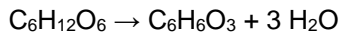


**De PEF-files**

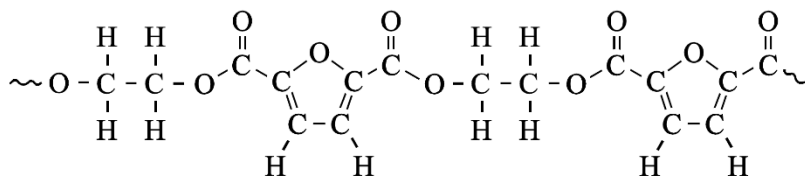
2p 1 In moleculen glucose zijn zes C atomen aanwezig. In moleculen HMF en van alle andere stoffen in het schema zijn ook zes C atomen aanwezig. Bij de omzettingen worden dus geen C atomen afgesplitst waardoor in de omzettingen geen CO<sub>2</sub> kan vrijkomen.

3p 2 Atoomeconomie ethanol uit glucose =  $\frac{2 \times 46,069 \text{ u}}{180,16 \text{ u}} \times 100\% = 51,142\%$

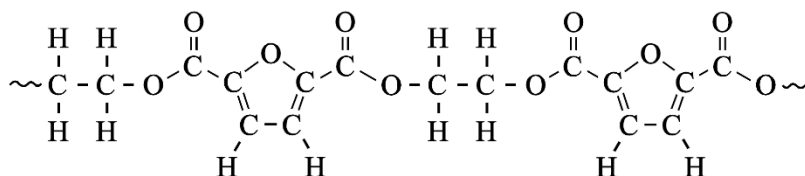


Atoomeconomie HMF uit glucose =  $\frac{126,112 \text{ u}}{180,16 \text{ u}} \times 100\% = 70,000\%$

3p 3

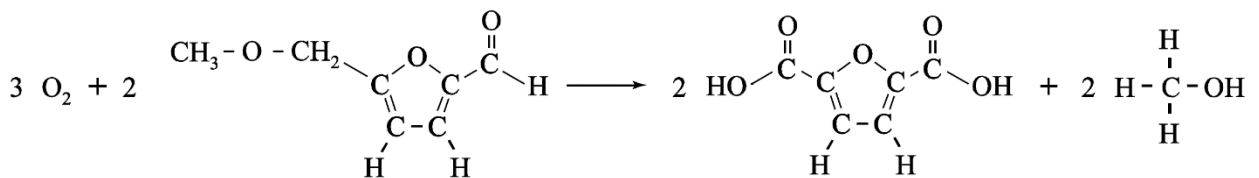


of



1p 4 De stof moet een OH en een COOH groep bevatten, dus nummer 3.

3p 5



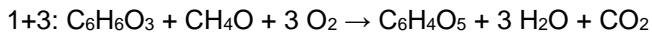
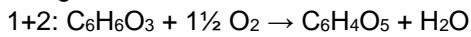
2p 6 Op basis van uitgangspunt 1:

- Als reacties 1+2 worden opgeteld is te zien dat alleen H<sub>2</sub>O als bijproduct ontstaat. Bij reacties 1+3 komt ook nog CO<sub>2</sub> vrij. CO<sub>2</sub> is een afvalstof (die bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect).
- In het oude proces komt CO<sub>2</sub> vrij. CO<sub>2</sub> is een afvalstof (die bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect).
- In reactie 2 komt methanol vrij. Dit is geen afvalstof omdat dit kan worden gebruikt in reactie 1 / kan worden verkocht / kan dienen als brandstof.
- Het rendement van het proces van Avantium is hoger. Dat betekent dat er (meer product en) minder afval wordt geproduceerd.

Op basis van uitgangspunt 2:

- In het oude proces komt CO<sub>2</sub> vrij. Het C atoom van methanol wordt dus niet in het product opgenomen.
- Bij reacties 1+3 komt meer water vrij. De atoomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan die van 1+3.
- Bij reacties 1 en 2 komt alleen H<sub>2</sub>O vrij, terwijl bij 1 en 3 ook nog CO<sub>2</sub> vrijkomt. De atoomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan van reacties 1+3.
- Bij reacties 1+3 is meer zuurstof nodig dan bij reacties 1+2. De atoomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan van reacties 1+3.

- Uit de totaalvergelijkingen van de reacties valt op te maken dat bij reacties 1+2 minder grondstof nodig is:



- 2p **7** Bij de vorming van biomassa is kort geleden (tijdens de fotosynthese)  $\text{CO}_2$  vastgelegd. Als PEF wordt verbrand, komt deze  $\text{CO}_2$  weer vrij (waardoor de verbranding van PEF geen bijdrage levert aan het versterkte broeikaseffect). PET is geheel geproduceerd op basis van aardolie. Als PET wordt verbrand, komt  $\text{CO}_2$  vrij die lang geleden is vastgelegd.

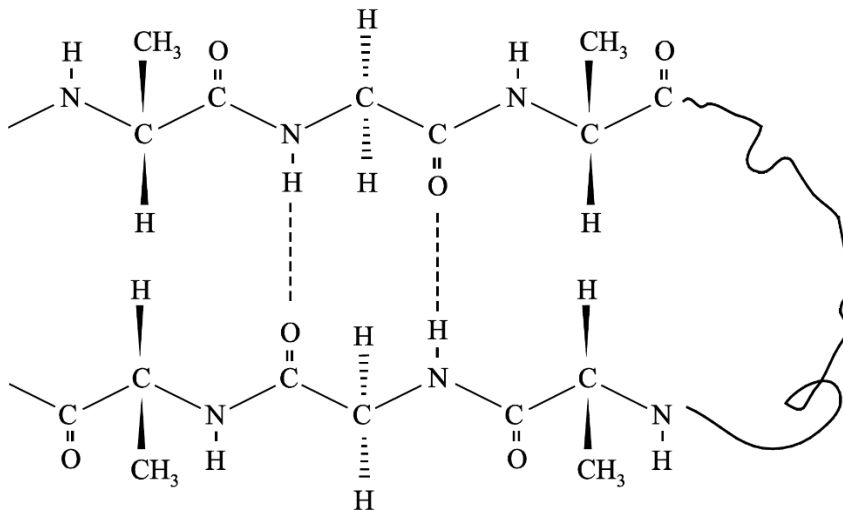
- 3p **8** 1 ton PET levert bij verbranding  $\frac{10^6 \text{ g}}{192,164 \text{ g mol}^{-1}} = 5,204 \cdot 10^2 \text{ mol}$

$$5,204 \cdot 10^3 \text{ mol PET} \equiv 10 \times 5,204 \cdot 10^2 \text{ mol} \times 44,01 \text{ g mol}^{-1} = 2,290 \cdot 10^5 \text{ kg} = 2,3 \text{ ton CO}_2$$

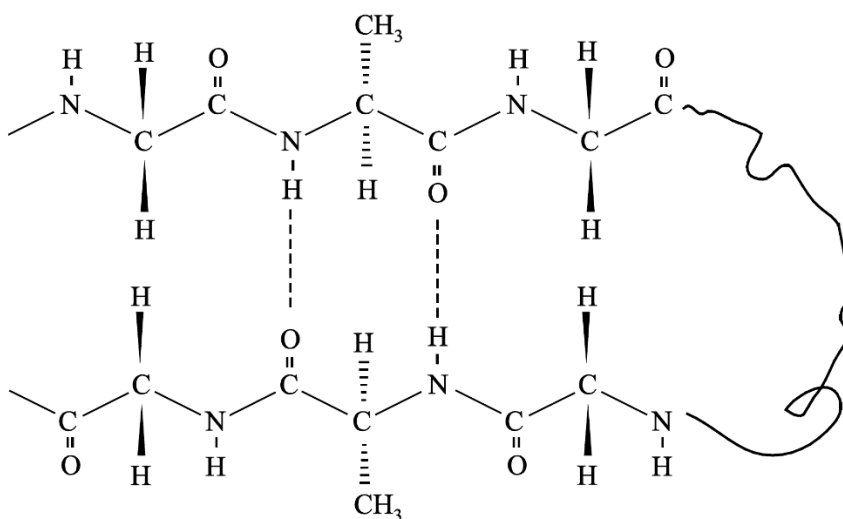
Voor transport en productie nodig: levenscyclus – verbranding = 4,4 – 2,3 = 2,1 ton  $\text{CO}_2$

### Zijde verven

- 4p **9**



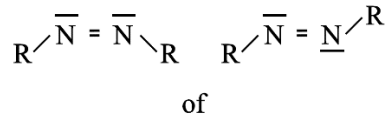
of



- 2p **10** Voorbeelden van juiste redenen (twee van de volgende):
- De  $\beta$ -platen hebben een groot contact-oppervlak.
  - De  $\beta$ -platen hebben een grote massa / zijn grote moleculen.
  - De onderlinge afstand tussen de  $\beta$ -platen is klein.
  - De ketens zijn compact gestapeld / passen precies op elkaar / hebben een regelmatige opbouw.

2p 11 In figuur 1.2 is te zien dat op één  $\beta$ -plaat de  $\text{CH}_3$  groepen / de restgroepen van Ala telkens naar boven steken. De  $\text{CH}_3$  restgroepen nemen meer ruimte in dan de H atomen / dan de restgroepen van Gly. De twee verschillende tussenafstanden tussen de  $\beta$ -platen ontstaan doordat de  $\beta$ -platen (als gevolg van het zigzag vouwen) zo zijn gestapeld dat de  $\text{CH}_3$  groepen van opeenvolgende  $\beta$ -platen telkens naar elkaar wijzen (en de H atomen ook telkens naar elkaar wijzen).

3p 12



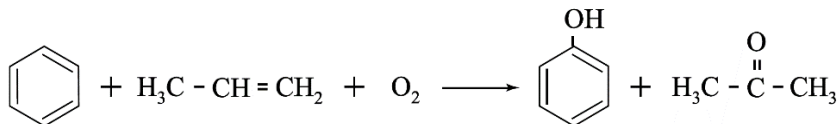
Er is geen vrije draaibaarheid rond de  $\text{N}=\text{N}$  binding. / De  $\text{N}=\text{N}$  binding is star (en aan elk N atoom zijn twee ongelijke groepen gebonden waardoor van azoverbindingen cis- en trans-vormen voorkomen).

2p 13 Een hoge waarde van  $K_v$  geeft aan dat de kleurstof beter oplost in octaan-1-ol dan in water. D6 is meer hydrofoob doordat in het molecuul geen (negatief) geladen groepen /  $\text{SO}_3^-$  groepen aanwezig zijn.

2p 14 Stof D5. Van de cocons wordt alleen de fibroïne gebruikt. Omdat fibroïne hydrofoob is, is de meest hydrofobe kleurstof het meest geschikt. Uit de tabel blijkt dat D5 de hoogste waarde van  $K_v$  heeft / het meest hydrofoob is.

## Fenolproductie

2p 15



1p 16 Voorbeelden van een juiste verklaring zijn:

- De reacties die leiden tot nevenproducten zijn mogelijk endotherm.
- De reacties die leiden tot nevenproducten hebben mogelijk een hoge activeringsenergie. (Als de activeringsenergie hoog is, is een hogere temperatuur nodig om de reactie te laten verlopen.)
- De nevenproducten worden mogelijk in een evenwicht gevormd dat bij lage temperatuur aan de exotherme kant ligt / dat bij hoge temperatuur naar de endotherme kant verschuift.
- Bij hoge temperatuur kunnen de reactieproducten ontleden / met elkaar reageren.
- Bij hoge temperatuur verlopen reacties sneller, die anders te langzaam zijn om een product van enig belang te kunnen produceren.

2p 17 Voorbeelden van juiste redenen zijn (twee van de volgende):

- Het toegevoegde propanon zorgt voor koeling / neemt warmte op.
- Door het toevoegen van propanon wordt het reactiemengsel verdund (waardoor het mengsel minder opwarmt).
- Door het toevoegen van propanon daalt de reactiesnelheid (waardoor per tijdseenheid minder warmte ontstaat).
- De reactie in R3 is mogelijk een evenwicht. Door propanon toe te voegen verschuift het evenwicht naar links. Dit is de endotherme reactie, waardoor warmte wordt opgenomen.

3p 18 De instroom van 1000 kg bevat 82,5% CHP = 825 kg  $\equiv$  825 kg / 152 kg mol<sup>-1</sup> = 5,428 kmol CHP  
 Uit de molverhouding volgt dat 5,428 kmol CHP  $\equiv$  5,428 kmol propanon  
 5,428 kmol propanon  $\equiv$  5,428 kmol x 58,1 kg mol<sup>-1</sup> = 315,3 kg propanon  
 De helft van deze bij de reactie gevormde hoeveelheid is extra toegevoegd = 158 kg = 0,16 ton.

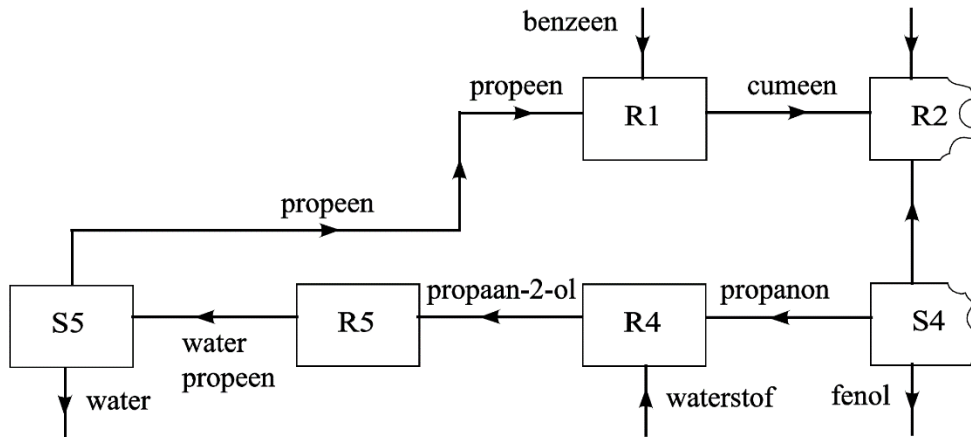
3p 19 2 massa%  $\equiv$  2 g CHP/100 g mengsel. Dit geeft voor de energie die maximaal mag vrijkomen:

$$Q = \frac{2 \text{ g CHP}/100 \text{ g}}{152 \text{ g mol}^{-1}} \times 252 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1} \text{ CHP} = 3,316 \cdot 10^3 \text{ J}/100 \text{ g}$$

Bij een stijging van 7,3 K komt er vrij;  $Q = 7,3 \text{ K} \times 2,4 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ g} = 1,752 \cdot 10^3 \text{ J}/100 \text{ g}$   
 Dit is minder 3,316 · 10<sup>3</sup> J, dus is er geen explosiegevaar.

2p **20** Uit het blokschema blijkt dat zwavelzuur wordt gescheiden van cumeen, fenol en propanon. De temperatuur moet dus hoger zijn dan 182 °C, want dat is hoger dan de kookpunten van cumeen, fenol en propanon. De temperatuur moet lager zijn dan 330 °C / het kookpunt van zwavelzuur.

4p **21**



Opmerking:

Er hoeft geen propene van buiten te worden aangevoerd en er wordt geen propene afgevoerd naar buiten. Immers in de totaalreactie (zie opgave 15) is de molverhouding benzeen : propene : fenol = 1 : 1 : 1.

### Fotonenboer

4p **22** linker halfcel:  $\text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{VO}_2^+ + 2 \text{H}^+ + \text{e}^-$   
rechter halfcel:  $\text{V}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{V}^{2+}$

2p **23** Tijdens het opladen verandert de totale lading van de positieve ionen in de linker halfcel van 2+ naar 3+. In de rechter halfcel verandert de lading van 3+ naar 2+. Omdat beide oplossingen neutraal moeten blijven, moeten positieve ionen van de linker naar de rechter halfcel worden getransporteerd. Omdat alleen  $\text{H}^+$  ionen het membraan kunnen passeren, zullen deze van links naar rechts bewegen

3p **24** Opgeslagen energie =  $100 \text{ kWh} \times 3,6 \cdot 10^6 \text{ J kWh}^{-1} = 3,6 \cdot 10^8 \text{ J}$

$$3,6 \cdot 10^8 \text{ J} \equiv \frac{3,60 \cdot 10^8 \text{ J}}{1,35 \cdot 10^5 \text{ J/mol e}^-} = 2,67 \cdot 10^3 \text{ mol e}^-$$

$$2,67 \cdot 10^3 \text{ mol e}^- \equiv 2,67 \cdot 10^3 \text{ mol vanadiumionen}$$

$$\text{daar het rendement } 67\% \text{ bedraagt, moet er } \frac{2,67 \cdot 10^3 \text{ mol}}{0,67} = 3,985 \cdot 10^3 \text{ mol vanadiumionen reageren}$$

$$\text{het volume van de oplossing in één tank} = \frac{3,985 \cdot 10^3 \text{ mol}}{1,7 \text{ mol L}^{-1}} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ L} = 2,3 \text{ m}^3$$

3p **25**  $2 \text{VO}_2^+ + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O (s)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+$

2p **26** Bij een hogere concentratie vanadiumionen zijn er per seconde meer (effectieve) botsingen (op het oppervlak van de elektroden). Hierdoor worden (per seconde) meer elektronen opgenomen/afgestaan (waardoor de maximale stroomsterkte toeneemt).

2p **27**

Aanpassing VRFB	opslag-capaciteit (J)	stroomsterkte ( $\text{C s}^{-1}$ )
de concentratie vanadiumionen verhogen	X	X
meerdere elektrochemische cellen aansluiten op dezelfde tanks		X
<del>de tanks vergroten</del>		
membranen gebruiken die de ionenstroom beter doorlaten		X
poreuze elektrodes gebruiken voor een groter contactoppervlak		X