

Synthesegas

Onderstaande bewerking van een artikel gaat over de productie van synthesegas.

tekstfragment 1

1 In de chemische industrie wordt synthesegas gebruikt als grondstof voor
2 producten als methanol en vloeibare koolwaterstoffen zoals diesel. Synthesegas
3 is een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof.
4 Synthesegas werd vroeger gemaakt door methaan met stoom te laten reageren
5 bij hoge temperatuur en druk (methode 1). De reactie is behoorlijk endotherm
6 waardoor het proces erg duur is.
7 Men zocht naar goedkopere manieren om synthesegas te produceren.
8 Gedeeltelijke oxidatie van methaan met zuurstof onder invloed van een
9 geschikte katalysator is zo'n alternatief (methode 2). Een nadeel van dit proces
10 is dat zuivere zuurstof gebruikt moet worden.
11 Henny Bouwmeester van de Universiteit Twente heeft samen met collega's van
12 de University of Science and Technology of China een nieuwe methode
13 ontwikkeld. Hierbij wordt de zuurstof voor de vorming van synthesegas direct uit
14 de lucht gehaald (methode 3).

naar: NRC Handelsblad

3p **21** Geef de vergelijking van de reactie waarbij synthesegas wordt omgezet tot methanol.

2p **22** Verklaar waarom een endotherm proces duur is (regels 5 en 6).

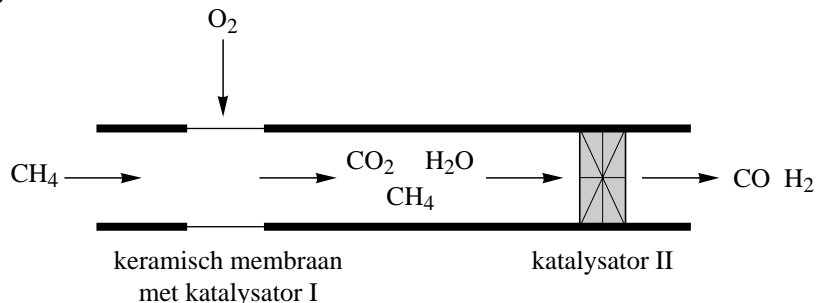
Bij de tweede methode wordt zuivere zuurstof verkregen door lucht zodanig te behandelen dat een mengsel overblijft van zuurstof, stikstof en argon. Dit gasmengsel koelt men vervolgens af totdat het vloeibaar is geworden. Door het mengsel daarna langzaam op te warmen, wordt zuivere vloeibare zuurstof verkregen.

2p **23** Geef de temperatuurgrenzen aan waarbinnen zuivere vloeibare zuurstof verkregen wordt, wanneer het vloeibaar gemaakte gasmengsel (met een temperatuur van 70 K) wordt opgewarmd. Maak voor de beantwoording gebruik van gegevens uit Binas en neem aan dat het proces plaatsvindt bij $p = p_0$.

Bouwmeester en zijn collega's hebben de resultaten van hun onderzoek (aangaande methode 3 uit tekstfragment 1) beschreven in een artikel. Een deel van dat artikel is op de volgende bladzijde samengevat en bewerkt weergegeven.

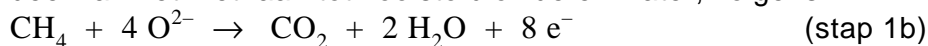
tekstfragment 2

Voor de vorming van synthesegas uit methaan, waarbij geen zuivere zuurstof nodig is, wordt gebruik gemaakt van een buisreactor die hieronder schematisch is weergegeven.



In het eerste deel van de buis bevindt zich een keramisch membraan. Aan de buitenkant van dit membraan worden de zuurstofmoleculen uit de lucht omgezet tot oxide-ionen: $O_2 + 4 e^- \rightarrow 2 O^{2-}$ (stap 1a)

De O^{2-} ionen verplaatsen zich door het membraan naar de binnenkant van het membraan. Daar reageren ze met behulp van de katalysator Co_3O_4 met een deel van het methaan tot koolstofdioxide en water, volgens:



In het tweede deel van de buis reageert een deel van het overgebleven methaan met het aanwezige CO_2 tot synthesegas. (stap 2)

De rest van het methaan reageert met het aanwezige water ook tot synthesegas. (stap 3)

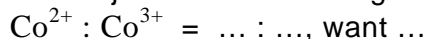
Om de stappen 2 en 3 voldoende snel te laten verlopen, wordt een katalysator gebruikt die bestaat uit 12,5 massa% Ni en voor de rest uit Al_2O_3 .

Tot nu toe is het proces alleen op laboratoriumschaal uitgetoet: de buisreactor is slechts enkele centimeters lang. Voor schaalvergroting is verder onderzoek noodzakelijk.

naar: *Angewandte Chemie*

- 2p **24** Leid af in welke molverhouding Co^{2+} en Co^{3+} voorkomen in de katalysator Co_3O_4 . Geef een verklaring voor je antwoord.

Noteer je antwoord als volgt:



- 2p **25** Leid uit de vergelijkingen van beide halfreacties de vergelijking af van de totale reactie die plaatsvindt in het eerste deel van de buis.

In het tweede deel van de buis wordt ook een katalysator gebruikt.

- 4p **26** Bereken de verhouding tussen het aantal mol nikkelatomen en het aantal mol aluminiumionen in deze katalysator. Noteer je uitkomst als volgt:
aantal mol Ni : aantal mol Al^{3+} = 1,00 : ...
- 3p **27** Geef de vergelijking van de reactie van stap 2 en de vergelijking van de reactie van stap 3.
Noteer je antwoord als volgt:
reactievergelijking van stap 2: ...
reactievergelijking van stap 3: ...

In tekstfragment 1 (regel 7) wordt gesuggereerd dat methode 1 duurder is dan de nieuw ontwikkelde methode 3. Uit tekstfragment 2 kan worden opgemaakt dat dit niet het geval hoeft te zijn.

- 2p **28** Geef een mogelijke reden waarom methode 3 goedkoper kan zijn dan methode 1 en geef ook een mogelijke reden waarom dit niet het geval hoeft te zijn.