrievoudigd tot 315.000 ton per jaar. In elke liter yoghurt gaat drie liter melk zitten, en dat levert 630.000 ton wei op met een vrij lage pH en een hoog chemisch zuurstofverbruik (COD).

De voornaamste ingrediënten in die wei blijken lactose, fructose en melkzuur te zijn. En de groep van Angenent heeft nu een proces bedacht dat eerst de resterende suikers eveneens in melkzuur omzet en vervolgens die ketens verlengt tot - voornamelijk - n-hexaanzuur en n-octaanzuur.

Voor die verlenging is in principe een externe elektronendonor nodig. Maar kennelijk weten de bacteriën daar de overige ingrediënten in de wei voor te benutten zodat er niets extra's bij hoeft.

De voornaamste truc blijkt te zijn dat je er een tweestapsproces van moet maken. De melkzuurproductie laat je verlopen bij 50 °C en de ketenverlenging in een tweede reactor met een andere bacteriepopulatie, bij 30 °C.

Het goede nieuws is dat hexaanzuur en octaanzuur prima verkoopbaar zijn als voedingssupplement voor koeien. Angenent schat dat hij uit die 630.000 ton wei zeker 8.620 ton product kan winnen. Mocht die markt verzadigd raken dan kun je overwegen de ketens nog wat verder te verlengen, wat volgens Angenent iets oplevert dat bruikbaar is als vliegtuigbrandstof.

Bron: Cell Press

Wei

Bij de yoghurtproductie blijft een waterige vloeistof over, wei, die nog waardevolle stoffen bevat. Wei bevat per 100 g circa 93,5 g water en 6,5 g droge stof, waarvan 4,8 g lactose. Bij hydrolyse van lactose ontstaan galactose en glucose.

- 3p 16 Geef in molecuulformules de reactievergelijking voor de hydrolyse van de disacharide lactose.

In de staat New York komt er per jaar bij de bereiding van Griekse yoghurt 630.000 ton wei beschikbaar.

- 3p 17 Bereken hoeveel ton lactose zich in 630.000 ton wei bevindt.

Als je de wei op het oppervlaktewater zou lozen, kunnen micro-organismen de opgeloste stoffen afbreken door ze te laten oxideren (reageren met zuurstof). Maar wanneer er teveel van die oxideerbare stoffen in het water geloosd wordt, ontstaat er een zuurstoftekort.

COD

Het COD (chemical oxygen demand) is een getalwaarde die aangeeft hoeveel zuurstof (uitgedrukt in mg per liter) nodig is om alle stoffen in de wei te oxideren.

- 3p 18 Geef in molecuulformules de reactievergelijking voor de volledige oxidatie (reactie met zuurstof) van lactose.
- 3p 19 Bereken hoeveel mg zuurstof nodig is om het aantal ton lactose dat je in vraag 17 hebt berekend volledig te oxideren. Als je geen antwoord hebt op vraag 17, gebruik dan 20.000 ton lactose in de berekening.

Stel dat de grenswaarde voor het COD 250 massa-ppm is in het afvalwater van de yoghurtfabriek.

- 3p 20 Bereken hoeveel m³ oppervlaktewater je dagelijks minimaal nodig hebt om deze hoeveelheid wei te lozen als je beneden de COD wilt blijven. Ga ervan uit dat alleen de aanwezige lactose in de wei zuurstof verbruikt. Als je geen antwoord hebt op vraag 17, gebruik dan 20.000 ton lactose in de berekening.
Gegeven: de dichtheid van water is 0,998 g mL⁻¹.

Het proces

Bij de nieuwe methode worden uit melkzuur lange carbonzuren gevormd.

- 3p 21 Geef in molecuulformules de reactievergelijking van de omzetting van lactose in melkzuur.
- 2p 22 Geef de structuurformules van n-hexaanzuur en n-octaanzuur.

Voor de omzetting van melkzuur in de langere carbonzuren zijn elektronen nodig. Deze worden geleverd door andere stoffen in de wei.

- 2p 23 Leg uit dat je een stof als zuurstof nodig hebt om de omzetting van melkzuur in langere carbonzuren mogelijk te maken.

In de twee stappen van het proces zijn verschillende bacteriestammen werkzaam. Dit is vanzelfsprekend als je naar de omstandigheden van de twee stappen kijkt.

- 2p 24 Leg uit welke omstandigheid aantoont dat je twee verschillende bacteriestammen nodig hebt.

Zowel in stap 1 als stap 2 wordt de inhoud van de reactor geleid langs membranen. Na stap 1 wordt melkzuur eruit gefiltreerd en naar reactor 2 geleid. De rest van de wei wordt gerecirculeerd naar reactor 1. In stap 2 gebeurt iets soortgelijks.

- 3p 25 Leg uit of de membranen in stap 1 en 2 gelijk moeten zijn aan elkaar of juist niet.
3p 26 Teken aan de hand van informatie uit het artikel en uit deze opgave een blokschema voor dit proces.

Concepten met kernbegrippen

Rekenen: aantal ton, molbegrip, g naar mol v.v.;

Redox: halfreacties, elektrolyt;

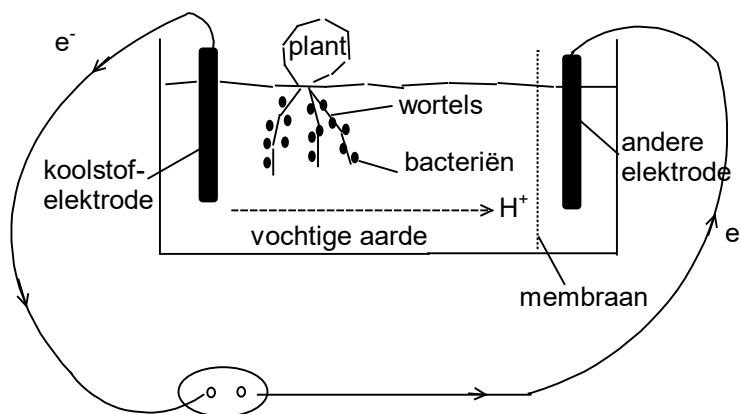
organische chemie: structuurformule, reactie in structuurformule, hydrolyse;

biochemie: fructose, glucose, melkzuur, reacties;

divers: blokschema, membraan, katalyse, PEF, FDCA, bacterie en temperatuur.

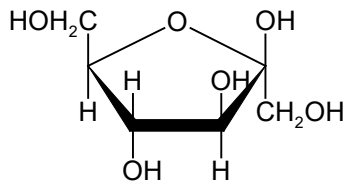
Plant-E (1611-01)

- 1 $6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 2 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 24 \text{ H}^+ + 24 \text{ e}^-$.
- 3 $\text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$.
- 4 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \rightarrow 6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2$
- 5 Er moet elektrische geleiding plaatsvinden, dus moet er een geleidende stof aanwezig zijn: water met opgeloste zouten.
- 6 Met een elektrode vlak bij de wortels die de elektronen van de halfreactie opvangt en ze via een geleidende verbinding doorgeeft aan een tweede elektrode waaraan de halfreactie met zuurstof verloopt.



FDCA-race naar de markt (1805-11)

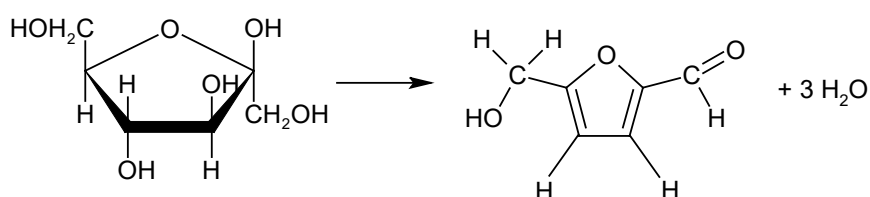
- 7 Structuurformule fructose:



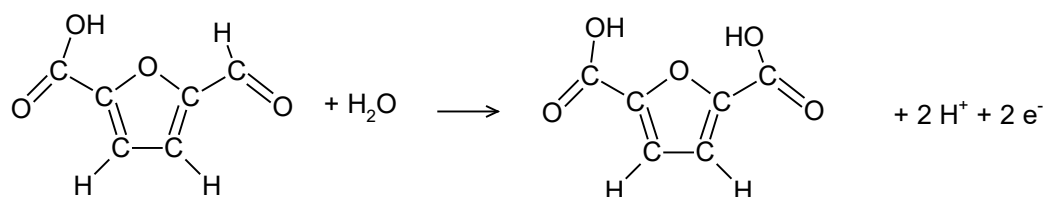
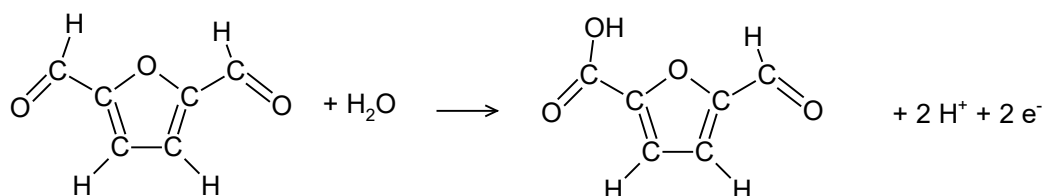
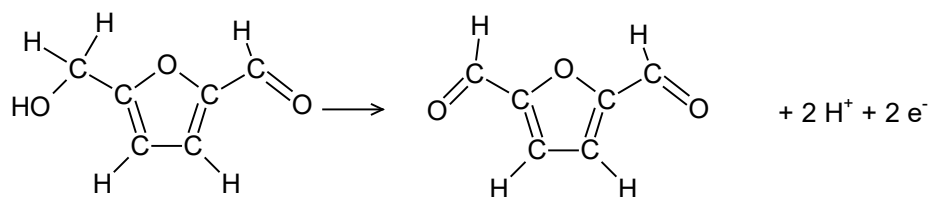
Molecuulformule fructose: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Het fructosemolecuul heeft dezelfde ringstructuur als FDCA.

8



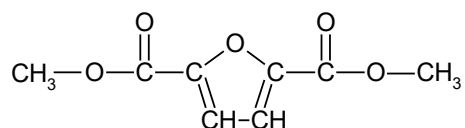
9



10 Het tussenproduct MMF is veel stabielere dan HMF. Dat maakt de reactie economisch gezien interessanter.

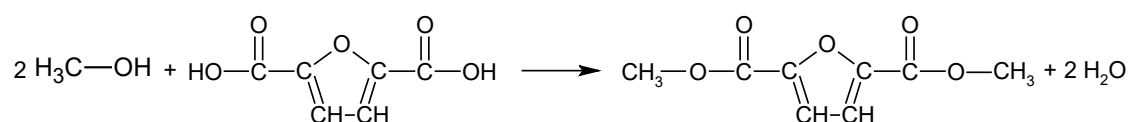
11 De snelheid van omzetting is bij biotechnologische route veel lager.

12

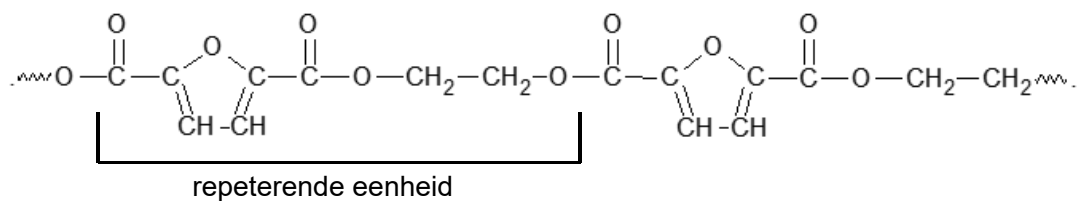


13 De benaming 'dimethyl' geeft aan welk alcohol gebruikt is: methanol.
Methanol + FDCA → dimethylester van FDCA + water.

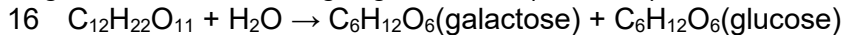
14



15



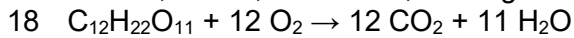
Yoghurtafval wordt vliegtuigbrandstof (1804-02)



17 4,8 g lactose per 100 g wei.

Er is 630.000 ton wei. Dit komt overeen met $6,30 \cdot 10^{11}$ g wei.

Er is: $0,048 \times 6,30 \cdot 10^{11} = 3,0 \cdot 10^{10}$ g lactose, dus 30.000 ton lactose.

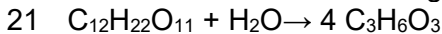


19 30.000 ton = $3,0 \cdot 10^{10}$ g lactose $\equiv 3,0 \cdot 10^{10} / 342,3 = 8,764 \cdot 10^7$ mol lactose.

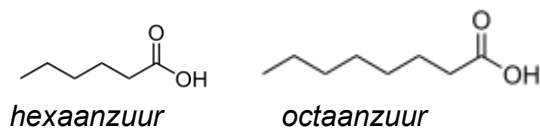
Je hebt nodig $12 \times 8,764 \cdot 10^7 = 1,052 \cdot 10^9$ mol zuurstof = $1,052 \cdot 10^9 \times 32,0 = 3,37 \cdot 10^{10}$ g zuurstof = $3,37 \cdot 10^{13}$ mg zuurstof.

20 250 massa-ppm betekent dat 10^6 kg water 250 kg lactose mag bevatten. De dichtheid van water is $0,998 \text{ kg dm}^{-3}$ dan geldt dat 10^6 L water 250 kg lactose mag bevatten. Dus 1 L water mag dan $250 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 250 \text{ mg}$ lactose bevatten $\equiv 250 \text{ mg L}^{-1}$.

Je hebt $3,0 \cdot 10^{13}$ mg lactose in 1 jaar! Dus $3,0 \cdot 10^{13} / 365 = 8,22 \cdot 10^{10}$ mg lactose per dag om te lozen. Per liter 250 mg dus nodig $8,22 \cdot 10^{10} / 250 = 3,29 \cdot 10^8 \text{ L} = 3,29 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ water.



22



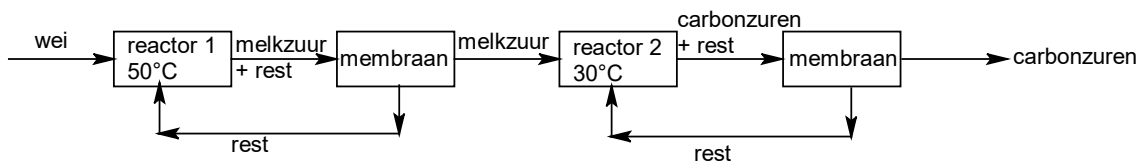
Deze alkaanzuren hebben een antimicrobiële eigenschap en kunnen prima als voedingssupplement voor koeien worden gebruikt.

23 Voor die omzetting zijn elektronen nodig, dus je hebt een oxidator als zuurstof nodig die elektronen kan leveren.

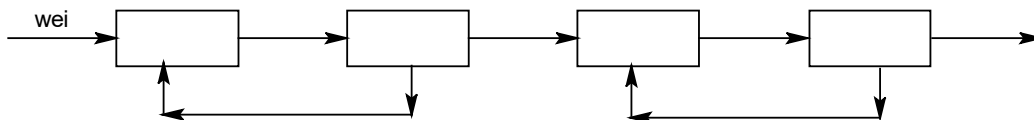
24 Er is een verschillende temperatuur bij de twee stappen. Bacteriën werken optimaal bij één bepaalde temperatuur. Hier zijn het twee processen bij twee verschillende temperaturen, dus verschillende bacteriën.

25 Na stap 1 wordt het melkzuur eruit gefilterd via het membraan. Die gaat door naar reactor 2. In reactor 2 worden de alkaanzuren geproduceerd. Na reactor 2 moeten deze eruit gefilterd worden. Totaal verschillende stoffen, dus ook verschillende membranen nodig.

26



Opmerking: u kunt ook een leeg blokschema gebruiken:



Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Fotosynthese	X						2
2	Halfreactie opstellen			X				3
3	Halfreactie zuurstof in water		X					2
4	Totaalreactie opstellen		X					2
5	Uitleg elektrolyt		X					2
6	Opslag elektriciteit			X				2
7	Uitleg structuur			X				2
8	Vorming HMF uit fructose			X				3
9	Halfreactie opstellen			X				4
10	Uitleg stabiliteit		X					2
11	Verskil in reactiesnelheid	X						2
12	Structuur dimethylester			X				2
13	Uitleg welk alcohol gebruikt is bij vorming ester				X			2
14	Reactievergelijking vorming ester			X				3
15	Repeterende eenheid PEF		X					3
16	Reactie hydrolyse lactose			X				2
17	Berekening aantal ton lactose		X					3
18	Reactievergelijking oxidatie			X				3
19	Berekening benodigde hoeveelheid zuurstof			X				3
20	Berekening hoeveel m ³ oppervlaktewater nodig is			X				3
21	Omzetting lactose in melkzuur			X				3
22	Structuurformules		X					2
23	Uitleg oxidator nodig			X				2
24	Uitleg over bacteriestammen				X			2
25	Uitleg over membranen				X			3
26	Blokschema tekenen				X			3
								65

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{65} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)

Chemie Aktueel (school)examen havo-2

Fljorow komt binnen op 114



Fljorow komt binnen op 114

Een jaar na hun officiële opname in het periodiek systeem hebben de elementen 114 en 116 definitief een naam gekregen. Het IUPAC heeft ingestemd met het idee van de ontdekkers om element 114 flerovium te noemen, symbool Fl, naar het Flerov-lab in Dubna waar ze het element in 1999 voor het eerst wisten te maken. Element 116 heet livermorium, Lv. Die naam verwijst naar het Lawrence Livermore National Laboratory in Livermore, Californie, waar men het in 2000 voor het eerst langs zag komen. De Russen en de Amerikanen, die al jaren samenwerken bij de jacht op superzware elementen, delen zo de eer. Inmiddels hebben ze ook al element 118 ontdekt. Dit heeft de naam oganesson, met symbool Og, toegewezen gekregen. In de naam wordt de nog levende Russisch-Armeense wetenschapper Joeri Oganjesjan (1933) geëerd.

Bron: C2W Life Sciences

De elementen 114 en 116 staan in Binas weergegeven als Fl-289 en Lv-293.

- 2p 1 Geef de kernsamenstelling van de atomen van beide elementen.

Fl-289 wordt gevormd door calciumkernen Ca-48 tegen plutoniumkernen Pu-242 te schieten. Er worden daarbij ook neutronen gevormd.

- 2p 2 Laat zien dat de kernfusiereactie weer te geven is als: $\text{Ca-48} + \text{Pu-242} \rightarrow \text{Fl-289} + n$.

Fl-289 valt heel snel uiteen want het heeft een halveringstijd van 2,6 seconden. Dus na 2,6 seconden is de helft van de isotoop Fl-289 vervallen tot Cn-285, onder uitstoot van een heliumkern, He-4.

- 2p 3 Laat zien dat deze kernreactie weer te geven is als: $\text{Fl-289} \rightarrow \text{Cn-285} + \text{He-4}$.

De plaats die een element heeft in het periodiek systeem zegt vaak iets over de eigenschappen van het betreffende element.

- 2p 4 Leg uit welke eigenschappen het element Og zal hebben.

Een potentiële H₂S-bom

Een potentiële H₂S-bom

In het afval van de Probo Koala mogen dan wel geen kant-en-klare H₂S-moleculen hebben gezeten, maar ze zouden wel gevormd kunnen worden, gezien de samenstelling van het afval aan boord van het schip. In het afval zat onder andere caustic soda (natronloog), sulfiden en mercaptanen. Volgens toxicoloog Jacob de Boer kan een weinig vocht al direct gevolgen hebben. Het vocht reageert met caustic soda waarbij tevens de temperatuur oploopt. Hierdoor zou ook H₂S kunnen vrijkomen.

Bron: C2W

Caustic soda is geen soda maar ook geen natronloog.

- 2p 5 Leg aan de hand van Binas tabel 66A uit dat de benaming natronloog voor caustic soda niet juist is.
- 2p 6 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als caustic soda in contact komt met vocht.
- 2p 7 Leg uit of deze reactie endotherm of exotherm is.
- 2p 8 Leg uit dat het vreemd is dat er H₂S zou ontsnappen als caustic soda oplost.

Mondloze worm doorboort walvisbotten met zuur

Mondloze worm doorboort walvisbotten met zuur

Osedax-diepzeewormen doen zich te goed aan walvisbotten. Ze hebben geen mond of maag: ze dringen het taaie botweefsel binnen met hun zuurafscheidende achterste. Door het zuur lossen botmineralen op. De wormen nemen de vrijgekomen voedingsstoffen (vooral collagenen en lipiden) op. Biologen ontdekten de zuurtransporterende eiwitkanaaltjes van *Osedax*.

Bron: NRC Handelsblad

Walvisbotten bestaan voor een deel uit het mineraal dahliet met formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$.

- 2p 9 Licht toe dat dahliet een dubbelzout is.
- 4p 10 Geef de vergelijking van reactie die optreedt als het zuur in contact komt met het walvisbot. Gebruik H^+ als zuur deeltje.

In het artikel staat 'Door het zuur lossen botmineralen op.'

- 2p 11 Leg uit dat 'oplossen' niet de juiste beschrijving is.

De twee zouten in dahliet komen in een bepaalde verhouding voor.

- 2p 12 Leid uit de formule van dahliet af in welke verhouding de twee zouten voorkomen.

Broeikaseffect nekt oesters

Broeikaseffect nekt oesters

De dalende zeewater-pH, veroorzaakt door extra CO_2 in de atmosfeer, doet bepaalde oestersoorten selectief de das om. Onderzoekers beschrijven in *PLoS ONE* hoe ze oesterlarven kweekten bij een variabel CO_2 -gehalte. Onder de atmosfeer die wordt voorspeld voor het jaar 2100 bleek de soort *Crassostrea virginica* gemiddeld 42% minder calcium in te bouwen in zijn schelpen. Dat calcium wordt immers vastgelegd als CaCO_3 en de beschikbaarheid van CO_3^{2-} is pH-afhankelijk. Larven zijn er extra gevoelig voor omdat ze hun schelpen opbouwen uit aragoniet, een kristalvorm die gemakkelijker oplost dan het calciet van volwassen oesters.

Bron: C2W

Oesters worden beïnvloed door een stijging van het koolstofdioxidegehalte in de atmosfeer. Meer koolstofdioxide in de atmosfeer veroorzaakt een daling van de pH van zeewater.

- 3p 13 Leg aan de hand van het verdelingsevenwicht van koolstofdioxide uit dat de pH van zeewater zal dalen als de concentratie van koolstofdioxide in de atmosfeer stijgt.

Het opgeloste koolstofdioxide reageert met de carbonaationen van het calciumcarbonaat van de schelp van de oesters. Hierbij ontstaan waterstofcarbonaationen.

- 3p 14 Geef de reactievergelijking van dit proces.

Calciumcarbonaat is een slecht oplosbaar zout, maar niet geheel onoplosbaar. Er stelt zich een evenwicht in: $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

- 3p 15 Leg aan de hand van een evenwichtsbeschouwing uit wat er met dit evenwicht gebeurt als er steeds meer koolstofdioxide oplost..

Bittere strijd tegen GHB

Bittere strijd tegen GHB

GHB (gammahydroxyboterzuur) komt wellicht op de lijst van harddrugs. Zodra GHB een harddrug is, is de gebruiker strafbaar. Het CAM, Coördinatiepunt Assessment en Monitoring nieuwe drugs, ziet graag ook de uitgangsstoffen CBL (gammabutyrolacton) en 1,4-BD (1,4-butaandiol) op lijst I van de Wvme (Wet voorkoming misbruik chemicaliën) komen te staan, zodat ze onder een vergunningsregeling vallen.

Bron: C2W

GHB is de afkorting voor gammahydroxyboterzuur. Gamma is de oude aanduiding voor 'laatste' koolstofatoom in boterzuur. In Binas kun je de rationele naam voor boterzuur vinden.

- 2p 16 Teken de structuurformule van GHB.

De uitgangsstof voor de productie van GHB is CBL of 1,4-BD. CBL is de inwendige ester van GHB.

- 3p 17 Geef de reactievergelijking in structuurformules van de vorming van CBL uit GHB.

De naam die in het artikel gegeven wordt aan 1,4-BD is niet geheel juist.

- 3p 18 Geef de structuurformule met juiste systematische naam van 1,4-BD.

1,4-BD kan door reactie met een oxidator omgezet worden in GHB. De niet kloppende halfreactie is: $\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{COOH} + \text{H}^+ + \text{e}^-$.

- 2p 19 Neem de halfreactie over en maak hem kloppend.

1,4-BD en CBL worden in de chemische industrie veel gebruikt als oplosmiddel. Ze mengen ook goed met water.

- 2p 20 Leg op microniveau uit waarom CBL en 1,4-BD goed mengen met water.

Carbidschieten

Carbidschieten

Een nieuwjaarsgebruik waarbij oorverdovende dreunen worden gemaakt met een melkbus en carbid.

Carbid (ca. 100gr) + Water (ca. 150 ml)

Acethyleen-gas

carbide.

Zodra water en carbid in de bus zitten, gaat het deksel erop. Na 50 seconden is het acethyleengas gevormd.

acethyleengas gevormd.

Aansteken met lange fakkel.

Goatje 6mm

BACEM!

171215 | TU

Carbidschieten is in sommige delen van Nederland een traditie om de jaarwisseling in te luiden. Het gaat gepaard met de doffe knallen van exploderend acetyleen. Carbid, CaC_2 , reageert hiertoe met water tot het explosieve gas acetyleen, C_2H_2 . Bovendien ontstaat er calciumhydroxide.

- 3p 21 Geef de reactie van de vorming van acetyleen uit carbid in een vergelijking weer.
- 4p 22 Bereken hoeveel mol acetyleen er maximaal kan ontstaan uit 100 g carbid en 150 mL water.
- 3p 23 Geef de reactievergelijking voor de explosieve verbranding van het gevormde acetyleen.
- 3p 24 Bereken de reactiewarmte voor de explosieve verbranding van het gevormde acetyleen in J per mol acetyleen.

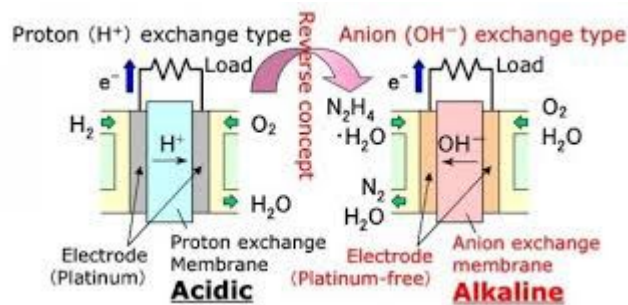
Brandstofcel op hydrazine

Brandstofcel op hydrazine

Autofabrikant Daihatsu gaat een brandstofcel maken die hydrazine als brandstof gebruikt in plaats van waterstof. Een voordeel boven het gebruik van een gangbare PEM-brandstofcel op waterstof is dat er voor de hydrazinebrandstofcel geen dure katalysatoren van platina nodig zijn. Een nadeel is echter dat hydrazine een giftige stof is en mogelijk kankerverwekkend. De onderzoeksafdeling van Daihatsu heeft inmiddels een brandstofcel ontwikkeld die 0,5 watt per vierkante centimeter aan elektriciteit levert, evenveel als een PEM-brandstofcel op waterstof.

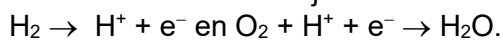
Bron: *Technisch Weekblad*

Hydrazine is een brandbare, giftige vloeistof bij kamertemperatuur. De formule van hydrazine is N_2H_4 . Bij de reactie in een brandstofcel reageert het tot stikstof en water. In figuur 1 staan zowel de PEM-brandstofcel als de hydrazinebrandstofcel schematisch weergegeven.



Figuur 1 brandstofcellen

PEM staat voor Proton Exchange Membrane. De niet volledige halfreacties die optreden in de PEM-brandstofcel zijn:



- 2p 25 Neem de halfreacties over en maak ze kloppend.

In de hydrazinebrandstofcel zijn de niet kloppende halfreacties:



- 2p 26 Neem ook deze halfreacties over en maak ze kloppend.
2p 27 Geef ook de totaalvergelijking die optreedt in de hydrazinebrandstofcel.

In beide type brandstofcellen is ook een membraan aanwezig.

- 2p 28 Leg uit of de twee membranen in de brandstofcellen hetzelfde zijn of niet.

Concepten met kernbegrippen

Atoombouw: kernsamenstelling, kernreactie, verval, periodiek systeem;

Rekenen: molbegrip, molverhouding, gram naar mol;

Zouten: naamgeving, dubbelzout;

zuur-base: reactie opstellen, pH;

redox: halfreacties, brandstofcel;

organische chemie: naamgeving, structuurformule opstellen, vorming ester;

reacties en evenwicht: reactiewarmte; verdelingsevenwicht, evenwichtsreactie, endotherm/exotherm, evenwichtsverschuiving;

divers: membraan, reacties opstellen, waterstofbruggen.

Fljorow komt binnen op 114 (CA71)

- 1 FI-289: atoomnummer FI is 114 dus 114 protonen en $289 - 114 = 175$ neutronen.
Lv-293: atoomnummer Lv is 116 dus 116 protonen en $293 - 116 = 177$ neutronen.
- 2 Ca-48 bevat 20 protonen en 28 neutronen. Pu-242 bevat 94 protonen en 148 neutronen.
Samen dus 114 protonen en 176 neutronen. FI-289 bevat 114 protonen en 175 neutronen dus is er 1 neutron uitgestoten.
- 3 FI-289 bevat 114 protonen en 175 neutronen. Cn-285 bevat 112 protonen en 173 neutronen. Er blijven dus over 2 protonen en 2 neutronen, dus een He-4 kern.
- 4 Og staat in groep 18 en is dus een edelgas dat niet of nauwelijks reageert met andere stoffen.

Een potentiële H₂S-bom (CA71)

- 5 Caustic soda is de vaste stof natriumhydroxide, terwijl natronloog een natriumhydroxide-oplossing is.
- 6 $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$.
- 7 De temperatuur stijgt als het oplost dus er komt energie vrij; exotherme reactie.
- 8 Als caustic soda oplost ontstaat een basische oplossing. Dus dan zal H₂S omgezet zijn in S²⁻.

Mondloze worm doorboort walvisbotten (CA74)

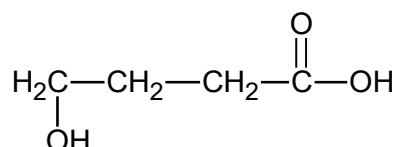
- 9 Het is een dubbelzout want opgebouwd uit drie ionsoorten.
- 10 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3 + 20 \text{H}^+ \rightarrow 10 \text{Ca}^{2+} + 6 \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3$.
Opmerking: ook andere zuurbasereacties kunnen goed gerekend worden waarbij minder dan het maximale aantal H⁺ heeft gereageerd.
- 11 Bij oplossen verandert er niets aan de formule bij moleculaire stoffen. Bij zouten splitst het in ionen. Hier is echter een zuurbasereactie opgetreden.
- 12 Verhouding ionen is $10 \text{Ca}^{2+} : 6 \text{PO}_4^{3-} : 1 \text{CO}_3^{2-}$, dus 1 CaCO₃ ten opzichte van 3 Ca₃(PO₄)₂.

Broeikaseffect nekt oesters (CA62)

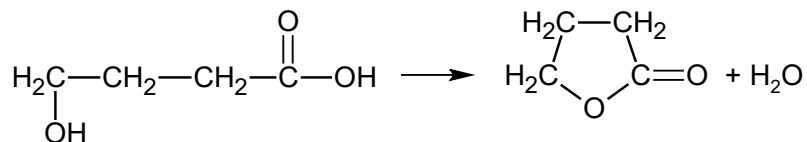
- 13 Als de concentratie CO₂ in de atmosfeer stijgt, zal ook de concentratie CO₂ in het oceaanwater stijgen want het verdelingsevenwicht blijft hetzelfde: $K = \frac{[\text{CO}_2(\text{g})]}{[\text{CO}_2(\text{aq})]}$ voor het evenwicht $\text{CO}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$.
- 14 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$.
- 15 Door de reactie met koolstofdioxide neem je carbonaationen weg uit het evenwicht. Hierdoor zal het evenwicht naar rechts verschuiven en zal de schelp slinken.

Bittere strijd tegen GHB (CA70)

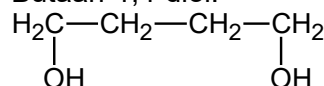
16



17



18 Butaan-1,4-diol.



19 $\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{COOH} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.

20 Moleculen 1,4-BD kunnen vanwege de aanwezigheid van OH-groepen H-bruggen vormen met watermoleculen.

Carbidschieten (1604-11)

21 $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$.

22 100 g carbid $\equiv 100/64,10 = 1,56$ mol carbid. 150 mL water $\equiv 150 \times 0,998 = 149,7$ g $\equiv 149,7/18,02 = 8,31$ mol water. Dus water is in overmaat aanwezig want 1,56 mol carbid reageert maximaal met $2 \times 1,56 = 3,12$ mol water en produceert 1,56 mol acetyleen

23 $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

24 $\Delta E = 4 \times E_{\text{CO}_2} + 2 \times E_{\text{H}_2\text{O}} - 2 \times E_{\text{C}_2\text{H}_2} = 4 \times -3,935 \cdot 10^5 + 2 \times -2,84 \cdot 10^5 + 2 \times 2,27 \cdot 10^5 = -16,88 \cdot 10^5$ J per 2 mol acetyleen, dus $-8,44 \cdot 10^5$ J per mol acetyleen.

Brandstofcel op hydrazine (CA71)

25 $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ en $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.

26 $\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{N}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ en $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$.

27 $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

28 Nee, het ene membraan laat H^+ -ionen naar rechts door terwijl het andere membraan OH^- ionen doorlaat naar links.

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Kernsamenstelling		X					2
2	Kernfusiereactie			X				2
3	Vervalreactie atoomkern			X				2
4	Plaats in periodiek systeem en eigenschappen			X				2
5	Uitleg verkeerde naamgeving		X					2
6	Reactie NaOH + water			X				2
7	Uitleg exo- of endotherm			X				2
8	pH en aanwezigheid H ₂ S				X			2
9	Uitleg dubbelzout		X					2
10	Zuurbasereactie			X				4
11	Het is niet oplossen maar reactie tussen zuur en base			X				2
12	Verhouding zouten in dubbelzout			X				2
13	Evenwichtsbeschouwing verdelingsevenwicht				X			3
14	Reactievergelijking opstellen			X				3
15	Uitleg verschuiving evenwicht			X				3
16	Structuurformule tekenen			X				2
17	Reactie vorming ester in structuurformules				X			3
18	Structuurformule met juiste naam geven			X				3
19	Halfreactie kloppend maken			X				2
20	Uitleg microniveau over H-bruggen			X				2
21	Reactievergelijking carbid + water			X				3
22	Berekening aantal mol				X			4
23	Reactievergelijking explosiereactie			X				3
24	Reactiewarmte berekenen			X				3
25	Halfreacties kloppend maken		X					2
26	Halfreacties kloppend maken			X				2
27	Totaalvergelijking opstellen			X				2
28	Uitleg over membranen				X			2
								68

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{68} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. (TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. (TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)



Chemie Aktueel (school)examen vwo-2

Microreactor

Microreactoren: snellere productie

Chemici van het Duitse Fraunhofer Gesellschaft hebben aangetoond dat met microreactoren (ordegrootte millimeters) explosieve stoffen als nitroglycerine sneller en veiliger te produceren zijn dan met grote reactoren. Bij nitroglycerineproductie kan plotseling veel warmte vrijkomen. In microreactoren ontstaat minder warmte en de kleine reactoren zijn ook nog eens gemakkelijker te koelen. Bovendien vindt de chemische reactie in de microreactor sneller plaats dan in een grote reactor, omdat de eerstgenoemde speciaal ontworpen is voor een specifiek chemisch proces. De wetenschappers konden in de microreactor het nitroglycerine circa tien keer sneller produceren dan in een grote reactor.

Bron: Technisch Weekblad

Nitroglycerine, $C_3H_5N_3O_9$, is een explosieve vloeistof, die met veel zorg bereid wordt uit glycerol, $C_3H_8O_3$, en salpeterzuur, HNO_3 . Tevens ontstaat daarbij water.

- 2p 1 Leg aan de hand van het artikel uit dat deze reactie exotherm is.
- 2p 2 Geef de vergelijking in molecuulformules van de reactie die daarbij optreedt.
- 3p 3 Laat via een berekening zien dat de reactie exotherm is. Gegeven: de vormingswarmte van glycerol is $-6,70 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en van nitroglycerine $-3,70 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Microreactoren hebben afmetingen in de ordegrootte van enkele millimeters.

- 2p 4 Geef twee redenen waarom een microreactor voor de productie van nitroglycerine veel veiliger is.

Het proces in de microreactor verloopt continu. De grondstoffen worden in de juiste verhouding tegelijk ingespoten. Het mengsel wordt door kleine kanaaltjes geleid waarin de grondstoffen slechts enkele seconden met elkaar reageren.. Doordat de kanaaltjes zo klein zijn, komen de reagerende stoffen heel goed met elkaar in contact. Roeren is dan ook niet nodig. Tenslotte vloeit het mengsel door andere kanaaltjes in een tweede microreactor voor scheiding.

- 2p 5 Waarom zal scheiding nodig zijn?
- 3p 6 Maak een blokschema met stofstromen van het totale proces.

In het artikel staat: '*Bovendien vindt de chemische reactie in de microreactor sneller plaats.*'

- 2p 7 Leg uit hoe dit kan.

De snelheid waarmee de grondstoffen door de kanaaltjes worden geleid, bepaalt het rendement van de reactie.

- 2p 8 Leg uit of een hogere doorvoersnelheid ook een hoger rendement tot gevolg zal hebben.

Bij de explosie van nitroglycerine ontstaan uitsluitend gassen, namelijk koolstofdioxide, waterdamp, stikstof en zuurstof.

- 3p 9 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij de explosie van nitroglycerine.
- 3p 10 Laat via een berekening zien dat deze reactie sterk exotherm is.
- 2p 11 Leg uit waarom ten gevolge van deze reactie een geweldige schokgolf optreedt.

Biotech ontdekt appelzuur

Biotech ontdekt appelzuur

Het Deense bedrijf Novozymes heeft een robuuste schimmel ontwikkeld die appelzuur op industriële schaal kan produceren. Chemisch gezien is appelzuur nauw verwant aan barnsteenzuur waar DSM en BioAmber mee experimenteren. Van beide zuren kun je 1,4-butaandiol maken, een veelzijdige bouwsteen voor de chemische industrie. Volgens Novozymes verwerkt de chemische industrie jaarlijks 1,4 miljoen ton butaandiol. Appelzuur is ook direct te gebruiken als smaakmaker in voedingsmiddelen, maar die markt is slechts goed voor 60.000 ton.

Bron: C2W Life Sciences

Het bedrijf Novozymes heeft een schimmel ontwikkeld waarmee appelzuur op industriële schaal kan worden geproduceerd. Appelzuur is de triviale naam voor 2-hydroxybutaanzuur.

- 2p 12 Teken de structuurformule van het molecuul van appelzuur.

Appelzuur ontstaat door inwerking van een enzym op glucose. Beide stoffen lossen goed op in water.

- 2p 13 Leg op microniveau uit waarom appelzuur en glucose goed oplossen in water.
2p 14 Leg uit welk ander reactieproduct zal ontstaan bij deze ontledingsreactie.

Chemisch gezien is appelzuur nauw verwant aan barnsteenzuur.

- 2p 15 Licht deze verwantschap toe.

Zowel appelzuur als barnsteenzuur worden in de chemische industrie door een sterke reductor als waterstof verder omgezet in 1,4-butaandiol.

- 2p 16 Leg uit waarom de chemische industrie appelzuur en barnsteenzuur juist omzet in 1,4-butaandiol.
2p 17 Wat klopt er niet aan de naamgeving 1,4-butaandiol?
4p 18 Geef de vergelijking van de reactie tussen barnsteenzuur en waterstof in structuurformules weer.

Barnsteenzuur en 1,4-butaandiol kun je ook met elkaar laten reageren waarbij een polyester ontstaat.

- 3p 19 Teken de repeterende eenheid van deze polyester.

HSNO

ZIT U OOK ZO VOL HSNO?

De link tussen signaalstoffen NO en H₂S is HSNO. In het menselijk lichaam zou dit molecuul wel eens uiterst belangrijk kunnen zijn volgens onderzoekers van de Universiteit van Erlangen-Nürnberg. HSNO is het eenvoudigste voorbeeld van een S-nitrosothiol, RSNO dus. Het is te instabiel om lang te bestaan, maar het kan prima dienen als NO-transportmiddel. Het zou dan ontstaan wanneer H₂S reageert met een eiwit dat NO heeft gebonden via de S van een cysteïnebouwsteen en daardoor formeel ook een S-nitrosothiol met een heel grote R is geworden. Vervolgens kan HSNO die NO weer afstaan aan een ander eiwit. Het zou in elk geval verklaren hoe het kan dat hemoglobine in een rode bloedcel NO kan overnemen van albumine buiten die cel, terwijl zulke eiwitten zelf met geen mogelijkheid door het celmembraan kunnen dringen.

Bron: C2W

De stof HSNO is de link tussen de signaalstoffen NO en H₂S.

2p 20 Geef de structuurformule van HSNO.

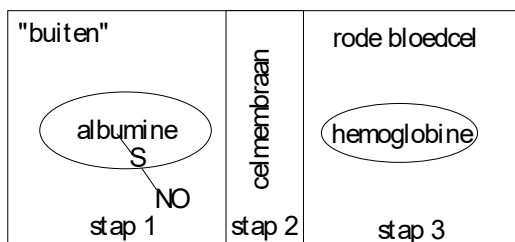
De koppeling van NO aan een cysteïne-eenheid in een eiwit ontstaat via een atoombinding tussen een S-atoom in het eiwit en het N-atoom van NO.

3p 21 Teken het stukje van de eiwitstructuur dat ontstaat als het eiwit '*NO gebonden heeft via de S van een cysteïnebouwsteen*'.

Het eiwit albumine is veel te groot om het celmembraan van een rode bloedcel te kunnen passeren. Toch kan hemoglobine in de rode bloedcel NO 'overnemen' van albumine dat zich buiten de cel bevindt. De verklaring zou kunnen zijn dat HSNO hierbij een rol speelt.

3p 22 Leg op microniveau uit hoe de overname van NO plaatsvindt.

3p 23 Leg ook uit hoe chemisch gezien de overname van NO plaatsvindt. Gebruik daarbij onderstaand schema.



Als HSNO met nog een molecuul H_2S reageert, zou je volgens de onderzoekers HNO (nitroxyl) kunnen krijgen, een stof die een rol speelt bij de regeling van de hartfunctie.

3p 24 Geef de vergelijking van de daarbij optredende reactie in structuurformules weer.

Concepten met kernbegrippen

Binding en structuur: structuur afleiden uit molecuulformule, H-bruggen;

organische chemie: naamgeving, structuurformule, additie waterstof aan C=C;

reacties en evenwicht: reactiewarmte; reactiesnelheid, exotherm;

biochemie: eiwit, hemoglobine, binding aan eiwit;

polymeren: polyester;

divers: microreactor, blokschema, scheiding, schokgolf, micro-macroredeneren.

Microreactor (CA72)

1 In het artikel staat: Bij nitroglycerineproductie kan plotseling veel warmte vrijkomen.

2 $C_3H_8O_3 + 3 HNO_3 \rightarrow C_3H_5N_3O_9 + 3 H_2O$.

3 $\Delta E = E_{\text{nitroglycerine}} + 3 \times E_{\text{water}} - E_{\text{glycerol}} - 3 \times E_{\text{salpeterzuur}} = -3,70 \cdot 10^5 - 3 \times 2,86 \cdot 10^5 - (-6,70 \cdot 10^5 - 3 \times -1,74 \cdot 10^5) = -0,36 \cdot 10^5 \text{ J per mol nitroglycerine.}$

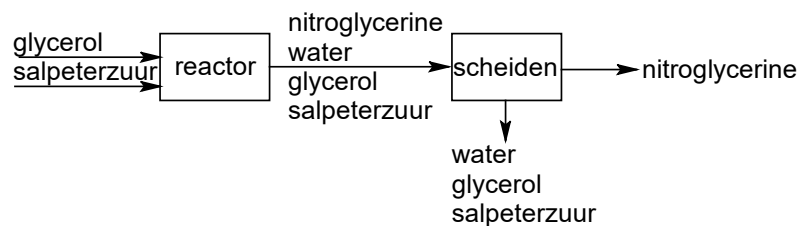
4 Je gebruikt minder stof dus ontstaat er ook minder warmte.

Een microreactor is makkelijker te koelen.

Bij een eventuele explosie zijn de gevolgen minder ernstig.

5 Het is een proces waarbij de stoffen slechts enkele seconden met elkaar reageren dus zal niet alles omgezet zijn. Bovendien ontstaat er naast nitroglycerine ook nog water als reactieproduct.

6



7 De stoffen worden beter met elkaar gemengd vergeleken met een grote reactor.

8 Nee, bij een hogere doorvoersnelheid zullen de stoffen minder tijd hebben om te reageren dus zal de opbrengst cq het rendement lager zijn.

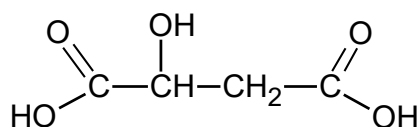
9 $4 C_3H_5N_3O_9 \rightarrow 10 H_2O + 12 CO_2 + 6 N_2 + O_2$.

10 $\Delta E = 10 \times E_{\text{waterdamp}} + 12 \times E_{\text{koolstofdioxide}} - 4 \times E_{\text{nitroglycerine}} = 10 \times -2,42 \cdot 10^5 + 12 \times -3,935 \cdot 10^5 - (4 \times -3,70 \cdot 10^5) = -56,62 \cdot 10^5 \text{ J per mol nitroglycerine.}$

11 Er ontstaat uit een vloeistof heel veel gas dat ook nog eens sterk opwarmt door de vrijkomende warmte.

Biotech ontdekt appelzuur (CA72)

12



13 Appelzuurmoleculen kunnen net als glucose moleculen H-bruggen vormen met watermoleculen vanwege de aanwezigheid van OH-groepen.

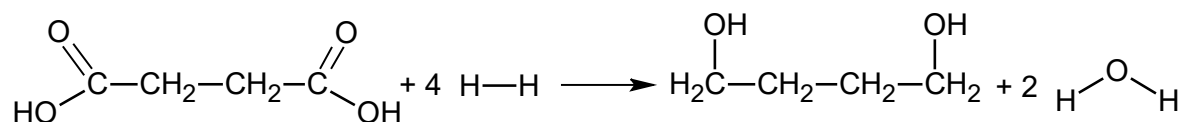
14 Glucose = $C_6H_{12}O_6 \rightarrow$ appelzuur, $C_4H_6O_5$ + stof X. Formule stof X is C_2H_6O (=ethanol).

15 Appelzuur is 2-hydroxybutaandizuur, barnsteenzuur is butaandizuur. Het zijn dus beide dizuren met 4 C-atomen.

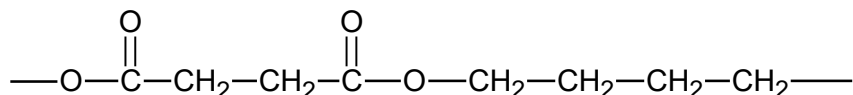
16 Er is veel vraag naar dus het levert veel geld op.

17 Het moet butaan-1,4-diol zijn dus de plaatsnummers staan op een verkeerde plaats.

18



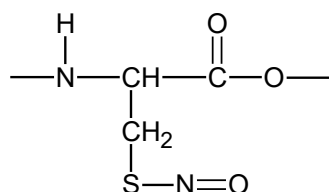
19



HSNO (CA72)

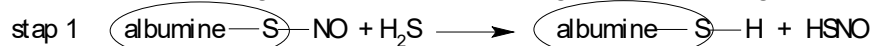
20 H-S-N=O. Alle covalenties kloppen.

21



22 Albuminemoleculen met de bouwsteen cysteïne waaraan NO-moleculen gekoppeld zijn, reageren met H₂S-moleculen waarbij er vrije HSNO-moleculen ontstaan die door het membraan heen kunnen en aan de andere kant van het membraan hun NO-groep binden aan hemoglobinemoleculen.

23 Stap 1: buiten de cel heeft H₂S met albumine-NO gereageerd. Daarbij ontstaat HSNO.
Stap 2: het gevormde HSNO passeert het membraan en gaat de cel in.
Stap 3: in de cel reageert HSNO met hemoglobine en draagt het NO over.



24 $\text{H-S-N=O} + \text{H-S-H} \rightarrow \text{H-N=O} + \text{H-S-S-H}.$

Vraag	Toetsdoel / onderwerp	Taxonomie Bloom						Punten
		O	B	T	A	E	C	
1	Uitleg exotherm		X					2
2	Reactievergelijking opstellen			X				2
3	Reactiewarmte berekenen			X				3
4	Uitleg over veiligheid		X					2
5	Uitleg waarom scheiding nodig is			X				2
6	Blokschema tekenen			X				3
7	Uitleg waarom snelheid hoger is			X				2
8	Doorvoersnelheid en rendement			X				2
9	Reactievergelijking opstellen			X				3
10	Reactiewarmte berekenen			X				3
11	Uitleg waardoor schokgolf ontstaat			X				2
12	Structuurformule tekenen		X					2
13	Uitleg op microniveau			X				2
14	uitleg welk reactieproduct er ook nog ontstaat			X				2
15	Uitleg verwantschap stoffen			X				2
16	Industrie en economie			X				2
17	Fout in naam van organische stof			X				2
18	Reactievergelijking opstellen in structuurformules			X				4
19	Structuur polyester tekenen			X				3
20	Structuurformule HSNO tekenen			X				2
21	Eiwit tekenen met cysteïne en NO gebonden				X			3
22	Uitleg op microniveau				X			3
23	Reacties opstellen met transport NO				X			3
24	Reactie omzetting HSNO in HNO			X				3
								59

$$\text{Cijfer} = \frac{\text{score}}{59} \times 9 + 1$$

Matrix soort vraag volgens taxonomie Bloom (TIMSS)

Niveau O (Onthouden): Geleerde kennis reproduceren of herkennen. (TIMSSI-1 Weten (handeling: benoemen, herkennen, toelichten))

Niveau B (Begrijpen): De betekenis van informatie duiden en deze informatie verbinden met geleerde kennis. (TIMSSII-2 Toepassen (handeling: berekeningen, beschrijven, aangeven, gebruiken))

Niveau T (Toepassen): Geleerde kennis inzetten in een nieuwe situatie. (TIMSS II-3 Toepassen (handeling: berekeningen meer variabelen, verbanden leggen, redeneren))

Niveau A (Analyseren): Informatie in dele splitsen en deze delen verbinden met elkaar en met geleerde kennis. (TIMSS III-4 Redeneren (handeling: analyseren, complexe berekeningen, conclusie, voorstel))

Niveau E (Evalueren): De bruikbaarheid en beperkingen van indicatoren, methodes en indelingen beoordelen. TIMSS III-5 Redeneren (handeling: voorspellingen, beoordelen, beargumenteren))

Niveau C (Creëren): Kennis en informatie uit meerdere bronnen bundelen tot een nieuw idee, concept of product. TIMSS Hors categorie: eigen onderzoek opzetten, technisch ontwerpen)