**Examen scheikunde VWO**

 **2016 Tijdvak 2**

Bij dit examen zit een uitwerkbijlage

Dit examen bestaat uit 23 vragen.

 Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.

 Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

 **Chillen bij – 60 °C**

Sommige kevers, zoals de *Upis ceramboides*, kunnen in poolgebieden een temperatuur van –60°C overleven. Dat hebben ze onder andere te danken aan twee mechanismen die bevriezing van het water in hun lichaam voorkomen.



**Mechanisme 1: ijs-bindende eiwitten**

Sommige poolkevers maken speciale eiwitten (AFP’s) aan. De AFP-moleculen binden met waterstofbruggen aan kleine ijskristallen en voorkomen zo het uitgroeien tot grotere ijskristallen die cellen en/of organen zouden beschadigen.

Een goed gekarakteriseerde AFP van een kever is TmAFP (zie figuur 1). AFP’s van andere kevers lijken hierop: karakteristiek zijn de windingen van telkens 12 aminozuren. De aminozuurvolgorde van iedere winding kan worden weergegeven met de codering TCTxSxxCxxAx. In deze codering wordt elk aminozuur weergegeven met één letter (zie Binas-tabel 67H) en is een x gebruikt voor een willekeurig aminozuur.

1 4p Geef het gedeelte ~ TCT ~ in een structuurformule weer en geef weer hoe een molecuul water aan dit gedeelte gebonden zit.

In de zich vormende AFP worden tussen de SH groepen van opeenvolgende cysteïne-eenheden covalente bindingen gevormd, de zogeheten zwavelbruggen. Deze reactie is een redoxreactie, die hieronder onvolledig is weergegeven.



2 2p Leg uit of voor de vorming van de zwavelbruggen de SH groepen met een oxidator of met een reductor moeten reageren.

 **Mechanisme 2: ijs-bindende suikers**

Behalve de ijs-bindende eiwitten hebben de kevers een tweede beschermingsmechanisme. Op de celmembranen van bepaalde cellen van de kevers bevinden zich moleculen van een polysacharide, waarin de monosachariden mannose (afgekort Man) en xylose (afgekort Xyl) elkaar afwisselen (zie figuur 2). Deze moleculen verhinderen de vorming van ijskristallen tussen de cellen.

Bij het onderzoek werd de polysacharide onder invloed van een enzym bij pH‑= 7,5 volledig gehydrolyseerd. De ontstane oplossing bleek het beschermende effect tegen bevriezing niet te bezitten.

Op de uitwerkbijlage is de structuurformule van zo’n polysacharide weergegeven.

3 3p Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking in structuurformules van de volledige hydrolyse van deze polysacharide.

In de oplossing die ontstond na de hydrolyse waren ook vrije vetzuren aanwezig. Een onderzoeker vermoedde dat moleculen van de polysacharide veresterd zijn met één of meerdere moleculen van de vetzuren. Hij stelde de volgende hypothese op: “Moleculen van de antivriesstof bevinden zich in de vloeistof buiten de cel. Deze moleculen zijn verankerd in het celmembraan door de staarten van één of meerdere vetzuren.”

 Op de uitwerkbijlage staat een celmembraan schematisch weergegeven.

4 3p Geef schematisch op de uitwerkbijlage weer hoe een molecuul van de antivriesstof volgens deze onderzoeker in het celmembraan verankerd is.

 Geef het polysacharide-gedeelte weer als :

 Geef het vetzuur-gedeelte weer als :



 Geef de verestering weer als :

 **Waterstof-brandstofcel**

In het eerste waterstof-tankstation van Nederland wordt waterstofgas bij een druk van 700 bar overgepompt in de tank van de auto. De druk wordt zo hoog gehouden omdat de energiedichtheid van de waterstof dan veel hoger is dan wanneer waterstof bij gewone druk zou worden gebruikt.

De energiedichtheid van benzine bij volledige verbranding bedraagt 46 MJ kg̶ 1, wat overeenkomt met 3,3·104 MJ m̶ 3. Het ontstane water komt hierbij vrij als gas.

De energiedichtheid van waterstof bij 700 bar is hoger dan die van benzine wanneer deze wordt uitgedrukt in MJ kg1, maar lager wanneer deze wordt uitgedrukt in MJ m ̶ 3.

5 3p Bereken de energiedichtheid van waterstof. Geef je antwoord zowel in MJ kg–1 als MJ m–3. Het ontstane water komt vrij als gas.

Het molair volume bedraagt dan 5,3·10– 5 m3 mol–1. Neem aan dat onder deze omstandigheden de waardes van de reactiewarmtes uit Binasmogen worden gebruikt.

Als de waterstof door elektrolyse van water wordt bereid, gaat 35% van de toegevoerde elektrische energie verloren. Het energie-rendement van een waterstof-brandstofcel bedraagt gemiddeld 45%. In beide gevallen is het verlies aan energie vooral te wijten aan de ontwikkeling van warmte.

Overige rendementsverliezen worden hierbij verwaarloosd. Het totale energie-rendement van de vorming van waterstof uit water, waarna het in een brandstofcel wordt gebruikt, is hierdoor laag.

6 2p Bereken het totale energie-rendement.

Veel onderzoek richt zich op het membraan dat tussen de elektrodes aanwezig is. Het meest gebruikte membraanmateriaal is Nafion-117. Een molecuul van Nafion is opgebouwd uit twee monomeren. In figuur 1 is een gedeelte uit een molecuul Nafion weergegeven.

Omdat de waarde van *n* kan variëren, bestaan verschillende typen Nafion.

De aanduiding 117 geeft daarom informatie over de structuur van het membraan. De eerste twee cijfers geven aan dat per 1100 gram materiaal één mol sulfonzuurgroepen (~OSO3H) voorkomt.

Het cijfer 7 geeft informatie over de dikte van het membraan.

7 3pBereken de gemiddelde waarde van *n* voor Nafion-117.

Als Nafion in contact wordt gebracht met water zwelt het materiaal op door opname van water. Door het sterk hydrofiele karakter van de zijketens vormen zich holtes en kanalen in het materiaal. In deze holtes is water aanwezig. De sulfonzuurgroepen die aan het eind van de zijketens van het polymeer aanwezig zijn, steken in de holtes. Deze groepen gedragen zich in water als sterk zuur, waardoor in de holtes H+ ionen aanwezig zijn.

Het zure karakter van de sulfonzuurgroep wordt onder andere veroorzaakt doordat van de geconjugeerde R–OSO3 – groep meerdere grensstructuren mogelijk zijn.

8 4p Geef de Lewisstructuur van de groep R–OSO3 – en leg uit dat van deze groep meerdere grensstructuren bestaan. Geef in de tekening formele lading(en) aan.

Neem aan dat de covalentie van zwavel 6 is. De overige atomen in de weergegeven Lewisstructuur moeten voldoen aan de oktetregel. Laat hierbij de groep R buiten beschouwing.

Tijdens stroomlevering bewegen gehydrateerde H+ ionen door het materiaal heen. Door de reacties die in de brandstofcel optreden en de beweging van gehydrateerde H+ ionen wordt het watergehalte in het membraan beïnvloed. Voor een optimale werking moet het gehalte water in het membraan constant blijven.

De halfreacties aan de elektrodes in een waterstof-brandstofcel zijn hieronder weergegeven.

 H2 → 2H+ + 2 e─ (negatieve elektrode)

 O2 + 4H+ + 4 e─ → 2H2O (positieve elektrode)

De H+ ionen die aan de negatieve elektrode gevormd zijn, bewegen door het membraan naar de andere elektrode. Uit onderzoek blijkt dat elk H+ ion gemiddeld 2,7 moleculen water meesleept van de ene kant van het membraan naar de andere kant. Om het watergehalte in het membraan constant te houden moet dus aan de elektrodes water worden aangevoerd dan wel worden afgevoerd

9 3p Bereken voor beide elektrodes hoeveel gram water moet worden aangevoerd of afgevoerd per gram waterstof die in de cel wordt verbruikt om de hoeveelheid water bij beide elektrodes constant te houden.

Geef je antwoord als volgt weer:

 − bij de … elektrode moet … g water worden aangevoerd;

 − bij de … elektrode moet … g water worden afgevoerd.

 **Zelfherstellend rubber**

Een groep onderzoekers heeft een elastisch materiaal ontwikkeld met zelfherstellende eigenschappen. Als een elastiekje van dit materiaal wordt doorgesneden, hechten de twee delen bij samendrukken weer aan elkaar. Na afloop is het elastiekje weer net zo sterk en elastisch. Het materiaal bestaat uit allerlei verschillende moleculen, die elk zijn opgebouwd uit een aantal dezelfde basiseenheden. In figuur 1 is de microstructuur van dit materiaal schematisch weergegeven.

De stippellijnen geven waterstofbruggen weer tussen de verschillende moleculen. Door de vele waterstofbruggen vormen de moleculen een stevige netwerkstructuur, waardoor het materiaal elastische eigenschappen krijgt. De vorming van het materiaal kan in drie stappen worden weergegeven. Stap 1: door een additiereactie van twee moleculen van een meervoudig onverzadigd vetzuur wordt een dizuur gevormd. Het mechanisme van deze additiereactie is hiernaast vereenvoudigd weergegeven.



De structuurformule van het dizuur dat volgens deze additiereactie is gevormd, is hieronder weergegeven.

10 3p Geef de structuurformule van het vetzuur dat als grondstof voor het dizuur is gebruikt. Je hoeft bij de beantwoording geen rekening te houden met eventuele stereo-isomerie.

Stap 2: men laat het dizuur reageren met diëthyleentriamine (DET) om aan het gevormde dizuur waterstofbrugvormende groepen aan te brengen. De structuurformule van DET is hieronder weergegeven.

Afhankelijk van de gekozen molverhouding tussen het dizuur en DET worden verschillende producten gevormd.

11 3p Geef de vergelijking van de reactie wanneer twee moleculen DET reageren met één molecuul van het dizuur.

Gebruik structuurformules en geef het dizuur schematisch weer zoals hiernaast.

Stap 3: om nog meer waterstofbrugvormende groepen aan te brengen laat men de in stap 2 gevormde producten reageren met ureum.

Atoomgroepen van de eenheden DET vormen atoombindingen met ureum‑moleculen, waarbij onder andere atoomgroepen worden gevormd zoals hieronder is weergegeven.



 In deze reactie wordt nog een andere stof gevormd.

12 1p Geef de naam van de andere stof die wordt gevormd als ureum met een eenheid DET reageert. Gebruik Binas-tabel 67J.

Als een stukje van dit materiaal wordt doorgesneden, worden de waterstofbruggen tussen de moleculen aan weerszijden van de snede verbroken. Door de beide zijden tegen elkaar te drukken, komen de waterstofbrugvormende groepen weer met elkaar in contact en worden weer waterstofbruggen gevormd. De mate waarin het materiaal eenvoudig hersteld kan worden, hangt onder andere sterk af van de temperatuur.

Bij 23 °C kan nog volledig herstel worden verkregen tot een week na de breuk, bij 40 °C tot 48 uur en bij 90 °C tot 15 minuten.

13 2p Geef een verklaring op microniveau waarom de tijd waarin het rubber nog hersteld kan worden, afneemt bij hogere temperatuur.

De toepassing van dit materiaal is beperkt tot droge omstandigheden. Als het materiaal onder vochtige omstandigheden beschadigd raakt, is het niet meer mogelijk een breuk te herstellen.

14 2p Leg uit op microniveau waarom het zelfherstellend vermogen verdwijnt bij vochtige omstandigheden.

 **Carbon**

Carbon is een composiet samengesteld uit een netwerkpolymeer en koolstofvezels. Het netwerkpolymeer in carbon is een epoxyhars. De epoxyhars wordt gevormd uit twee monomeren: een amine en een zogeheten di-epoxide.

Moleculen van het di-epoxide bevatten aan beide uiteinden een epoxidegroep.

Wanneer het di-epoxide wordt gemengd met de amine treedt de hieronder weergegeven reactie op.

Met R1 en R2 worden de overige delen van de moleculen aangeduid.

De amine treedt hierbij op als een nucleofiel deeltje.

Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de reactie onvolledig weergegeven in twee stappen. In stap 2 verplaatst zich een H atoom.

15 3p Maak de stappen op de uitwerkbijlage af door ontbrekende elektronenparen en atomen aan te vullen. Gebruik Lewisstructuren.

 Geef met pijlen aan hoe elektronenparen zich verplaatsen.

 Geef formele ladingen aan.

Een epoxidegroep is op te vatten als een cyclische ethergroep.

Van alle ethers blijken de stoffen met een epoxidegroep in de moleculen veel reactiever te zijn dan de lineaire ethers. De reden hiervoor is dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR‑theorie voorspelt. Hierdoor is de activeringsenergie voor het verbreken van de C–O binding in een epoxidegroep veel lager dan bij een lineaire ether.

16 2p Leg uit dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR-theorie voorspelt.

 Men streeft ernaar dat in het materiaal geen reactieve groepen meer over zijn. Daarom moeten de ~NH groepen en de epoxidegroepen in een molverhouding 1:1 gemengd worden.

Voor de gebruiker vermelden fabrikanten daarom twee waardes op de verpakking: de EEM en de AHEM. Deze waardes zijn als volgt gedefinieerd:

* EEM: het aantal gram van het di-epoxide per mol epoxidegroepen;
* AHEM: het aantal gram van de amine per mol aan stikstof gebonden waterstofatomen.

Hieronder is de structuur van de veelgebruikte diëthyleentriamine (DET) weergegeven.

17 3p Bereken de AHEM voor DET.

 Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Bij een bereiding van epoxyhars wordt een di-epoxide gebruikt met een EEM van 189 gram en een amine met een AHEM van 15 gram.

18 2p Bereken hoeveel gram di-epoxide nodig is voor de bereiding van 100 gram van deze epoxyhars.

Omdat de amine-moleculen meerdere reactieve plaatsen hebben, vormen deze crosslinks tussen de moleculen van het di-epoxide.

De structuur van het meest gebruikte di-epoxide voor carbon is hieronder weergegeven. De waarde van *n* in dit monomeer kan liggen tussen 0 tot 25.



De waarde van *n* heeft onder meer invloed op de vervormbaarheid van de gevormde epoxyhars.

19 2p Leg uit dat een grotere waarde van *n* zal leiden tot een grotere vervormbaarheid van de epoxyhars.

Om een voorwerp van carbon te produceren worden de twee monomeren samen met de koolstofvezels in een mal geperst.

Voor de sterkte van het gevormde carbon is van belang dat de koolstofvezels goed hechten aan de epoxyhars. Op microniveau bestaan de vezels uit meerdere koolstoflaagjes van elk één atoom dik, vergelijkbaar met grafiet (zie Binas-tabel 67E). Dankzij de platte vorm liggen de lagen dicht op elkaar.

Om de hechting met het netwerkpolymeer te verbeteren worden de koolstofvezels voorbehandeld met een oxidator. In figuur 1 is weergegeven hoe een laagje er dan uit kan zien.



20 2p Leg uit op microniveau waarom deze voorbehandeling van de koolstofvezels leidt tot een betere hechting tussen de koolstofvezels en de hierboven beschreven epoxyhars.

Door deze voorbehandeling blijkt de sterkte van de koolstofvezels zelf af te nemen. Men verklaart dit uit een afname van de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes.

21 2p Geef een verklaring op microniveau waarom de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes afneemt door de voorbehandeling.

 **Duurzame ammoniak**

Ammoniak wordt in Europa vooral geproduceerd uit stikstof en methaan. Methaan treedt in het proces op als energiebron maar ook als bron van waterstofatomen. Om waterstof te produceren uit methaan wordt bij hoge temperatuur en druk methaan in reactie gebracht met water en zuurstof. Hierbij wordt een gasmengsel van CO, H2O en H2 verkregen. Om een groot deel van het aanwezige CO te verwijderen, wordt vervolgens in twee reactoren de zogeheten gas-shift reactie uitgevoerd.

In figuur 1 is weergegeven hoe dit deel van het proces wordt uitgevoerd.

Zowel in R1 als in R2 is een katalysator aanwezig en heerst een hoge druk.

 In beide reactoren treedt onderstaand evenwicht op.

 CO + H2O ⇄ CO2 + H2

In de gasstroom na R1 bedraagt het volumepercentage CO nog 2-4% en na R2 is er nog 1% CO.

22 2p Leg uit of de reactie naar rechts van dit evenwicht exotherm of endotherm is.

23 2p Geef aan welk doel de hogere temperatuur in R1 heeft.

De waterstof afkomstig uit R2 wordt in een aantal stappen afgescheiden van de rest van het gasmengsel. Allereerst wordt water afgescheiden.

 Daarna wordt CO2 gescheiden van de overige gassen.

24 2p Leg uit op welke wijze CO2 kan worden afgescheiden uit het gasmengsel dat is ontstaan na het verwijderen van water uit het gasmengsel afkomstig van R2.

De gezuiverde waterstof wordt in een volgende reactor in reactie gebracht met stikstof. Het totaalproces van de productie van ammoniak uit onder andere methaan kan worden weergegeven met onderstaande reactievergelijking (reactie 1):

 0,40 CH4 + 0,050 O2 + 0,70 H2O + 0,50 N2 → 0,40 CO2 + 1,0 NH3

Als in een proces deze molverhoudingen worden toegepast, is het proces ongeveer energieneutraal. Dat betekent dat vrijwel geen extra energie nodig is of overtollige warmte ontstaat.

25 3p Bereken het energie-effect van het totaalproces volgens reactie 1 per mol gevormde ammoniak.

 Neem aan dat H2O in gasvorm aanwezig is. Rond bij deze berekening niet tussentijds af en geef je antwoord in twee significante cijfers.

In de praktijk blijkt dat de meest efficiënte ammoniakfabrieken 25% meer energie nodig hebben dan wat op basis van reactie 1 kan worden berekend. In het proces wordt dan ook 25% meer methaan per mol ammoniak gebruikt. De extra hoeveelheid methaan levert dan de benodigde energie.

26 3p Geef de vergelijking van reactie 1 voor de praktijksituatie.

De waterstof die nodig is voor de productie van ammoniak kan ook worden verkregen uit andere processen. In tabel 1 is het relatieve energieverbruik weergegeven voor de productie van waterstof uit een aantal grondstoffen.

In de reacties zijn de grondstoffen zware stookolie en nafta weergegeven met de gemiddelde verhouding tussen het aantal C atomen en het aantal H atomen in deze grondstoffen.

 **tabel 1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **grondstof****(proces)** | **reactie** | **Relatief energie-verbruik** |
| **kolen** | **C + 2H2O → 2H2 + CO2** | **170 %** |
| **Zware stookolie** | **CH + 2H2O → 2,5 H2 + CO2** | **135 %** |
| **Nafta** | **CH2 + 2H2O → 3H2 + CO2** | **104%** |
| **aardgas** | **CH4 + 2H2O → 4H2 + CO2** | **100%** |

Zware stookolie en nafta zijn producten afkomstig van de destillatie van aardolie. Als onvoldoende aardgas beschikbaar is, kan aan de hand van tabel 1 een afweging worden gemaakt tussen de grondstoffen zware stookolie en nafta.

27 2p Leg uit welke van de twee grondstoffen, zware stookolie of nafta, de voorkeur verdient voor de productie van waterstof. Geef twee argumenten op basis van tabel 1.

Onderzocht is of het mogelijk is om gedroogd houtafval als duurzaam alternatief voor methaan te gebruiken voor de productie van ammoniak. In het onderzoek leverde 2,7 kg houtafval voldoende waterstof voor de productie van 1,0 kg ammoniak. De omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt uiteindelijk tot een CO2-uitstoot van 3,3 kg CO­2 per kg ammoniak.

28 3p Laat door berekening zien dat de omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt tot een CO2-uitstoot van 3,3 kg CO2 per kg ammoniak.

 Gebruik onder andere de volgende gegevens:

 − het vochtgehalte van het houtafval bedroeg 35 massa%;

 − gedroogd houtafval bevat 51 massa% koolstof.

In het onderzoek is met behulp van modellen berekend dat de CO2-uitstoot bij de productie van ammoniak uit aardgas 1,9 kg CO2 per kg ammoniak bedraagt. De productie van ammoniak uit houtafval levert een CO2-uitstoot van 4,1 kg CO2 per kg ammoniak.

 In de modellen is ook de CO2-uitstoot die optreedt buiten de ammoniakfabriek opgenomen. Op basis van de gemodelleerde CO2-uitstoot van beide processen kan worden berekend dat houtafval een lagere bijdrage levert aan het versterkte broeikaseffect dan aardgas.

29 4p Voer de volgende opdrachten uit:

* Bereken hoeveel kg CO­­2 per kg ammoniak netto wordt bespaard door gebruik te maken van houtafval.
* Licht je berekening toe.

VWO 2016 tijdvak 2

uitwerkbijlage Naam :



15

**Uitwerkingen**

**Chillen bij – 60 °C**

1

2 Bij de redoxreactie komen 2 H+ ionen vrij. Omdat de ladingbalans moet kloppen moeten er ook 2 elektronen afgeven worden. De stof is dus reductor en je een oxidator nodig voor de vorming van de SH bruggen

3

4 SMARTDRAW

**Waterstof-brandstofcel**

5 1kg waterstof M(H2) = 2,016 g / mol

|  |  |
| --- | --- |
| g | mol |
| 2,016 | 1 |
| 1000 | ? |

 ? = = 496 mol H2

 Vormingswarmte water -2,42 · 105 J / mol

|  |  |
| --- | --- |
| J | mol |
| -2,42 ·105 | 1 |
| ? | 496 |

 ? = = 1,2 · 108 J

 Dus 1,2 · 102 MJ / kg

 1 m3 waterstof

|  |  |
| --- | --- |
| m3 | mol |
| 5,3 · 10–5 | 1 |
| 1 | ? |

 ? = = 1,89 · 104 mol

|  |  |
| --- | --- |
| J | mol |
| -2,42 ·105 | 1 |
| ? | 1,89 · 104 |

 ? = = 4,6 · 109 J

 Dus 4,6 · 103 MJ/m3

6 Electrolyse 35 % energie verlies dus een opbrengst van 65%

 rendement brandstofcel = 45 %

 dus totale rendement = 0,65 • 0,45 • 100 = 29 %

7 per 1100 g 1 mol ~OSO3H dus ook 1 mol van de repeterende eenheid zonder n

 molecuulformule van dit gedeeltje = C7HF13O6S
massa van dit gedeeltje is 7 • 12,01 + 1,008 + 13 • 19,00 + 6 • 16,00 + 32,06 = 460,14 g / mol

 dus nog 1100 - 460,14 = 640 g voor repeterende gedeelte met n

 molecuulformule van dat gedeelte is C2F4

 massa is dus 2 • 12,01 + 4 • 19,00 = 100,02 g / mol

 dus n = = 6,40

8 Een van onderstaande grensstructuren tekenen en uitleggen dat de negatieve lading ook op de andere 2 O atomen kan zitten

9 berekening aantal g water wat getransporteerd wordt door membraam

|  |  |
| --- | --- |
| mol | g |
| 1 | 2,016 |
| ? | 1,00 |

 ? = = 0,496 mol H2
 H2 : H+ : H2O = 1 : 2 : 5,4

 dus 0,496 . 5,4 = 2,679 mol H2O

|  |  |
| --- | --- |
| mol | g |
| 1 | 18,02 |
| 2,679 | ? |

 ? = = 48 g H2O

 Berekening aantal g water wat gevormd wordt
 totaal vergelijking is

 2H2 + O2 → 2H2O
 dus per g H2 ontstaat dus 0,496 mol H2O

|  |  |
| --- | --- |
| mol | g |
| 1 | 18,02 |
| 0,496 | ? |

 ? = = 8,9 g H2O

 dus 8,9 + 48 = 57 g

 − bij de negatieve elektrode moet 48 g water worden aangevoerd;

 − bij de positieve elektrode moet 57 g water worden afgevoerd.

10

11

12 ammoniak NH3

13 De moleculen op de snede bewegen/trillen op hun plaats. Ze hebben hierdoor de mogelijkheid om zo te draaien dat de waterstofbrugvormende groepen zich meer richten naar omliggende moleculen. Ze kunnen dan dus geen waterstofbruggen meer vormen met moleculen aan de buitenzijde van het materiaal / het andere deel van de breuk.

 Als de temperatuur hoger wordt, zullen de moleculen sneller bewegen/trillen. Hierdoor zullen de moleculen zich sneller draaien / sneller anders oriënteren.

14 De waterstofbrugvormende groepen zullen dan waterstofbruggen vormen met watermoleculen. Hierdoor kunnen deze groepen dan geen waterstofbruggen meer met elkaar vormen.

 **Carbon**

15

16 In de ringstructuur hebben alle 3 de atomen een 4 omringing. De 2 C atomen zijn nl verbonden met 4 andere atomen en het O atoom heeft 2 vrije elektronen paren en is verbonden met 2 andere atomen. De VSEPR methode voorspelt dus een tetraëdische omringing en dus hoeken van ongeveer 109,5 ᵒ. Door de ringstructuur van 3 atomen is de werkelijke hoek echter 60 ᵒ dus veel kleiner dan de VSEPR methode voorspelt.

17 In 1 mol van DET zitten 5 mol H atomen gebonden aan stikstof

 1 mol DET weegt 4 • 12,01 + 13. 1,008 + 3 • 14,01 = 103,17 g

 AHEm = aantal g amine per mol H aan stikstof gebonden dus

 AHEM = = 21

18 Verhouding tussen di-epoxide, amine en product is dus 189 : 15 : 204

 dus nodige di-epoxide = • 189 = 92,6 g

19 Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

* Bij een grotere waarde van *n* is de lengte van de keten tussen de plaatsen waar het di-epoxide met de amine heeft gereageerd groter. Een lange (epoxide)keten kan beter worden vervormd / is flexibeler.
* Bij een grotere waarde van *n* neemt de dichtheid van de crosslinks af. Omdat de moleculen op minder plaatsen verbonden zijn, wordt het netwerk minder star.
* Bij een grotere waarde van *n* neemt de dichtheid van de crosslinks af. Hierdoor wordt de sterkte van het netwerk minder bepaald door (sterke) atoombindingen en meer door de zwakkere vanderwaalsbindingen (tussen de di-epoxideketens, waardoor het materiaal beter te vervormen is).

20 Voorbeelden van een juist antwoord zijn

* Door de voorbehandeling ontstaan C=O groepen, OH groepen en COOH groepen. Deze groepen kunnen met de in de epoxyhars aanwezige OH groepen of N atomen waterstofbruggen vormen. Hierdoor is de binding sterker dan wanneer er alleen vdWaalsbindingen zijn.
* Door de voorbehandeling ontstaan er epoxide groepen die met de OH of NH groepen in de hars kunnen reageren zodat er een sterke binding ontstaat.

21 Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

* In de koolstoflaagjes ontstaan koolstofatomen met omringingsgetal 4. Hierdoor verliezen de koolstoflaagjes hun platte vorm met als gevolgdat de koolstoflaagjes niet meer goed op elkaar passen / minder dicht opelkaar zitten. Door de grotere afstand tussen de koolstoflaagjes wordt de vanderwaalsbinding tussen de koolstoflaagjes zwakker.
* De opgenomen zuurstofatomen nemen plaats in tussen de koolstoflaagjes. Hierdoor kunnen de koolstoflaagjes niet meer goed op elkaar liggen / is meer tussenruimte ontstaan. Door de grotere afstand tussen de koolstoflaagjes wordt de vanderwaalsbinding tussen de koolstoflaagjes zwakker.

 **Duurzaam ammoniak**

22 Bij temperatuurverlaging verschuift het evenwicht naar de exotherme kant. Omdat de opbrengst hoger is bij een lagere temperatuur is de rechts exotherm.

23 Door de hogere temperatuur zal de reactie sneller gaan en zal het evenwicht zich dus sneller instellen.

24 Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

* Koolstofdioxide kan worden afgescheiden van de overige gassen door het gasmengsel af te koelen. Het zal bij een hogere temperatuur condenseren dan de overige gassen.
* In water opgelost koolstofdioxide gedraagt zich als een zwak zuur. Het CO2 kan worden afgescheiden van de overige gassen door het gasmengsel door een basische oplossing te leiden. Het opgeloste CO2 reageert met de oplossing, terwijl de overige gassen niet reageren en ook niet oplossen.

25 CH4 → C + 2H2 ∆E = 0,75 • 105 J/mol

 H2O → H2 + 0,5 O2 ∆E = 2,42 • 105 J/mol

 C + O2 → CO2 ∆E = -3,935 • 105 J/mol

 N2  + 1,5 H2 → NH3  ∆E = -0,459 • 105 J/mol

 ∆Ereactie  = (0,40 • 0,75 + 0,70 •2,42 + 0,40 • -3,955 + -0,459) 105 = -3,9 • 103 J

26 25 % methaan nodig dus 0,25 • 0,40 = 0,10 mol methaan

 Er reageert dus 0,10 mol extra

 CH4 + 2 O2 → CO2 + 2H2O

 dus extra nodig voor 0,10 mol CH4 is 0,20 mol O2
 Er ontstaat dus extra 0,10 mol CO2 en 0,20 mol H2O

 dus er ontstaat 0,40 + 0,10 = 0,50 mol CO2

 en er is maar 0,70 - 0,20 = 0,50 mol H2O nodig

 dus reactie wordt

 0,50 CH4 + 0,250 O2 + 0,50 H2O + 0,50 N2 → 0,50 CO2 + 1,0 NH3

27 Er ontstaat meer CO2 voor dezelfde hoeveelheid H2 wanneer zware stookolie wordt gebruikt. Ook is het energieverbruik bij zware stookolie hoger, dus nafta verdient de voorkeur.

28 uit 2,7 kg hout komt 0,65 • 2,7 = 1,755 kg gedroogd hout

 Dit bevat 0,51 • 1,755 = 0,895 kg koolstof

|  |  |
| --- | --- |
| kmol | kg |
| 1 | 12,01 |
| ? | 0,895 |

 ? = = 0,0833 kmol C

 Er ontstaat dus ook 0,0745 kmol CO2

|  |  |
| --- | --- |
| kmol | kg |
| 1 | 44,01 |
| 0,0745 | ? |

 ? = = 3,3 kg C2O

29 Van de 4,1 kg CO2 die vrijkomt tijdens het proces is 3,3 kg afkomstig uit koolstof in de biomassa. Omdat deze CO2 bij de groei van de biomassa uit de atmosfeer is opgenomen kun je stellen dat deze CO2 geen bijdrage levert aan het broeikaseffect.

 Dus uit houtafval netto 4,1 - 3,3 = 0,8 kg CO2

 dus besparing = 1,9 - 0,8 = 1,1 kg CO2