**Oefentoets scheikunde 5 VWO toetsweek 2**

**Bacteriën vullen betonscheuren**

Beton wordt gemaakt uit cement, water, zand en grind. Het cement gaat een reactie aan met water, waardoor onder andere calciumhydroxide (Ca(OH)2) ontstaat. Er ontstaat een hard materiaal. Door een overmaat aan water bevat beton ook met water gevulde poriën. De poriën in beton bevatten onder andere een verzadigde oplossing van calciumhydroxide.

Er stelt zich het volgende evenwicht in:

Ca(OH)2 (s) ⇄ Ca2+ (aq) + 2OH─ (aq) (evenwicht 1)

1 2p Geef de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1.

2 3p Bereken de [OH-] in de verzadigde oplossing (*T* = 298 K

Gebruik Binas-tabel 46; de onder *K*s gegeven waardes zijn de waardes voor de betreffende evenwichtsconstantes.

Beton wordt meestal voorzien van een wapening. Dat is een netwerk van ijzeren staven. Bij gewapend beton kunnen kleine scheuren in het materiaal al snel negatieve gevolgen hebben. Via deze kleine scheuren kan namelijk lucht binnendringen. Uit lucht afkomstig CO2 reageert met de oplossing van Ca(OH)2 tot onder andere calciumcarbonaat. Deze vorming van calciumcarbonaat wordt carbonatatie genoemd.

3 3p Geef de reactievergelijking voor carbonatatie.

**Nitrobenzeen**

Nitrobenzeen is een veel gebruikte grondstof. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:

Nitrobenzeen kan worden bereid uit benzeen en nitreerzuur, een oplossing met een hoge concentratie aan zwavelzuur en salpeterzuur.

De vorming van nitrobenzeen met behulp van nitreerzuur, kan met drie reactievergelijkingen worden weergegeven:

HNO3 + H2SO4 ⇆ H2NO3+ + HSO4–  (reactie 1)

Dit is een zuurbase-evenwicht.

4 2p Leg uit of salpeterzuur in deze reactie als zuur of als base reageert.

De gevormde ionen H2NO3+ vallen uiteen:

H2NO3+ → H2O + NO2+ (reactie 2)

Nitrobenzeen wordt gevormd doordat NO2+ reageert met benzeen:

C6H6 + NO2+→ C6H5–NO2 + H+ (reactie 3)

Twee leerlingen, Gerrit en Frank, bespreken deze bereiding van nitrobenzeen.

Gerrit is van mening dat zwavelzuur als katalysator optreedt. Frank vindt dat je dat op basis van deze drie reacties alleen niet kunt zeggen.

5 3p Leg uit waarom Gerrit gelijk zou kunnen hebben.

6 1p Geef een argument voor de opvatting van Frank.

**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

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.

7 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.

4p 8 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.

3p 9 Bereken de reactiewarmte van de calcinatie van kalksteen.

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.

3p 10 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.

2p 11 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.

4p 12 Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage 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.

Zowel de CO2 uitstoot als het energieverbruik zijn bij de productie van

Novacemcement lager dan bij de productie van Portlandcement.

Bijlage opgave 11uitwerkingen



**Bacteriën vullen betonscheuren**

1 K = [Ca2+] • [OH─]2

**2** Ks = 5,0 • 10─5

Stel x mol lost op

[Ca2+] = x en [OH─] = 2x

invullen in K geeft

K = x • (2x)2 = 4x3 = 5,0 • 10─5

x3 = = 1,25 • 10─5

x = = 2,32 • 10─2

[OH─] = 2 x = 2 • 2,32 • 10─2 =4,64 • 10─2

3 Ca2+ + 2OH─ + CO2 → CaCO3 + H2O

of

Ca2+ + 2OH─ + H2CO3 → CaCO3 + 2H2O

**Nitrobenzeen vwo 2010 tijdvak 2**

4 Het salpeterzuur neemt hier een H+ op dus reageert het als base

5 Overal reactie is

C6H6 + HNO3 → C6H5–NO2 + H2O

Het zwavelzuur wordt niet verbruikt want het staat niet in de totaal vergelijking dus katalysator.

6 Je weet niet of de reactie ook plaatsvindt zonder zwavelzuur.

**Duurzaam cement vwo 2013 tijdvak 2 pilot**

7 Fe2O3

8 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 %

9 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

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

of

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

11 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.

12 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ─ | 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 |