

Oefenopgaven groene chemie en industrie vwo

grensvlakpolymerisatie

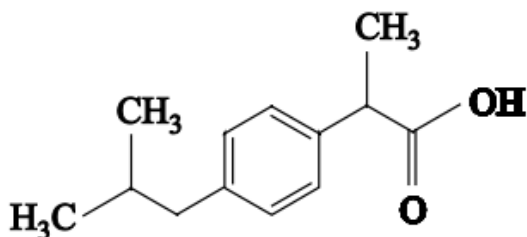
opgave <https://newsroom.nvon.nl/files/default/skvpt141vb.pdf>

uitlegfilmpje <https://youtu.be/02-zHJV1FV8>

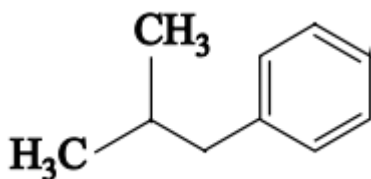
antwoorden <https://newsroom.nvon.nl/files/default/skvpt141cv.pdf>

ibuprofen (2016 vb)

Ibuprofen is een pijnstiller, die in grote hoeveelheden wordt gemaakt. Hieronder is de schematische structuurformule van ibuprofen weergegeven



Er bestaan verschillende methodes om ibuprofen te synthetiseren. In de zestiger jaren van de vorige eeuw is de zogenoemde 'Brown-synthese' ontwikkeld. Deze synthese bestaat uit zes reactiestappen en heeft als belangrijkste beginstof isobutylbenzeen, waarvan de schematische structuurformule als volgt is



Een belangrijk aspect van een synthese is het rendement van het proces. Wanneer een proces uit meerdere reactiestappen bestaat, heeft dat vaak een verlaging van het rendement tot gevolg. Zo is het totale rendement van de Brown-synthese 53%.

3p a Bereken hoeveel gram ibuprofen kan worden bereid uit 50,0 g iso-butylbenzeen, als het rendement van het gehele proces 53% is. Neem aan dat alle andere beginstoffen in overmaat aanwezig zijn en dat de molverhouding iso-butylbenzeen : ibuprofen gelijk is aan 1 : 1.

Een ander belangrijk kenmerk van een synthese is de zogenoemde atomeconomie. De atomeconomie van de Brown-synthese is vrij laag, namelijk 35%. Op basis van het rendement en de atomeconomie kan ook de E-factor van de Brown-synthese worden berekend.

3p b Bereken de E-factor van de Brown-synthese met behulp van het rendement en de atomeconomie.

bioethanol uit stro 22 t/m 26

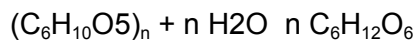
https://youtu.be/qYnecvRVKZ4?si=ybym8TVSTlqH_1m&t=106

Eerste-generatie bio-ethanol werd geproduceerd uit suiker, afkomstig van eetbare gewassen. Tweede-generatie bio-ethanol wordt geproduceerd uit oneetbare, houtachtige gewassen zoals stro. De voornaamste bestanddelen van stro zijn cellulose, hemicellulose en lignine.

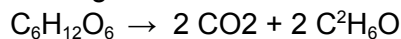
In een proeffabriek voor de tweede-generatie bio-ethanol wordt cellulose afkomstig van stro met behulp van enzymen afgebroken tot monosachariden. Hemicellulose wordt afgebroken tot sachariden met kortere ketens en lignine wordt in dit proces niet afgebroken.

1p a Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat de enzymen die cellulose en hemicellulose afbreken, lignine niet kunnen afbreken.

De afbraak van cellulose kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:



Vervolgens wordt het ontstane glucose door bakkersgist omgezet tot ethanol:



De proeffabriek verwerkt op deze manier jaarlijks 30.000 ton stro tot 5,4 miljoen liter ethanol.

4p b Bereken het rendement voor de omzetting van cellulose tot ethanol. Ga ervan uit dat: de ethanol-opbrengst uit hemicellulose te verwaarlozen is; het gebruikte stro 35,0 massa% cellulose bevat; de dichtheid van ethanol $0,80 \text{ kg}^{-1}$ bedraagt; 1 ton $1 \cdot 10^6 \text{ g}$ is.

Een hoog rendement in de productie van tweede-generatie bio-ethanol wordt onder meer bereikt door het stro voor te behandelen met stoom, waardoor cellulose beter enzymatisch afbreekbaar wordt.

Het stro wordt hierbij in een reactor (reactor 1) geleid. Tevens wordt stoom reactor 1 ingeleid. Hierdoor wordt het hemicellulose omgezet tot sachariden met kortere ketens en andere afbraakproducten, maar wordt cellulose nauwelijks afgebroken. In reactor 1 ontstaat afvalwater, waarin mineralen uit het stro en de afbraakproducten van hemicellulose zijn opgelost. Het afvalwater wordt de reactor uitgeleid en deels ingedampt in ruimte A. De stroperige vloeistof die ontstaat bevat voornamelijk korte ketens van C5-monosachariden en wordt C5-melasse genoemd. Deze C5-melasse kan worden gebruikt in veevoer.

2p c Geef de namen van de twee scheidingsmethoden die in reactor 1 worden toegepast.

Het voorbehandelde stro afkomstig uit reactor 1 bevat geen hemicellulose meer. Het mengsel wordt naar reactor 2 geleid. In reactor 2 vindt met behulp van enzymen gedeeltelijke hydrolyse van cellulose tot glucose en andere sachariden met korte ketens plaats. Glucose remt de werking van deze enzymen. Het in reactor 2 ontstane mengsel, vezelpulp genaamd, wordt naar reactor 3 geleid, waar er gist aan wordt toegevoegd. In deze reactor gaat de afbraak van cellulose en andere sachariden door de enzymen nog steeds door. De CO_2 die ontstaat bij het gisten wordt direct afgevangen en opgeslagen. Het tegelijkertijd plaatsvinden van de enzymatische afbraak van cellulose en het gisten is voordelig voor de snelheid waarmee ethanol gevormd wordt.

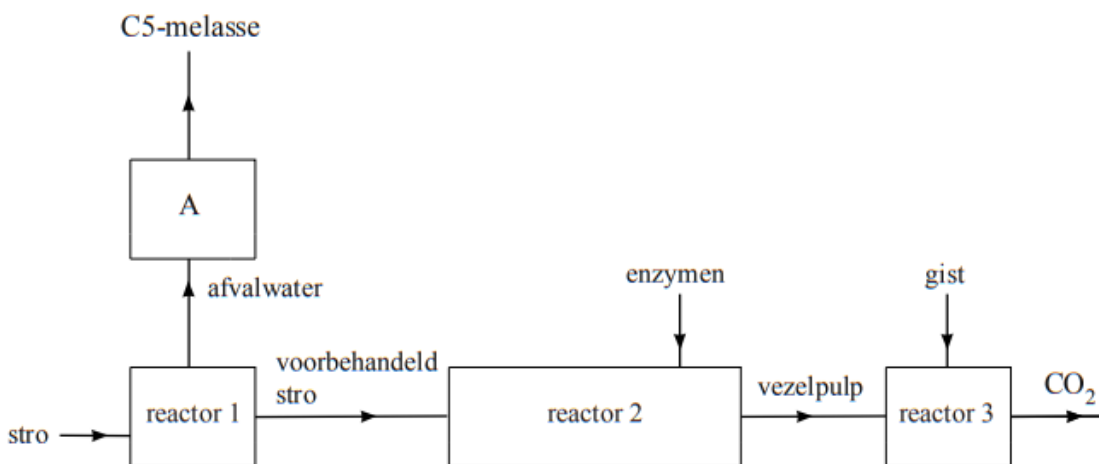
3p d Leg uit waarom het voordelig is voor de snelheid waarmee ethanol gevormd wordt als de afbraak van cellulose en het gisten tegelijkertijd plaatsvinden.

Het uit reactor 3 afkomstige mengsel, vezelbier genaamd, wordt in een destillatietoren geleid waar ethanol wordt afgescheiden. Het residu van de destillatie, vezelafval genaamd, wordt gescheiden in ruimte B in een vaste en een vloeibare fractie. De vaste fractie bevat voornamelijk lignine. Dit wordt in ruimte C gedroogd en tot korrels samengeperst. De vloeibare fractie wordt naar reactor 2 geleid. Ook al het in het proces vrijgekomen water wordt teruggeleid naar reactor 2.

4p e Op de uitwerkbijlage (hieronder) is het onvolledige blokschema van de ethanolfabriek weergegeven. Maak het blokschema af door blokken en pijlen met stofstromen toe te voegen. Noteer hierin:

- de destillatietoren met een blok;
- stofnamen bij de pijlen/stofstromen.

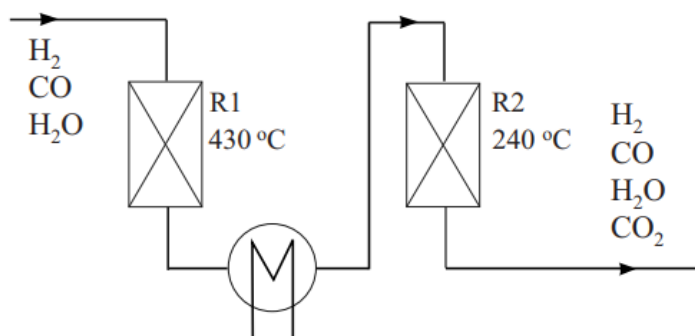
Stofstromen voor enzymen en gist hoeven niet te worden getekend.



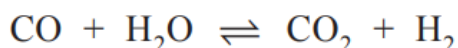
Duurzame ammoniak 2016 II 24,26 t/m 29

Ammoniak wordt in Europa vooral geproduceerd uit stikstof en methaan. Methaan treedt in het proces op als energiebron maar ook als bron van waterstofatomen. Om waterstof te produceren uit methaan wordt bij hoge temperatuur en druk methaan in reactie gebracht met water en zuurstof. Hierbij wordt een gasmengsel van CO, H₂O en H₂ verkregen. Om een groot deel van het aanwezige CO te verwijderen, wordt vervolgens in twee reactoren de zogeheten gas-shift reactie uitgevoerd. In figuur 1 is weergegeven hoe dit deel van het proces wordt uitgevoerd. Zowel in R1 als in R2 is een katalysator aanwezig en heerst een hoge druk.

figuur 1



In beide reactoren treedt onderstaand evenwicht op.

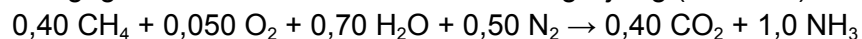


In de gasstroom na R1 bedraagt het volumepercentage CO nog 2-4% en na R2 is er nog 1% CO.

De waterstof afkomstig uit R2 wordt in een aantal stappen afgescheiden van de rest van het gasmengsel. Allereerst wordt water afgescheiden. Daarna wordt CO₂ gescheiden van de overige gassen.

2p a Leg uit op welke wijze CO₂ kan worden afgescheiden uit het gasmengsel dat is ontstaan na het verwijderen van water uit het gasmengsel afkomstig van R2.

De gezuiverde waterstof wordt in een volgende reactor in reactie gebracht met stikstof. Het totaalproces van de productie van ammoniak uit onder andere methaan kan worden weergegeven met onderstaande reactievergelijking (reactie 1):



Als in een proces deze molverhoudingen worden toegepast, is het proces ongeveer energieneutraal. Dat betekent dat vrijwel geen extra energie nodig is of overvloedige warmte ontstaat.

3p b Bereken het energie-effect van het totaalproces volgens reactie 1 per mol gevormde ammoniak. Neem aan dat H₂O in gasvorm aanwezig is. Rond bij deze berekening niet tussentijds af en geef je antwoord in twee significante cijfers.

In de praktijk blijkt dat de meest efficiënte ammoniakfabrieken 25% meer energie nodig hebben dan wat op basis van reactie 1 kan worden berekend. In het proces wordt dan ook 25% meer methaan per mol ammoniak gebruikt. De extra hoeveelheid methaan levert dan de benodigde energie.

3p c Geef de vergelijking van reactie 1 voor de praktijksituatie.

De waterstof die nodig is voor de productie van ammoniak kan ook worden verkregen uit andere processen. In tabel 1 is het relatieve energieverbruik weergegeven voor de productie van waterstof uit een aantal grondstoffen.

In de reacties zijn de grondstoffen zware stookolie en nafta weergegeven met de gemiddelde verhouding tussen het aantal C atomen en het aantal H atomen in deze grondstoffen.

tabel 1

grondstof (proces)	reactie	relatief energie- verbruik
kolen	$C + 2 H_2O \rightarrow 2 H_2 + CO_2$	170%
zware stookolie	$CH + 2 H_2O \rightarrow 2\frac{1}{2} H_2 + CO_2$	135%
nafta	$CH_2 + 2 H_2O \rightarrow 3 H_2 + CO_2$	104%
aardgas	$CH_4 + 2 H_2O \rightarrow 4 H_2 + CO_2$	100%

Zware stookolie en nafta zijn producten afkomstig van de destillatie van aardolie. Als onvoldoende aardgas beschikbaar is, kan aan de hand van tabel 1 een afweging worden gemaakt tussen de grondstoffen zware stookolie en nafta.

2p d Leg uit welke van de twee grondstoffen, zware stookolie of nafta, de voorkeur verdient voor de productie van waterstof. Geef twee argumenten op basis van tabel 1.

Onderzocht is of het mogelijk is om gedroogd houtafval als duurzaam alternatief voor methaan te gebruiken voor de productie van ammoniak. In het onderzoek leverde 2,7 kg houtafval voldoende waterstof voor de productie van 1,0 kg ammoniak. De omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt uiteindelijk tot een CO₂-uitstoot van 3,3 kg CO₂ per kg ammoniak.

2p e Laat door berekening zien dat de omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt tot een CO₂-uitstoot van 3,3 kg CO₂ per kg ammoniak. Gebruik onder andere de volgende gegevens:

- het vochtgehalte van het houtafval bedroeg 35 massa%;
- gedroogd houtafval bevat 51 massa% koolstof.

In het onderzoek is met behulp van modellen berekend dat de CO₂-uitstoot bij de productie van ammoniak uit aardgas 1,9 kg CO₂ per kg ammoniak bedraagt. De productie van ammoniak uit houtafval levert een CO₂-uitstoot van 4,1 kg CO₂ per kg ammoniak. In de modellen is ook de CO₂-uitstoot die optreedt buiten de ammoniakfabriek opgenomen. Op basis van de gemodelleerde CO₂-uitstoot van beide processen kan worden berekend dat houtafval een lagere bijdrage levert aan het versterkte broeikaseffect dan aardgas.

2p f Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken hoeveel kg CO₂ per kg ammoniak netto wordt bespaard door gebruik te maken van houtafval.
- Licht je berekening toe.

Antwoorden

Ibuprofen

a

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{50,0}{134,21} \times 206,27 \times \frac{53}{10^2} = 41 \text{ (gram)}$$

b

$$E = \frac{\left(\frac{206,27}{\frac{35}{10^2}} \right) - \left(206,27 \times \frac{53}{10^2} \right)}{\left(206,27 \times \frac{53}{10^2} \right)} = 4,4$$

Duurzame ammoniak

Bio-ethanol

a.

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Enzymen zijn stereospecifiek, de structuur van lignine is anders dan die van cellulose/hemicellulose, dus kan hetzelfde enzym lignine niet afbreken.
- Vanwege de netwerkstructuur kan het enzym niet aan lignine binden en dus de reactie niet katalyseren.
- Vanwege de netwerkstructuur kan het enzym de juiste plekken in lignine niet bereiken om de hydrolyse-reactie te katalyseren.

b.

$$\frac{5,4 \cdot 10^6}{\frac{30.000 \times 10^6 \times 35,0 \times 10^{-2}}{162,1} \times 2 \times \frac{46,07}{0,80 \cdot 10^3}} \times 10^2 = 72(\%)$$

of

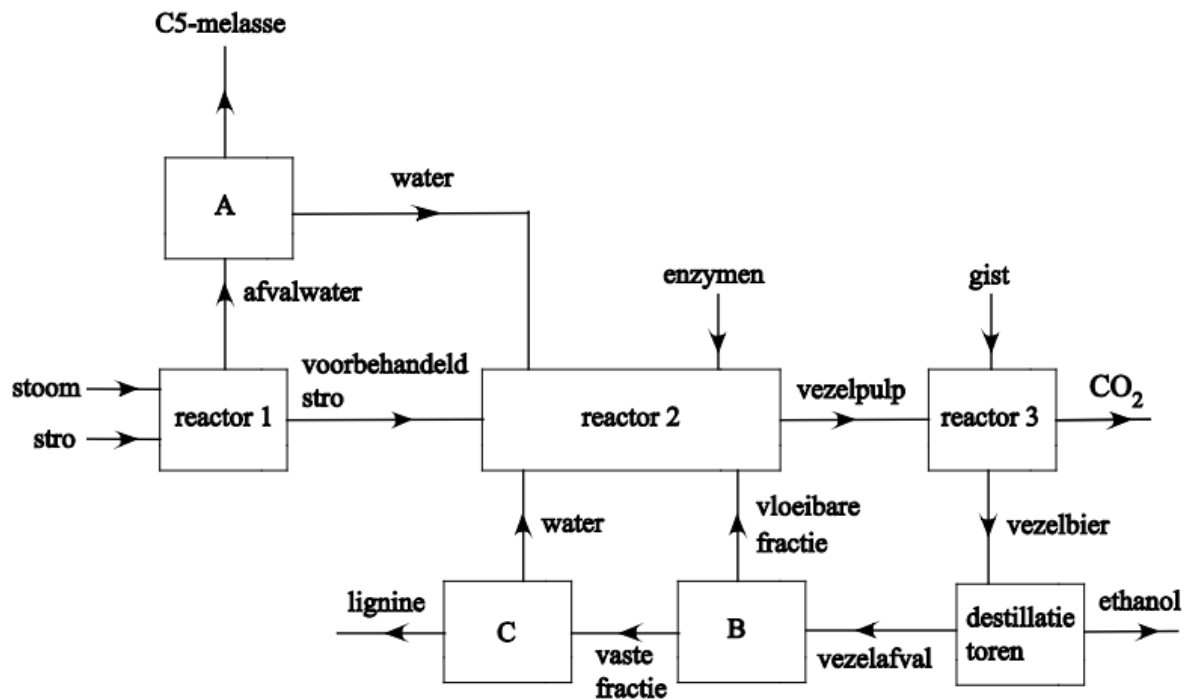
$$\frac{\frac{5,4 \cdot 10^6 \times 0,80 \cdot 10^3}{46,07} \times \frac{1}{2} \times 162,1}{35,0 \times 10^{-2} \times 30.000 \times 10^6} \times 10^2 = 72(\%)$$

c. Extractie en zeven/filtreren / bezinken en afschenken.

d. Bij de hydrolyse van cellulose ontstaat glucose. Glucose remt de enzymen en remt dus de afbraak van cellulose. In reactor 2 gaat de afbraak dus langzamer naarmate er meer glucose

wordt gevormd. In reactor 3 zet gist glucose om tot ethanol, waardoor de concentratie glucose daalt en de enzymen minder / niet meer geremd worden. De enzymen kunnen cellulose dus sneller afbreken. Hierdoor wordt ethanol dus sneller gevormd.

e.



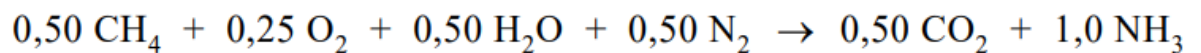
Duurzame ammoniak

a. Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Koolstofdioxide kan worden afgescheiden van de overige gassen door het gasmengsel af te koelen. Het zal bij een hogere temperatuur condenseren dan de overige gassen.
- In water opgelost koolstofdioxide gedraagt zich als een zwak zuur. Het CO₂ kan worden afgescheiden van de overige gassen door het gasmengsel door een basische oplossing te leiden. Het opgeloste CO₂ reageert met de oplossing, terwijl de overige gassen niet reageren en ook niet oplossen.

$$\Delta E = -(0,40 \times -0,75 \cdot 10^5) - (0,70 \times -2,42 \cdot 10^5) + (0,40 \times -3,935 \cdot 10^5) + (-0,459 \cdot 10^5) = -0,039 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

b.



c.

d. Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er ontstaat meer CO₂ voor dezelfde hoeveelheid H₂ wanneer zware stookolie wordt gebruikt. Ook is het energieverbruik bij zware stookolie hoger, dus nafta verdient de voorkeur.

$$\frac{(10^2 - 35)}{10^2} \times 2,7 \times \frac{51}{10^2} \times \frac{44,010}{12,01} = 3,3 \text{ (kg CO}_2 \text{ per kg ammoniak)}$$

e.

- $1,9 - (4,1 - 3,3) = 1,1$ kg CO₂ per kg ammoniak. Van de 4,1 kg CO₂ die vrijkomt tijdens het proces is 3,3 kg afkomstig uit koolstof in de biomassa. Omdat deze CO₂ bij de groei van de biomassa uit de atmosfeer is opgenomen kun je stellen dat deze CO₂ geen bijdrage levert aan het broeikaseffect.
 - $1,9 - (4,1 - 3,3) = 1,1$ kg CO₂ per kg ammoniak. Voor het (versterkte) broeikaseffect telt alleen de CO₂-uitstoot afkomstig van koolstof uit fossiele brandstoffen mee. De CO₂-uitstoot afkomstig van het houtafval mag dus worden afgetrokken van de totale uitstoot.
- f.