

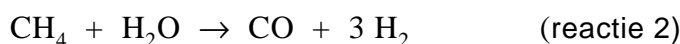
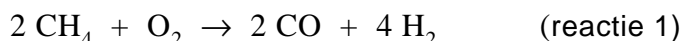
## GTL (gas to liquid)

### GTL-technologie maakt aardgasvelden rendabel

- 1 Gazprom gaat GTL-technologie van het Amerikaanse bedrijf Syntroleum  
2 inzetten bij de exploitatie van nieuwe Russische gasvelden. Hierbij wordt  
3 aardgas omgezet tot synthetische olie.  
4 In de eerste stap van dit zogenoemde Syntroleum-proces worden aardgas,  
5 samengeperste lucht en stoom samengebracht in een reactor. In deze  
6 reactor vinden verschillende reacties plaats waarbij een gasmengsel  
7 ontstaat dat voornamelijk bestaat uit stikstof, koolstofmono-oxide en  
8 waterstof.  
9 Het ontstane gasmengsel wordt naar een tweede reactor geleid.  
10 In deze tweede reactor ontstaat volgens het zogenoemde Fisher-Tropsch-  
11 proces onder invloed van een katalysator een mengsel van vloeibare  
12 alkanen, waarvan de moleculen meer dan 33 koolstofatomen bevatten.  
13 Dit paraffine-achtige product is zeer geschikt om er in een derde reactor  
14 dieselolie (met moleculen met 13 tot 22 koolstofatomen) van prima kwaliteit  
15 van te maken.  
16 Gazprom gaat twaalf nieuwe aardgasvelden exploiteren. Per dag zal  
17 45 miljoen m<sup>3</sup> aardgas verwerkt worden tot 140.000 vaten synthetische  
18 dieselolie.

*naar: Technisch Weekblad*

De twee reacties die voornamelijk plaatsvinden in de eerste reactor zijn:



De molverhouding CO : H<sub>2</sub> in het gasmengsel dat uit de eerste reactor komt, wordt bepaald door de verhouding waarin de reacties 1 en 2 plaatsvinden.

- 3p **22** Leid af wat de molverhouding CO : H<sub>2</sub> in het gasmengsel is dat uit de eerste reactor komt, wanneer de helft van de CH<sub>4</sub> moleculen reageert volgens reactie 1 en de andere helft volgens reactie 2.

Geef de afleiding en noteer je antwoord als:

aantal mol CO : aantal mol H<sub>2</sub> = 1,0 : ...

Bij de vorming van de alkanen in de tweede reactor ontstaat waterdamp als bijproduct.

- 4p **23** Geef de reactievergelijking van de vorming van het alkaan met 35 koolstofatomen per molecuul uit koolstofmono-oxide en waterstof.

De tweede reactor moet voortdurend worden gekoeld om de temperatuur op 400 °C te houden.

- 2p **24** Is het proces in de tweede reactor een endotherm of een exotherm proces? Verklaar je antwoord.

Uit de regels 13 tot en met 15 wordt niet duidelijk wat er precies in de derde reactor gebeurt. In deze reactor vindt een ontledingsproces plaats dat bekend is uit de aardolie-industrie. Hierbij ontstaat, behalve een mengsel van alkanen, nog een andere soort koolwaterstoffen. Om ervoor te zorgen dat uitsluitend een mengsel van alkanen uit de reactor komt, moet  $H_2$  in de reactor worden geleid.

- 2p **25** Geef de naam van het ontledingsproces dat in de derde reactor plaatsvindt. Geef ook de algemene naam van de andere soort koolwaterstoffen die bij dit ontledingsproces ontstaat.  
Noteer je antwoord als volgt:  
ontledingsproces: ...  
andere soort koolwaterstoffen: ...

Door ervan uit te gaan dat het gebruikte Russische aardgas voor 80 volumeprocent uit methaan bestaat en dat methaan de enige koolstofbevattende verbinding hierin is, kan berekend worden dat  $1,9 \cdot 10^7$  kg koolstof aanwezig is in het aardgas dat per dag wordt omgezet tot synthetische dieselolie.

- 3p **26** Geef deze berekening. Maak daarbij gebruik van Binas-tabel 12.

De synthetische dieselolie die per dag uit het aardgas wordt gemaakt, bevat  $1,5 \cdot 10^7$  kg koolstof.

- 1p **27** Bereken het rendement van de omzetting van aardgas tot synthetische dieselolie op basis van de hoeveelheid koolstof.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen staat een blokschema waarmee het Syntroleum-proces vereenvoudigd kan worden weergegeven. Hierin ontbreken de bijschriften bij de pijlen. Met behulp van informatie uit het artikel en deze opgave kan het blokschema worden voltooid.

- 3p **28** Schrijf op de uitwerkbijlage de volgende stoffen bij de juiste pijlen:

- aardgas;
- alkanen (meer dan 33 C atomen per molecuul);
- CO en  $H_2$ ;
- dieselolie (13 tot 22 C atomen per molecuul);
- lucht;
- stikstof;
- stoom;
- waterdamp.

Elke stof moet één keer worden vermeld, met uitzondering van stikstof. Stikstof moet twee keer worden vermeld. Het is mogelijk dat bij een pijl meer dan één stof moet worden vermeld.

uitwerkbijlage

28

