

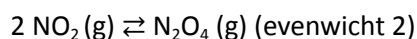
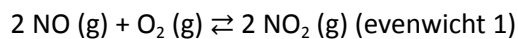
[Uitlegfilmpje](#)



2024 II vraag 20

Distikstoftetraoxide (N_2O_4) is een sterke oxidator, die onder andere wordt gebruikt in raketmotoren. N_2O_4 ontstaat als bijproduct bij de productie van salpeterzuur (HNO_3). Door de toegenomen vraag naar N_2O_4 wordt onderzoek gedaan of het mogelijk is om salpeterzuurfabrieken om te bouwen naar N_2O_4 -fabrieken. Op basis van het onderzoek werd een aangepast proces voorgesteld met twee reactoren. In reactor 1 (R1) reageert ammoniak met een overmaat zuurstof tot stikstofmono-oxide en waterdamp.

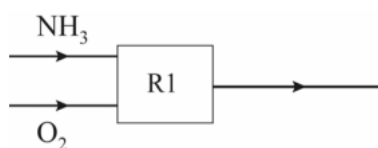
Het gasmengsel afkomstig uit R1 wordt in scheidingsruimte 1 (S1) gebracht, waar water volledig wordt afgescheiden. Het gevormde stikstofmono-oxide reageert vervolgens in reactor 2 (R2) met zuurstof tot stikstofdioxide, waarbij zich twee evenwichten instellen.



De uitstroom van R2 wordt in een scheidingsruimte gebracht, waar N_2O_4 in vloeibare vorm wordt afgescheiden van de rest van het gasmengsel. De onderzoekers hebben op basis van het onderzoek een mogelijk blokschema voorgesteld van een N_2O_4 -fabriek.

4p 20 Maak het voorgestelde blokschema compleet. Neem aan dat in de uitstroom van R2 geen zuurstof meer aanwezig is.

- Teken ontbrekende reactoren en scheidingsruimtes.
- Teken ontbrekende pijlen en noteer ontbrekende stoffen bij alle pijlen. Houd hierbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Neem aan dat bij het proces behalve water geen afval vrijkomt.

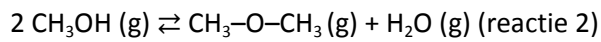
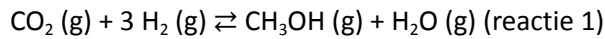
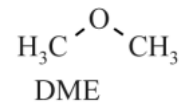


[Uitlegfilmpje](#)

2024 I vraag 3+4

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.

figuur



Onder deze opgave 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 stroom 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.

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.

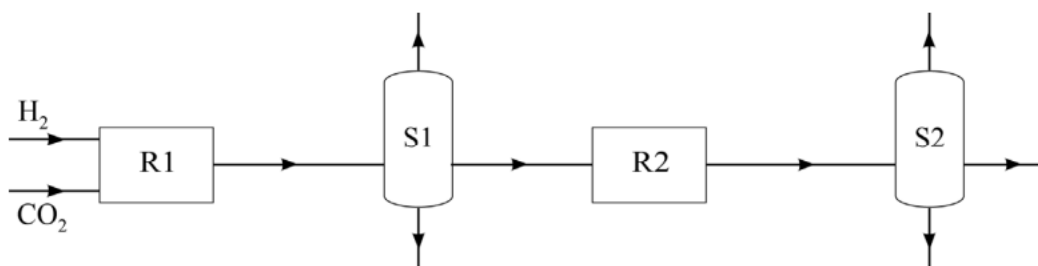
2p 3 Leg uit dat DME het laagste kookpunt heeft van deze drie stoffen. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

3p 4 Maak het blokschema 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.

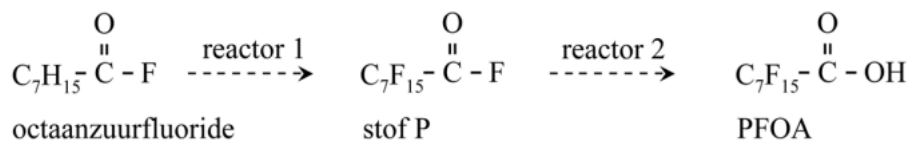


2023 II vraag 16+17

Teflon™ wordt onder andere gebruikt voor anti-aanbakpannen. Het is een polymeer van tetrafluoretheen.

Bij de productie van Teflon™ wordt perfluorooctaanzuur (PFOA) gebruikt als hulpstof. PFOA ($C_7F_{15}COOH$) behoort tot de zogenoemde poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS). Deze groep stoffen wordt toegepast in allerlei industriële processen en producten. PFOA wordt geproduceerd uit octaanzuurfluoride in twee reactoren. De omzettingen in deze reactoren zijn vereenvoudigd weergegeven in figuur 1.

figuur 1



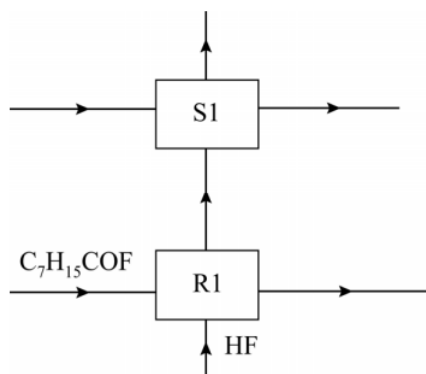
De omzetting van octaanzuurfluoride tot PFOA is vereenvoudigd en onvolledig met een blokschema weergegeven op de uitwerkbijlage. – In reactor 1 (R1) reageren octaanzuurfluoride en HF. Aan de positieve elektrode wordt stof P gevormd en aan de negatieve elektrode wordt waterstof gevormd uit H^+ -ionen. – Waterstof verlaat R1 samen met een lage concentratie HF. De waterstof wordt in scheidingsruimte 1 (S1) gescheiden van HF met behulp van water. – Als alle octaanzuurfluoride heeft gereageerd, wordt stof P doorgevoerd naar reactor 2 (R2). Hier reageren stof P en water volledig tot PFOA en HF, die als afzonderlijke stofstromen de reactor verlaten. De instroom in R1 is op de uitwerkbijlage al volledig gegeven.

2p 16 Leg uit welke scheidingsmethode wordt gebruikt in S1.

4p 17 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.

– Teken R2.

– Teken ontbrekende pijlen en noteer ontbrekende stoffen bij alle pijlen. Je hoeft hierbij geen rekening te houden met hergebruik van stoffen.



[uitlegfilmpje](#)



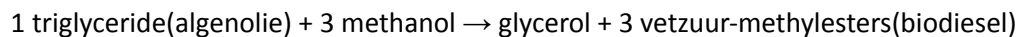
2023 I vraag 5

In het project Algaeparc van Wageningen University & Research wordt onderzoek gedaan naar de productie van biodiesel uit algenolie. Algenolie is een mengsel van triglyceriden, dat in een aantal stappen in de algen wordt gevormd:

- Door fotosynthese ontstaat eerst glucose, waarbij tevens zuurstof ontstaat.
- Glucose wordt vervolgens met een deel van deze zuurstof volledig omgezet tot pyrodruivenzuur ($C_3H_4O_3$) en water.
- Pyrodruivenzuur wordt ten slotte omgezet tot algenolie

De algen groeien in een buisvormige bioreactor die afgesloten is van de buitenlucht

Als er voldoende algen zijn gekweekt, wordt de algenolie uit het mengsel geëxtraheerd. Biodiesel wordt verkregen door de reactie van algenolie met methanol. Deze reactie is hieronder vereenvoudigd weergegeven met de juiste coëfficiënten.



Het blokschema van de omzetting van algenolie tot biodiesel is onder de opgave onvolledig weergegeven. Aan een reactor (R1) met daarin het enzym lipase worden de algenolie en een ondermaat methanol toegevoegd. In een scheidingsruimte (S1) wordt de ontstane glycerol gescheiden van de overige stoffen. De omzetting van de algenolie is na één reactor niet volledig. Door om en om meerdere reactoren en scheidingsruimtes te plaatsen, wordt een zo hoog mogelijke omzetting bereikt. De ondermaat methanol is zo gekozen dat de hoeveelheid methanol na elke reactor te verwaarlozen is. In het uiteindelijke proces werden 10 reactoren en scheidingsruimtes gebruikt. In het blokschema is met één blok de herhaling van reactoren R2 t/m R9 en scheidingsruimtes S2 t/m S9 aangegeven. In R10 wordt een overmaat methanol toegevoegd zodat de algenolie volledig wordt omgezet tot biodiesel. In S10 wordt ten slotte biodiesel afgescheiden van het mengsel afkomstig uit R10.

3p 5 Maak het blokschema compleet.

- Teken R10 en S10.
- Teken de ontbrekende pijlen.
- Geef bij alle pijlen de ontbrekende stofstromen aan met de volgende nummers:

1 algenolie

2 biodiesel

3 glycerol

4 methanol



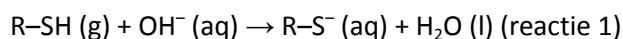
[Uitlegfilmpje](#)



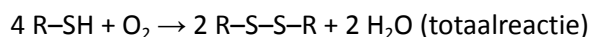
2022 II vraag 11 + 12

Het Merox-proces is een industrieel proces om zwavelhoudende verbindingen te verwijderen uit aardolieproducten zoals lpg. Lpg is een mengsel van koolwaterstoffen met een laag kookpunt. De zwavelhoudende verbindingen kunnen worden aangeduid met $R-SH$, waarbij de groep R staat voor een koolwaterstofketen. Onder deze opgave is het blokschema van het Merox-proces onvolledig weergegeven.

Het is niet mogelijk om lpg en $R-SH$ te scheiden met behulp van water. Daarom wordt het gasvormige, nog onzuivere lpg in reactor 1 ($R1$) in contact gebracht met een overmaat natronloog. In $R1$ reageren de zwavelhoudende verbindingen volgens reactie 1.



Het reactiemengsel wordt onderin $R1$ afgetapt en doorgevoerd naar reactor 2 ($R2$). In $R2$ wordt een overmaat lucht door de oplossing afkomstig van $R1$ geleid, waarbij disulfides ($R-S-S-R$) worden gevormd. De totaalvergelijking van de reacties die in $R1$ en $R2$ verlopen, is hieronder weergegeven.

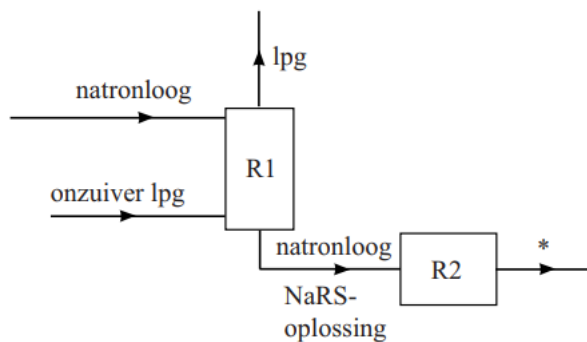


In scheidingsruimte 1 ($S1$) wordt het vloeibare mengsel afkomstig uit $R2$ gescheiden. De laag met daarin de vloeibare disulfides ($R-S-S-R$) wordt als afval afgevoerd. De laag met natronloog bevat geen organische stoffen, zodat het natronloog kan worden hergebruikt in het proces. Om de reactie in $R1$ steeds onder gelijke omstandigheden te laten verlopen, moet het natronloog een bewerking ondergaan voordat het kan worden teruggevoerd.

2p 11 Leg uit welke bewerking het natronloog moet ondergaan voordat het kan worden teruggevoerd.

3p 12 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet. – Teken de ontbrekende scheidingsruimte(n).

- Teken ontbrekende stofstromen. Houd hierbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Waar in het blokschema een * voorkomt, hoef je niets aan te geven

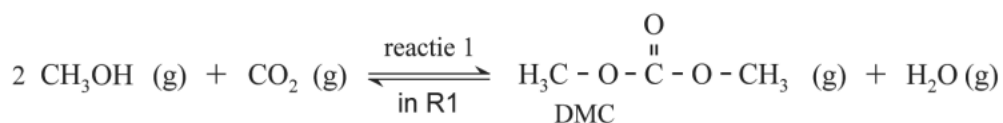


[Uitlegfilmpje](#)



2022 I vraag 7

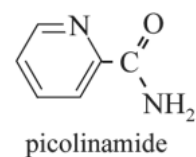
In R1 van het blokschema onder deze opgave vindt deze reactie plaats:



c

In R1 wordt ook continu de stof cyanopyridine toegevoegd. Deze stof reageert met het in reactie 1 gevormde water. De toevoer van cyanopyridine is zo afgesteld dat geen water R1 verlaat.

In R1 reageert 1 mol cyanopyridine met 1 mol water, waarbij uitsluitend 1 mol picolinamide wordt gevormd. De structuurformule van picolinamide is hiernaast weergegeven. In scheidingsruimte 1 (S1) wordt het reactiemengsel gescheiden door middel van destillatie. De overmaat CO_2 en methanol wordt als twee aparte stofstromen gerecirculeerd naar R1. De overige stoffen worden gescheiden in afzonderlijke stromen, te weten DMC, cyanopyridine en picolinamide. In R1 ontstaan ook NH_3 en andere bijproducten, die de fabriek verlaten als afval. De cyanopyridine en picolinamide hebben de



hoogste kookpunten van de aanwezige stoffen. Het picolinamide verlaat S1 aan de onderzijde omdat het een hoger kookpunt heeft dan cyanopyridine.

Het in R1 ontstane picolinamide wordt in reactor 4 volledig omgezet tot water en cyanopyridine. De cyanopyridine wordt hergebruikt, terwijl het water als afvalstroom de fabriek verlaat. In R4 zijn de omstandigheden zo gekozen dat de reactieproducten als gescheiden stromen vrijkomen. In het blokschema onder deze opgave ontbreken R4 en de stromen van cyanopyridine, picolinamide en water.

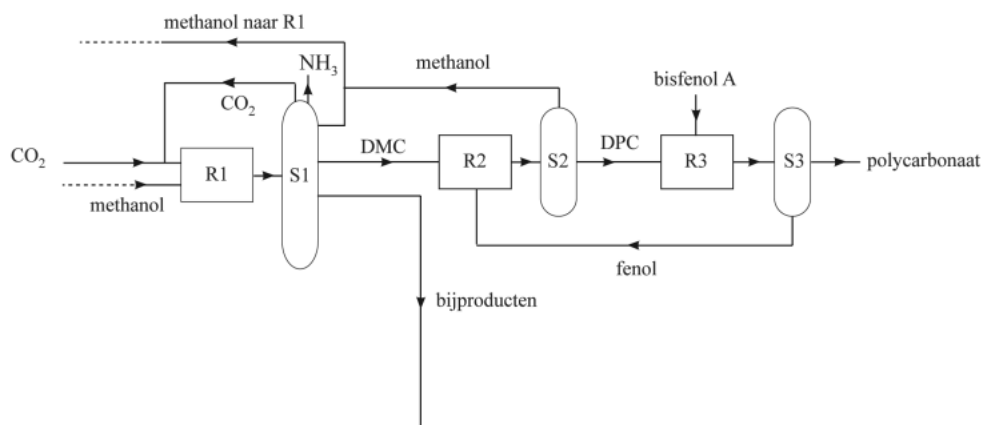
3p 7 Maak het blokschema compleet.

- Teken R4.
- Teken de ontbrekende stromen van cyanopyridine, picolinamide en water. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Je hoeft niets aan te geven tussen R1 en S1.
- Geef de stoffen in het schema weer met de volgende cijfers:

1 cyanopyridine

2 picolinamide

3 water



[Uitlegfilmpje](#)

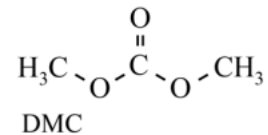


2021 III vraag 2+4

Polycarbonaat is een kunststof die sterk en krasvast is en daarom wordt toegepast in veiligheidsglas, veiligheidsbrillen en auto-onderdelen. In dit polymeer zijn zogeheten carbonaatgroepen aanwezig, waarvan de naam polycarbonaat is afgeleid. De synthese van polycarbonaat verloopt in een aantal stappen. Onder deze opgave een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor deze synthese weergegeven. De vorming van polycarbonaat is de laatste stap in het productieproces. In reactor 4 (R4) reageren de monomeren bisfenol-A en difenylcarbonaat (DPC) volledig met elkaar. In R4

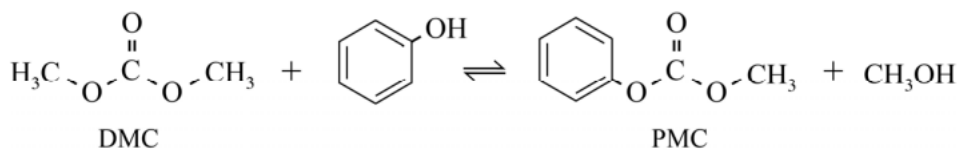
ontstaan uitsluitend polycarbonaat en fenol (benzenol). Deze stoffen verlaten R4 als twee aparte stofstromen.

Om DPC te bereiden wordt in R1 eerst dimethylcarbonaat (DMC) bereid uit CO, zuurstof en methanol. In R1 worden de beginstoffen volledig omgezet.

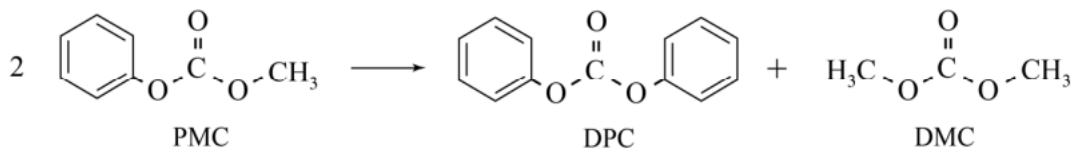


3p 2 Geef met behulp van deze gegevens en het blokschema de reactievergelijking voor de synthese van DMC in R1. Gebruik molecuulformules.

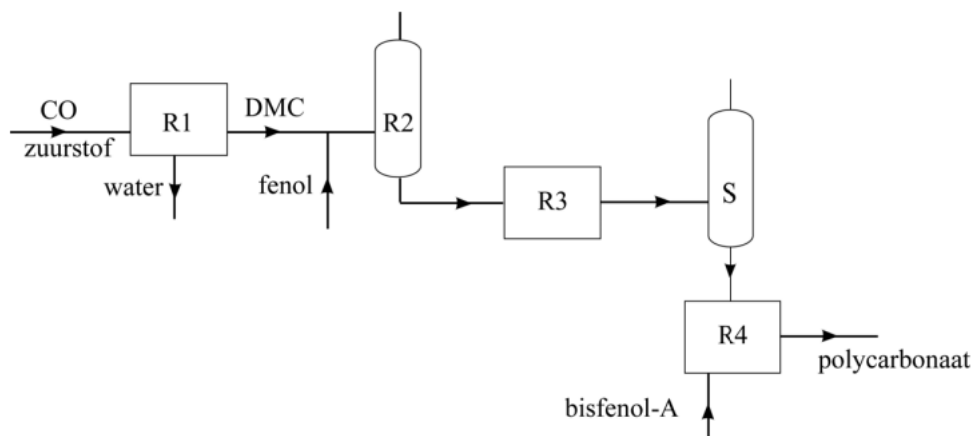
In R2 reageert DMC met fenol (benzenol). In een evenwichtsreactie ontstaan fenylmethylcarbonaat (PMC) en methanol, zoals hieronder is weergegeven.



De omzetting in R2 wordt uitgevoerd als een zogeheten reactieve destillatie: er vindt zowel een chemische reactie als een destillatie plaats. Het destillaat bestaat uit methanol. De uitstroom onder uit R2 bestaat uitsluitend uit fenol, PMC en een klein restant DMC. Dit mengsel wordt naar R3 gevoerd. Daar treedt de volgende reactie op:



Het in R3 ontstane mengsel wordt naar scheidingsruimte S gevoerd. Door destillatie wordt zuiver DPC verkregen dat naar R4 wordt geleid. In reactor 4 (R4) reageren de monomeren bisfenol-A en difenylcarbonaat (DPC) volledig met elkaar. De in R4 gevormde moleculen van polycarbonaat hebben aan de uiteindes een O-C₆H₅ groep. Hierdoor wordt in het gehele proces een kleine hoeveelheid fenol verbruikt.



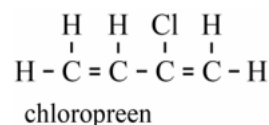
[uitlegfilmpje](#)



2021 I vraag 8+ 10

Chloropreen is de beginstof voor de productie van neopreen.

Neopreen is een synthetisch rubber. De structuurformule van chloropreen is hiernaast weergegeven. Chloropreen wordt in een aantal stappen gemaakt. De eerste stap is de additie-reactie van buta-1,3-dieen met chloor. Daarbij ontstaat onder andere 3,4-dichloorbut-1-een (3,4-DCB).



Onder deze opgave is het onvolledige blokschema van de productie van chloropreen weergegeven. In reactor 1 (R1) reageert buta-1,3-dieen met chloor. Het mengsel van 1,4-DCB en 3,4-DCB wordt na een scheidingsstap (S1) als vloeistofmengsel naar reactor 2 (R2) gevoerd. In R2 treedt evenwicht 1 op.

$1,4\text{-DCB} \rightleftharpoons 3,4\text{-DCB}$ (evenwicht 1)

De temperatuur in R2 ligt tussen 125 °C en 150 °C. De temperatuur is zo gekozen dat eenvoudig een zo hoog mogelijke opbrengst aan 3,4-DCB kan worden bereikt. Bij de druk in R2 is het kookpunt van 3,4-DCB 119 °C. De kookpunten van cis-1,4-DCB en trans-1,4-DCB liggen boven 152 °C.

2p 8 Voer de volgende opdrachten uit:

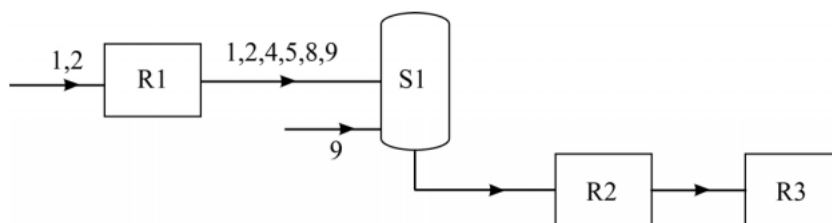
- Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1. Houd hierbij rekening met de omstandigheden die heersen in R2.
- Leg uit dat onder deze omstandigheden een zo hoog mogelijke opbrengst aan 3,4-DCB kan worden bereikt

Het gehele productieproces is hieronder samengevat.

- Chloor en buta-1,3-dieen worden als gas in R1 geleid, waar 3,4-DCB en 1,4-DCB en nevenproducten worden gevormd. De omzetting van chloor en buta-1,3-dieen in R1 is niet volledig.
- Het mengsel afkomstig uit R1 is vloeibaar en wordt naar scheidingsruimte 1 (S1) geleid. In S1 wordt stikstof door het mengsel geblazen waardoor het ongereageerde chloor en buta-1,3-dieen uit de vloeistofstroom worden verwijderd. Het gasmengsel van stikstof, chloor en buta-1,3-dieen wordt boven uit S1 teruggeleid naar R1. Om ophoping van stikstof in het systeem te voorkomen wordt een deel van deze recycle-stroom afgetapt. De vloeistofstroom uit S1 wordt naar R2 geleid.
- In R2 wordt 1,4-DCB onvolledig omgezet tot 3,4-DCB. Uit R2 komen twee stromen. De ene stroom, met uitsluitend 3,4-DCB, wordt doorgevoerd naar R3.
- De andere stroom uit R2 bevat 1,4-DCB en de nevenproducten. Deze stroom wordt doorgevoerd naar een destilleerkolom (S2) waar het 1,4-DCB wordt afgescheiden en teruggeleid naar R2. De nevenproducten worden als vloeistofstroom afgevoerd.
- In R3 reageert ten slotte 3,4-DCB met een overmaat natronloog tot chloropreen en een oplossing van natriumchloride. Het chloropreen verlaat R3 als gasstroom.

4p 10 Maak het blokschema compleet.

- Teken S2.
- Teken de ontbrekende pijlen en noteer de ontbrekende stoffen bij de pijlen.
- Geef de stofstromen in het schema weer met de volgende cijfers:
 - 1 buta-1,3-dieen 6 natriumchloride-oplossing
 - 2 chloor 7 natronloog
 - 3 chloropreen 8 nevenproducten
 - 4 3,4-DCB 9 stikstof
 - 5 1,4-DCB
- Cijfers voor de verschillende stofstromen kunnen meerdere malen voorkomen

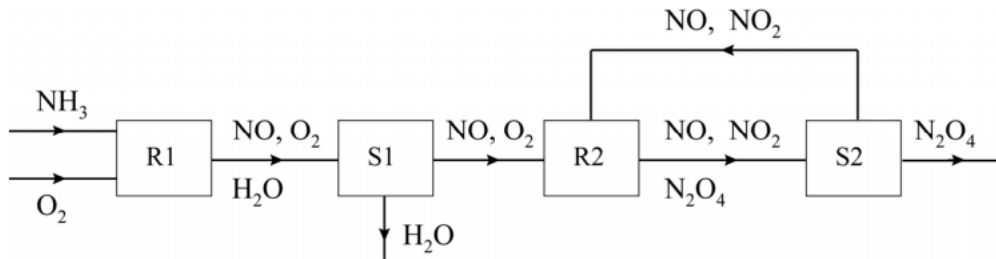


[uitlegfilmpje](#)



Antwoorden

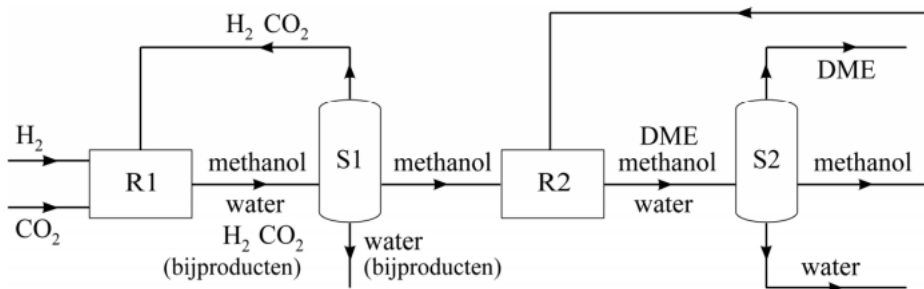
2024 II vraag 20



2024 I vraag 3+4

3. Tussen de moleculen van respectievelijk methanol en water bestaan (vanderwaalsbindingen en dipool-dipoolbindingen en) waterstofbruggen. Tussen moleculen DME bestaan geen waterstofbruggen / bestaan alleen vanderwaalsbindingen en dipool-dipoolbindingen. De waterstofbrug is de sterkste binding (dus DME heeft het laagste kookpunt).

4.

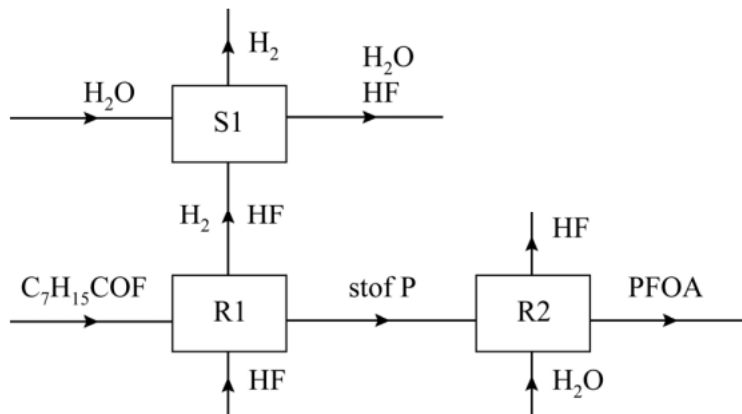


2023 II vraag 16+17

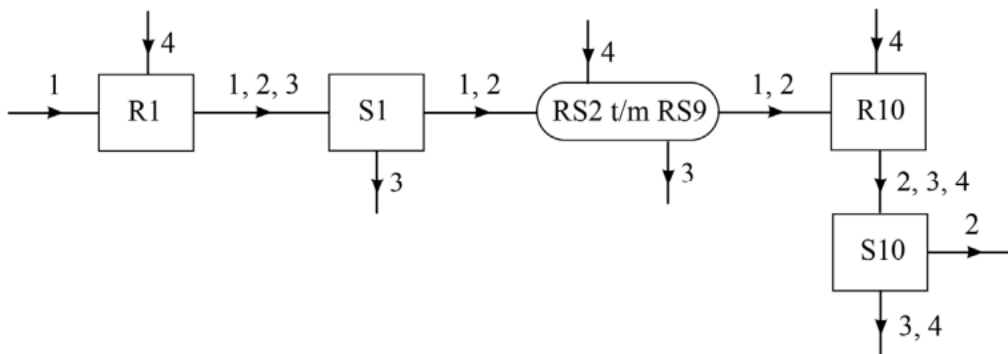
16.

In S1 wordt gebruikgemaakt van extractie, want HF is wel oplosbaar in water / H_2 is niet oplosbaar in water.

17.



2023 I vraag 5



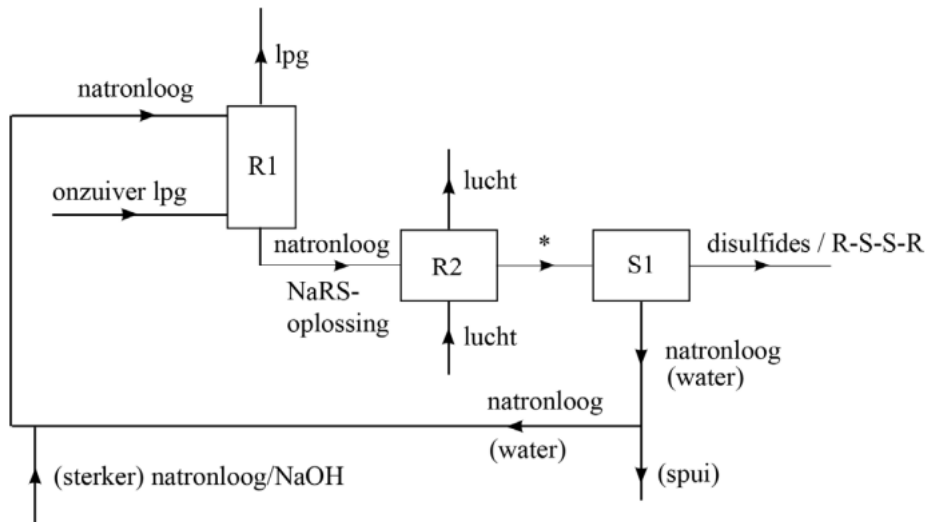
2022 II vraag 11 +12

11 Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

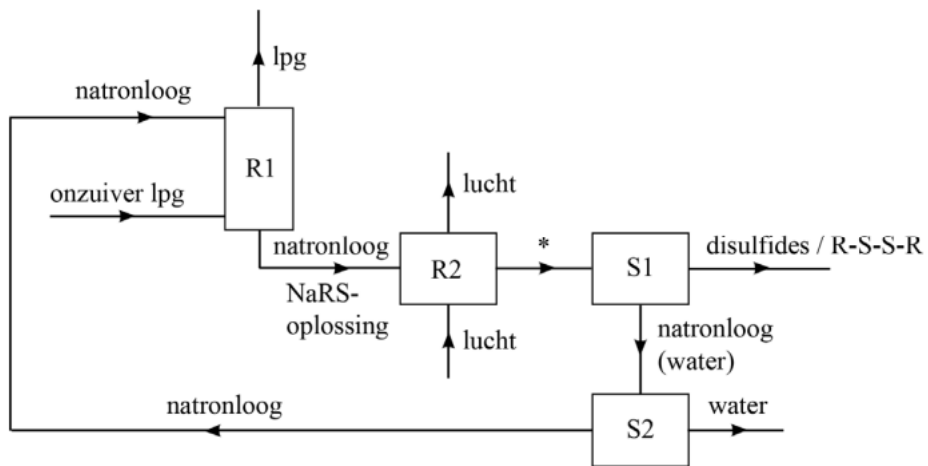
– In het proces ontstaat water. / In R2 ontstaat water. Om het gehalte NaOH constant te houden, moet een deel van het (verdunde) natronloog worden gespuid, waarna extra (vast) NaOH wordt toegevoegd.

– In het proces ontstaat water. / In R2 ontstaat water. Om het gehalte NaOH constant te houden, moet het natronloog worden ingedampt.

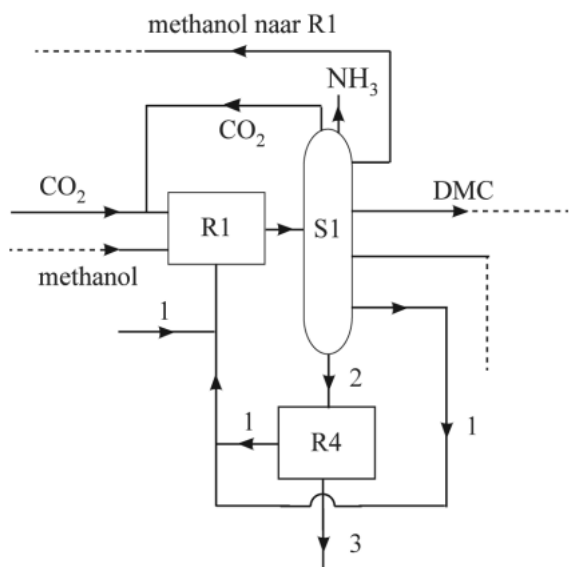
12.



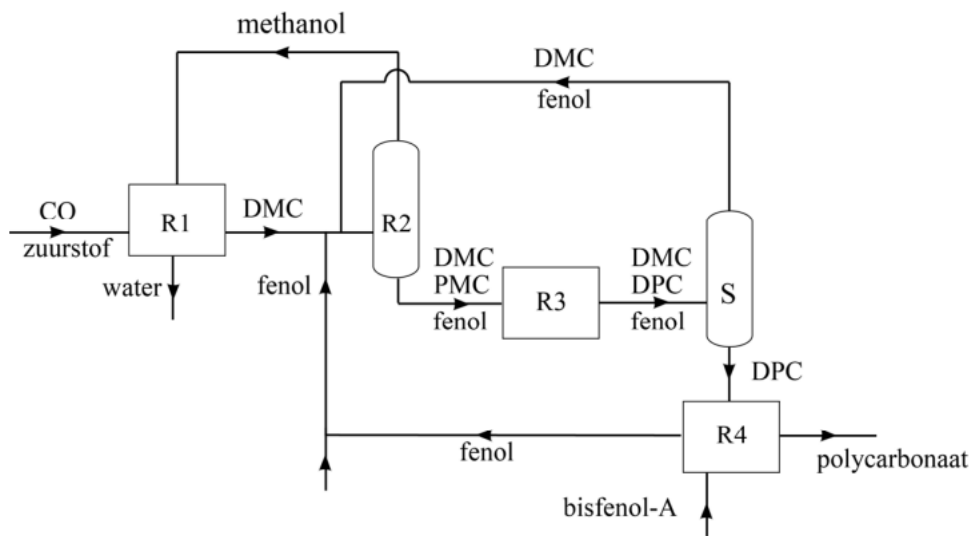
of



2022 | vraag 7



2021 III vraag 4



2021 I vraag 10

