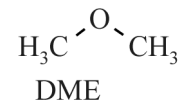


Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:  
 $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ .

## DME uit koolstofdioxide

De stof methoxymethaan (DME, zie de figuur) staat in de belangstelling als brandstof. DME kan namelijk worden gemaakt op basis van uitsluitend koolstofdioxide en waterstof.

**figuur**



In een onderzoek is een voorstel voor een productieproces onderzocht. Dit proces is opgebouwd uit twee opeenvolgende reacties, die hieronder zijn weergegeven.



De vormingswarmte van DME bedraagt  $-1,84 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ .

- 4p **1** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de totaalvergelijking van de vorming van DME uit  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2$ .
  - Bereken de reactiewarmte van deze vorming van DME per mol DME.

Op de uitwerkbijlage bij vraag 4 staat een onvolledig blokschema van de productie van DME volgens het ontwerp van de onderzoekers. In reactor 1 (R1) treedt reactie 1 op. In scheidingsruimte 1 (S1) wordt de stofstroom gescheiden die afkomstig is uit R1. Water met de bijproducten verlaat S1 aan de onderzijde.

Het methanol dat in R1 is gevormd, wordt doorgevoerd naar reactor 2 (R2). In R2 treedt reactie 2 op.

Zowel in R1 als in R2 heerst een hoge temperatuur. Hierdoor is in beide reactoren de reactiesnelheid hoog. Ook zijn hierdoor de insteltijden van de evenwichten kort.

De druk in beide reactoren is niet gelijk. In R1 moet de druk hoog worden gehouden voor een zo hoog mogelijk rendement.

- 3p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de evenwichtsvoorwaarde van reactie 1.
  - Leg uit dat in R1 de druk hoog moet worden gehouden voor een zo hoog mogelijk rendement.

Het mengsel dat afkomstig is uit R2 wordt in scheidingsruimte 2 (S2) gedestilleerd om het DME te scheiden van de rest van het mengsel. Het mengsel wordt in S2 gescheiden in drie fracties: DME, methanol en water.

- 2p **3** Leg uit dat DME het laagste kookpunt heeft van deze drie stoffen. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.
- 3p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken ontbrekende pijlen en noteer ontbrekende stoffen bij alle pijlen. Houd hierbij rekening met hergebruik van stoffen.
  - Neem aan dat in R2 geen bijproducten ontstaan.
  - Stoffen met een laag kookpunt komen in S2 hoger uit de destillatiekolom dan stoffen met een hoog kookpunt. Gebruik Binas-tabel 42 of ScienceData-tabel 8.3.

In een ander onderzoek is DME bereid volgens reactie 3.



De beginstoffen worden gemengd volgens de verhoudingen die zijn weergegeven in reactie 3. In verschillende experimenten tijdens dit onderzoek lag het rendement tussen 51% en 63%.

- 3p **5** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de E-factor van reactie 3 bij een rendement van 63%. Beschouw water hierbij als afval.
  - Leg uit of deze E-factor de minimale of de maximale waarde was in dit onderzoek.