**Oefenmateriaal 1 scheikunde 5 VWO toetsweek 3**

**Waterstof uit afvalwater**

Er wordt al enige tijd onderzoek gedaan naar de duurzame productie van

waterstofgas uit afvalwater. Zo zijn er experimenten uitgevoerd met de

zogenoemde ‘donkere fermentatie’ van afvalwater. Bij deze experimenten zijn

bacteriën gebruikt die in het donker koolhydraten kunnen omzetten.

Donkere fermentatie van een glucose-oplossing kan in twee stappen verlopen.

Stap 1 wordt hieronder in een onvolledige reactievergelijking weergegeven.

De correcte formules van alle bij de reactie betrokken deeltjes staan in de vergelijking vermeld. Alleen de coëfficiënten in de reactievergelijking ontbreken.

stap 1: C6H12O6 + H2O → H2 + CH3COO− + HCO3− + H+

1 4p Stel de volledige reactievergelijking voor stap 1 op. Gebruik hierbij het gegeven dat CH3COO− en HCO3−  in de molverhouding 1 : 1 ontstaan.

Als de juiste mix van bacteriën aanwezig is, wordt het ethanoaat (CH3COO−) als volgt omgezet:

stap 2: CH3COO− + 4H2O → 4H2 + 2HCO3− + H+

Theoretisch kan in deze twee-staps donkere fermentatie uit 1 mol glucose

12 mol waterstof ontstaan. In de praktijk is het rendement van deze omzetting

laag.

In een experiment is de donkere fermentatie uitgevoerd met speciaal geselecteerde bacteriën. Daarbij werd 5,0 L glucose-oplossing met een concentratie van 250 g per L gebruikt. Het rendement van de waterstofproductie bleek daarbij 15 procent te zijn.

2 4p Bereken hoeveel dm3 waterstofgas in dit experiment is geproduceerd. Ga ervan uit dat glucose de enige stof is die door de bacteriën wordt omgezet tot H2 en dat het experiment is uitgevoerd bij een temperatuur van 298 K en *p* = *p0*.

**Duurzaam cement**

Voor het gebruik in beton en metselspecie wordt wereldwijd jaarlijks meer dan 3 •109 ton cement geproduceerd. Portlandcement is de meest gebruikte soort cement. De productie van Portlandcement start met de calcinatie van kalksteen in een zogenoemde cementoven. Bij een temperatuur van 1100 K ontleedt kalksteen (calciumcarbonaat) volgens onderstaande reactievergelijking.

CaCO3 → CaO + CO2 reactie 1

Het gevormde calciumoxide reageert vervolgens in de cementoven met de andere grondstoffen siliciumoxide, aluminiumoxide en ijzer(III)oxide in verschillende verhoudingen tot zogeheten cementklinker. Uit cementklinker wordt door toevoeging van calciumsulfaat uiteindelijk Portlandcement bereid.

In tabel 1 staat weergegeven welke verbindingen voornamelijk in cementklinker voorkomen.

3 1p Geef de formules van ijzer(III)oxide

Tabel 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| soort stof | molaire  massa  (g mol─1) | Massa % in  cementklinker |
| Ca2SiO4 | 172,3 | 29 |
| Ca3SiO5 | 228,3 | 46 |
| Ca3Al2 O6 | 270,2 | 7,1 |
| Ca4Al2Fe2O10 | 486,0 | 7,3 |

De productie van 1,0 ton cementklinker zorgt voor een uitstoot van

0,80 ton CO2. Een groot deel daarvan komt vrij als het reactieproduct van

de calcinatie.

4 4p Bereken met behulp van tabel 1 hoeveel massaprocent van deze

0,80 ton CO2 geproduceerd wordt door de calcinatiereactie. Neem aan dat

de CO2 uitstoot uitsluitend ontstaat bij de vorming van de in de tabel

genoemde stoffen.

Een ander deel van de CO2 uitstoot komt niet vrij als reactieproduct in de

calcinatie, maar wordt veroorzaakt doordat in de cementovens de

temperatuur zeer hoog is, tot maximaal 1500 K. Bij deze hoge

temperatuur verloopt de vorming van de cementklinker. De calcinatie en

de vorming van cementklinker zijn beide endotherm.

5 3p Bereken de reactiewarmte van de calcinatie van kalksteen (reactie 1).

Om de CO2 uitstoot bij de productie van cement te beperken zoekt men

naar alternatieven voor Portlandcement. Het bedrijf Novacem heeft een

nieuw proces ontwikkeld, waarbij met andere grondstoffen wordt gewerkt.

In de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is een vereenvoudigd en

onvolledig blokschema voor de productie van het zogeheten

Novacemcement na de opstartfase weergegeven. In het productieproces

wordt de verpoederde grondstof serpentine (Mg3Si2O5(OH)4) in reactor

R1 gemengd met water. Onder hoge druk en bij *T* = 440 K wordt

serpentine met CO2 vrijwel volledig omgezet tot magnesiumcarbonaat

(MgCO3), siliciumdioxide (SiO2) en nog een andere stof. Deze reactie is

exotherm en omkeerbaar.

6 3p Geef de vergelijking van de reactie van CO2 met serpentine.

Neem aan dat geen van de betrokken vaste stoffen oplost in het water.

De verblijftijd in R1 is zo gekozen dat zich een evenwicht kan instellen.

In het mengsel dat R1 verlaat, bevindt zich dan nog een klein percentage

serpentine.

7 2p Leg uit of zich in het mengsel dat R1 verlaat een groter of kleiner

percentage serpentine bevindt als de temperatuur in R1 hoger is dan

440 K.

De uit R1 afkomstige vaste stoffen worden in ruimte S gescheiden van het

water. De vaste stoffen worden naar reactor R2 geleid, waar het

magnesiumcarbonaat volledig reageert tot magnesiumoxide en

koolstofdioxide (*T* = 970 K, *p* = *p*o). Deze reactie is endotherm.

Van de uit R2 afkomstige vaste stoffen wordt de helft direct naar een

mengruimte gevoerd. De andere helft wordt naar reactor R3 geleid, waar

het magnesiumoxide in een exotherme reactie bij kamertemperatuur

volledig reageert met water en CO2 tot zogenoemd gehydrateerd

magnesiumcarbonaat (Mg2CO3(OH)2 **.** *n*H­2O).

In een mengruimte worden vervolgens bij kamertemperatuur de vaste

stoffen afkomstig uit R2 en R3 gemengd. Dit mengsel heet

Novacemcement.

Voor het gehele proces hoeft geen water van buitenaf te worden

aangevoerd.

8 4p Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage (aan het eind van de opgaven) de ontbrekende stofstromen.

* Zet bij alle stofstromen de stof(fen) die daarbij hoort (horen).
* Stofstromen voor serpentine hoeven niet te worden weergegeven.
* Houd rekening met het feit dat men, waar mogelijk, stoffen recirculeert.

**TDA**

Organische verbindingen waarvan de moleculen NO2 groepen bevatten, worden nitroverbindingen genoemd. Nitroverbindingen kunnen reageren met waterstof. De NO2 groep wordt daarbij omgezet tot een NH2 groep. Zo kan nitromethaan met waterstof worden omgezet tot methaanamine:

CH3 ─ NO2 (g) + 3H2 (g) → CH3 ─ NH2 (g) + 2H2O (l) reactie 1

Reactie 1 is een sterk exotherme reactie

9 3p Bepaal met behulp van de vormingsenergieën de reactiewarmte van deze reactie.   
De vormingsenergie van nitromethaan is -0,81 • 105 J/mol

Reactie 1 verloopt in drie opeenvolgende stappen, die hieronder zijn weergegeven:

stap 1: CH3 ─ NO2 + H2 → CH3 ─ N = O + H2O

stap 2: de additiereactie van waterstof met CH3 ─ N = O

stap 3: de vorming van CH3 – NH2

10 3p Geef de reactievergelijkingen van de stappen 2 en 3. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules. Noteer je antwoord als volgt:

reactievergelijking van stap 2: …

reactievergelijking van stap 3: …

11 2p Bereken de atoomeconomie van reactie 1

De reactie van nitroverbindingen met waterstof wordt in de industrie onder andere toegepast bij de bereiding van de stof die wordt aangeduid met de afkorting TDA.

De structuurformule van TDA is hieronder weergegeven:



TDA is een belangrijke grondstof voor polyurethanen. Polyurethanen worden onder andere toegepast in matrassen, sportschoenen en PUR schuim.

Bij de industriële bereiding van TDA wordt een grondstof gebruikt die wordt aangeduid met de afkorting DNT. Deze bereiding verloopt volgens reactie 2:



Reactie 2 is evenals reactie 1 exotherm. Het warmte-effect van dit soort reacties wordt (vrijwel) uitsluitend veroorzaakt door de omzetting van NO2 groepen tot NH2 groepen.

Het is in de industrie gebruikelijk om hoeveelheden stof niet in mol uit te drukken maar in kg of in ton.

12 3p Leg uit of de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de bereiding van een kg TDA volgens reactie 2 groter of kleiner is dan of (ongeveer) gelijk is aan de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de bereiding van een kg methaanamine volgens reactie 1.

De researchafdeling van een chemisch bedrijf heeft een nieuw continu proces ontworpen om TDA te bereiden volgens reactie 2. Hieronder is dit nieuwe proces in een blokschema weergegeven.

R = Reactor S = Scheider W = Warmtewisselaar

Om veiligheidsredenen moet de temperatuur in de reactor laag worden gehouden. Om dit te realiseren wordt steeds een kleine hoeveelheid DNT aan een mengsel van TDA en water toegevoegd. Dit mengsel wordt samen met de waterstof in de reactor gepompt.

Het mengsel van TDA en water treedt op als warmtebuffer. Het neemt de warmte op die bij de reactie vrijkomt en staat deze weer af in de warmtewisselaar. Een klein deel van het mengsel van TDA en water wordt bij afgevoerd; het grootste gedeelte wordt teruggeleid in de reactor.

Bij een bepaalde opzet van dit continue proces wordt per minuut 25,0 g DNT gemengd met een kg van het mengsel van TDA en water.

13 5p Bereken hoeveel gram van het mengsel van TDA en water dat uit de warmtewisselaar komt, bij per minuut moet worden afgevoerd bij A. Ga er bij de berekening vanuit dat de molverhouding TDA : water in dit continue proces gelijk blijft.

## 

Bleekpoeder  
  
Bleekpoeder werd vroeger in de huishouding gebruikt als reinigingsmiddel. Het is een mengsel van drie vaste stoffen : calciumhydroxide, calciumchloride en calciumhypochloriet. De formule van hypochloriet is ClO−

14 1p Geeft de formule van calciumhypochloriet

Bleekpoeder wordt bereid door chloorgas te laten reageren met calciumhydroxide. Bij deze reactie worden chloride-ionen en hypochlorietionen gevormd uit chloormoleculen en hydroxide-ionen.

Cl2 + 2OH− → ClO− + Cl− + H2O

Het gehalte aan calciumhydroxide in bleekpoeder is afhankelijk van de hoeveelheid chloorgas die per mol calciumhydroxide reageert. Om het gewenste gehalte te krijgen laat men per 1,00 mol calciumhydroxide 0,67 mol Cl2 reageren. Calciumhydroxide is bij deze reactie in overmaat aanwezig.

15 3p Bereken de molverhouding tussen calciumhydroxide en calciumchloride in het aldus verkregen bleekpoeder.

De reactie tussen Cl2 en OH− is een redoxreactie. Hierin treedt Cl2 én als oxidator én als reductor op De vergelijking van de halfreactie waarin Cl2 als oxidator optreedt is :

Cl2 + 2e− → 2Cl−

Met behulp van deze halfreactie en de vergelijking van de totale reactie is de vergelijking af te leiden voor de halfreactie waarin Cl2 als reductor optreedt.

16 2p Geef de vergelijking van deze halfreactie.

**Parkinson**

De ziekte van Parkinson is een neurologische aandoening. Wanneer van een bepaalde soort hersencellen een aanzienlijk deel is afgestorven, komt deze ziekte tot uiting. Deze hersencellen produceren de stof dopamine. Dopamine speelt een rol in de overdracht van impulsen vanuit de hersenen naar het ruggenmerg.

In deze hersencellen wordt dopamine gevormd via twee opvolgende reacties.

In de eerste reactie wordt uit L-tyrosine met behulp van een enzym L-dopa gevormd.

De structuurformule van L-dopa is :



In de tweede reactie ontstaat dopamine uit L-dopa, onder invloed van het enzym L-dopadecarboxylase. Bij deze reactie ontleedt L-dopa tot dopamine en koolstofdioxide.

De aanduiding ‘L’ in L-tyrosine en L-dopa geeft informatie over de ruimtelijke structuur van de moleculen van deze stoffen. In de naam van dopamine is de aanduiding ‘L’ niet nodig.

17 3p Geef de reactievergelijking voor de ontleding van L-dopa tot dopamine en koolstofdioxide. Gebruik daarbij structuurformules voor L-dopa en dopamine

18 2p Leg aan de hand van de structuurformules uit waarom in L-dopa de aanduiding ‘L’ wel nodig is en waarom die aanduiding in de stofnaam dopamine ontbreekt.

Bijlage opgave 8



1 C6H12O6 + 4H2O → 4H2 + 2CH3COO− + 2HCO3− + 4H+

(aantal H+ wordt bepaald door de ladingbalans, voor de pijl neutraal dus na de pijl moet het ook neutraal zijn)

2 250 g / L en 5,0 L glucose oplossing dus 250 · 5 = 1250 g glucose

M(glucose) = 180,2

Dus 1250 g ≙ = 6,937 mol glucose

Glucose : waterstof = 1 : 12 dus 12 · 6,937 = 83,24 mol H2

Rendement is 15 % dus · 83,24 = 12,49 mol H2 ontstaat

Vm = 24,5 dm3 / mol dus 24,5 · 12,49 = 306 dm3

Dus 3,1 · 102 dm3

**Duurzaam cement vwo 2013 tijdvak 2 pilot**

3 Fe2O3

4 Voor elke mol CaO ontstaat 1 mol CO2  
Verhouding Ca : CaO : CO2 = 1 : 1 : 1

Ca2SiO4  aantal mol CO2 = 2 • = 0,3366 mol

Ca3SiO5 aantal mol CO2 = 3 • = 0,6045 mol

Ca3Al2 O6 aantal mol CO2 = 3 • = 0,0788 mol

Ca4Al2Fe2O10 aantal mol CO2 = 4 • = 0,0601 mol

dus totaal 1,08 mol CO2 per 100g is dus 1,08 • 44,010 = 47,5 g

dus per ton 0,475 ton

percentage = • 100 = 59 %

5 CaCO3 → Ca(s) + C(s) + 1,5 O2 ∆E = 12,08 • 105 J/mol   
Ca(s) + ½ O2 (g) → CaO (s) ∆E = -6,35 • 105 J/mol  
C(s) + O2 (s) → CO2 (g) ∆E = -3,935 • 105 J/mol

∆Ereactie = (12,08 + -6,35 + - 3,935) • 105 = 1,80 • 105 J/mol

6 Mg3Si2O5(OH)4 + 3CO2 → 3MgCO3 + 2SiO2 + 2H2O

of

Mg3Si2O5(OH)4 + 3H2CO3 → 3MgCO3 + 2SiO2 + 5H2O

7 Bij hogere temperatuur verschuift het evenwicht richting de endotherme kant.

De reactie bij opgave 9 is exotherm dus zal er meer serpentine in het evenwichtsmengsel bevinden dus is het percentage hoger.

8 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ─ | uitstroom van MgCO3 en SiO2 en H2O uit R1 naar S en uitstroom van  MgCO3 en SiO2 uit S naar R2 | 1 |
| ─ | uitstroom van SiO2 en MgO uit R2 naar R3 en de mengruimte en  uitstroom van SiO2 uit R3 naar de mengruimte | 1 |
| ─ | terugvoer van CO2 uit R2 naar R1 en invoer van CO2 van buiten in R3 | 1 |
| ─ | recirculatie van H2O uit S naar R1 en uitstroom van H2O uit S naar R3  en naar buiten | 1 |

**TDA**

9 CH­3─NO2 (g) → C +1,5 H2 + 0,5 N2 + O2 ∆ E = 0,81 • 105 J / mol

H2 (g) → H2 (g) ∆E = 0

C (s) + 2,5 H2­ (g) + 0,5N2 (g) → CH3─NH2 ∆E = -0,23 • 105 J/ mol

H2 (g) + 0,5 O2 (g) → H2O (l) ∆E = -2,86 • 105 J/ mol

∆Ereactie = 0,81 • 105 + -0,23 • 105 + (2 • -2,86 • 105) = -5,14• 105 J

10 reactievergelijking van stap 2: CH3 ─ N = O + H2 → CH3 ─ NH ─ OH

reactievergelijking van stap 3: CH3 ─ NH ─ OH + H2 → CH3 ─ NH2 + H2O

11 M (nitromethaan) = 12,01 + 3 • 1,008 + 14,01 + 2 • 16,00 = 61,04 g / mol

M (methaanamine) = 12,01 + 3 • 1,008 + 14,01 + 2 • 1,008 = 31,06 g / mol

M(H2) = 2,016  
 atoom economie = • 100 = • 100

= 46,30 %

12 Bij reactie 2 worden 2 NO2 groepen vervangen dus zal de warmte die vrijkomt bij 1 mol bij reactie 2 2x zo groot zijn. De mol massa van DNT is echter meer dan 2x zo groot dan bij nitromethaan. Dus het aantal mol dat in een kg DNT zit is meer dan 2x zo klein als bij methaanamine. Dus zal er uitgaande van 1k g minder energie vrijkomen bij reactie 2 dan bij reactie 1.

13 5 M(DNT) = 7 ∙ 12,01 + 4 ∙ 16,00 + 2 ∙ 14,01 + 6 ∙ 1,008 = 182, 1 1

M(TDA) = 7 ∙ 12,01 + 2 ∙ 14,01 + 10 ∙ 1,008 = 122,2

25,0 g ≙ = 0,137 mol DNT 1 Wil het TDA zich niet ophopen in het proces moet alle gevormde TDA afgevoerd worden

Alle DNT wordt omgezet in TDA

Dus er moet 0,137 mol TDA afgevoerd worden

verhouding TDA : H2O moet steeds 1 : 4 (volgens de reactie) zijn omdat anders de verhouding niet gelijk blijft dus 0,137 • 4 • 18,02 g water 1

dus er moet 4 ∙ 0,137 = 0,549 mol H2O afgevoerd worden

Dat is 0,137 ∙ 122,2 + 0,549 ∙ 18,02 = 26,6 g

mengsel moet worden afgevoerd 1

Bleekpoeder

14. Ca(ClO)2

15 1,00 mol Ca(OH)2 levert 2 mol OH−

0,67 mol Cl2 reageert met 2 · 0,67 = 1,34 mol OH−

nog over 0,66 mol OH− dus nog over 0,33 mol Ca(OH)2

0,67 mol Cl2 levert 0,67 mol Cl−

CaCl2 : Cl = 1 : 2 dus geeft het = 0,33 mol CaCl2

Dus molverhouding = 1 : 1

16 Cl2 + 4OH− → 2ClO− + 2H2O + 2e−

Parkinson

17



18 Dopamine bevat geen assymetrisch koolstofatoom meer.