

## OEFENOPGAVEN SK572

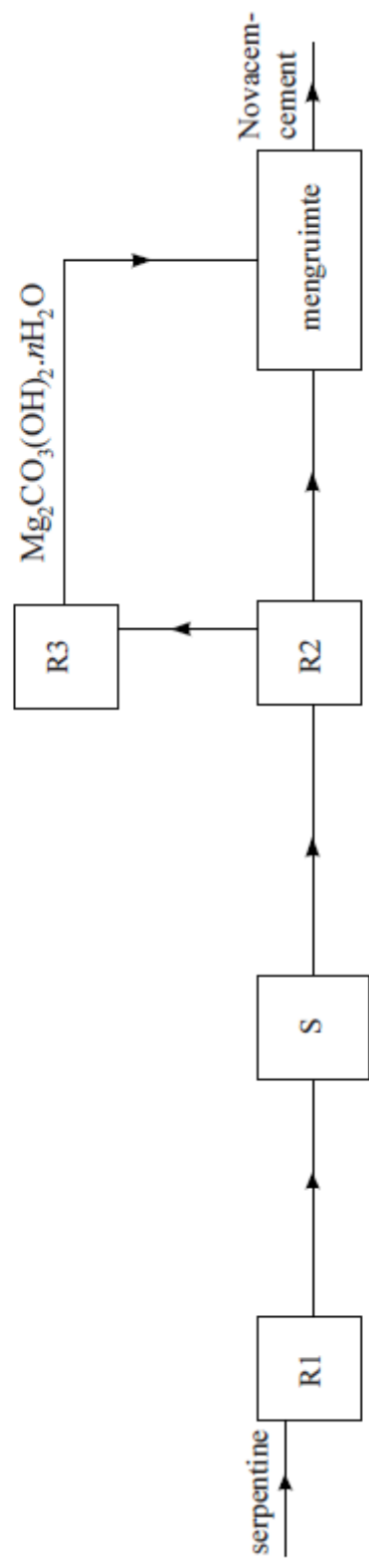
### Opgave 1 Duurzaam cement (16 punten)

Jaarlijks wordt er meer dan  $3 \cdot 10^9$  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:  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ . Dit is een endotherm proces. Het rendement van deze reactie is 80%.

In de uitwerkbijlage 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 ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) in reactor R1 gemengd met water. Onder hoge druk en bij  $T = 440 \text{ K}$  wordt serpentine met  $\text{CO}_2$  vrijwel volledig omgezet tot magnesium-carbonaat ( $\text{MgCO}_3$ ), siliciumdioxide ( $\text{SiO}_2$ ) en water ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Deze reactie is exotherm en omkeerbaar. 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.

De uit R1 afkomstige vaste stoffen worden in ruimte S gescheiden van het water. De vaste stoffen worden naar reactor R2 geleid, waar het magnesium-carbonaat volledig reageert tot magnesiumoxide en koolstofdioxide ( $T = 970 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ ). 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  $\text{CO}_2$  tot zogenoemd gehydrateerd magnesiumcarbonaat ( $\text{Mg}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). 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.

- t 1 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. (4p)



## Opgave 2 Zoutzuur

Geconcentreerd zoutzuur bevat 36,0 massaprocent HCl. De dichtheid van deze oplossing is  $1,18 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

2. Bereken hoeveel gram HCl(g) is opgelost in 600 mL geconcentreerd zoutzuur.
3. Bereken hoeveel mol HCl(g) 1,0 L geconcentreerd zoutzuur bevat.

Een T.O.A. wil een voorraadjie van 5,0 L zoutzuur met een concentratie van  $2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  maken.

4. Bereken hoeveel L geconcentreerd zoutzuur hij hiervoor nodig heeft.

## Opgave 3

Men wil uitgaande van aluminium en chloor aluminiumchloride maken. Men heeft  $20 \text{ dm}^3$  chloorgas bij standaardomstandigheden,  $0^\circ\text{C}$  en  $1 \text{ atm}$ .

5. Geef de reactievergelijking.
6. Hoeveel gram chloorgas heeft men.

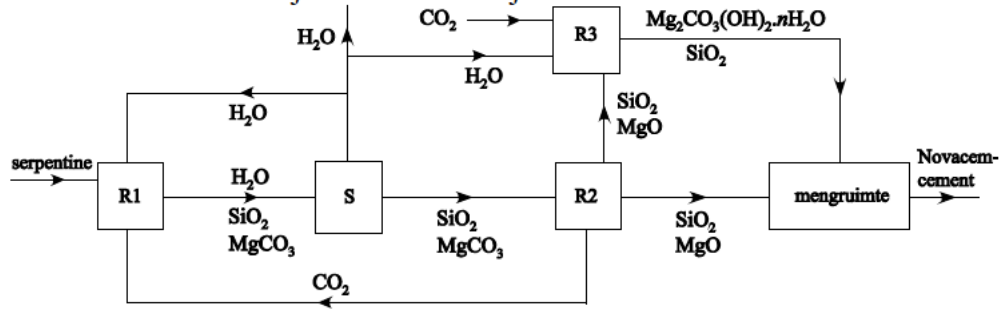
Men wil 23,5 gram aluminiumchloride maken.

7. Hoeveel gram aluminium en hoeveel  $\text{dm}^3$  chloorgas heeft men nodig.

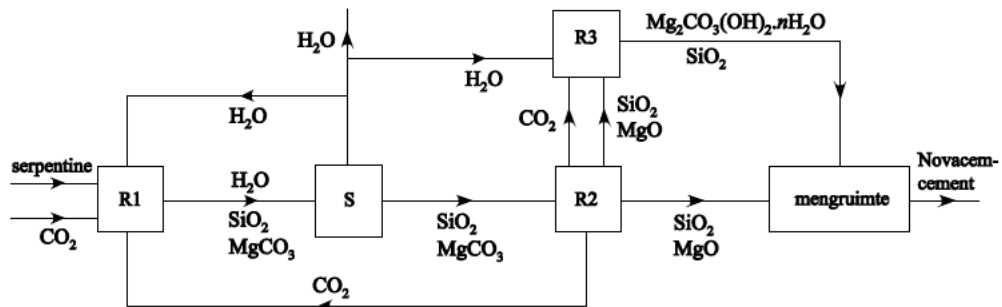
## Antwoorden

### 1. maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



of



- uitstroom van  $\text{MgCO}_3$  en  $\text{SiO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  uit R1 naar S en uitstroom van  $\text{MgCO}_3$  en  $\text{SiO}_2$  uit S naar R2 1
- uitstroom van  $\text{SiO}_2$  en  $\text{MgO}$  uit R2 naar R3 en de mengruimte en uitstroom van  $\text{SiO}_2$  uit R3 naar de mengruimte 1
- terugvoer van  $\text{CO}_2$  uit R2 naar R1 en invoer van  $\text{CO}_2$  van buiten in R3 1
- recirculatie van  $\text{H}_2\text{O}$  uit S naar R1 en uitstroom van  $\text{H}_2\text{O}$  uit S naar R3 en naar buiten 1

of

- uitstroom van  $\text{MgCO}_3$  en  $\text{SiO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  uit R1 naar S en uitstroom van  $\text{MgCO}_3$  en  $\text{SiO}_2$  uit S naar R2 1
- uitstroom van  $\text{SiO}_2$  en  $\text{MgO}$  uit R2 naar R3 en de mengruimte en uitstroom van  $\text{SiO}_2$  uit R3 naar de mengruimte 1
- uitstroom van  $\text{CO}_2$  uit R2 naar R3 en terugvoer van  $\text{CO}_2$  uit R2 naar R1 en invoer van  $\text{CO}_2$  van buiten in R1 1
- recirculatie van  $\text{H}_2\text{O}$  uit S naar R1 en uitstroom van  $\text{H}_2\text{O}$  uit S naar R3 en naar buiten 1

### Opmerking

Wanneer in een overigens juist antwoord geen uitstroom van water naar buiten is aangegeven, dit goed rekenen.

2.  $0,600 \times 1,18 = 0,708 \text{ kg} = 708 \text{ g}$  zoutzuur.

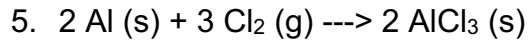
Dit bevat:  $0,360 \times 708 = 255 \text{ g HCl}$

3.  $255 \text{ g HCl}$  in  $600 \text{ mL}$ , dus  $(255/600) \times 1000 = 425 \text{ g HCl}$  per liter.

$425 / 36,461 = 11,7 \text{ mol} = 1,2 \cdot 10^1 \text{ mol HCl}$

4.  $5,0 \times 2,0 = 10 \text{ mol HCl}$  nodig.

Per liter:  $1,2 \cdot 10^1 \text{ mol HCl}$ , dus:  $10 / 1,2 \cdot 10^1 = 0,85 \text{ L}$



6.  $20 \text{ dm}^3 / 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,89 \text{ mol Cl}_2$

$0,89 \text{ mol} \times 70,90 \text{ g/mol} = 63,30 \text{ gram} = 63 \text{ gram}$

7.  $23,5 \text{ g} / 133,34 \text{ g/mol} = 0,176 \text{ mol AlCl}_3$  moet gemaakt worden

Hiervoor is:  $0,176 \text{ mol Al}$  nodig (molverhouding:  $2 : 2$ )

$0,176 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g/mol} = 4,75 \text{ gram aluminium}$

Er is:  $(0,176 / 2) \times 3 = 0,264 \text{ mol Cl}_2$  nodig. (molverhouding  $2 : 3$ )

$0,264 \text{ mol} \times 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 5,92 \text{ dm}^3$  chloor.