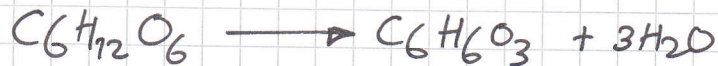


DE PEF FLES

- (1) De molecuulformule van HMF is  $C_6H_6O_3$ . Alle in het schema zongegeven stoffen bevatten per molecuul 6 C-atomen. ER "verdwijnen" dus geen C-atomen  $\rightarrow$  ER kan geen  $CO_2$  worden gevormd.
- (2) De reactievergelijking van de vorming van HMF uit de enige beginstof glucose is:



(BINAS 37 H): atomeconomie =  $\frac{\text{totale atoommassa product}}{\text{totale atoommassa reaktanten}} \cdot 100\%$

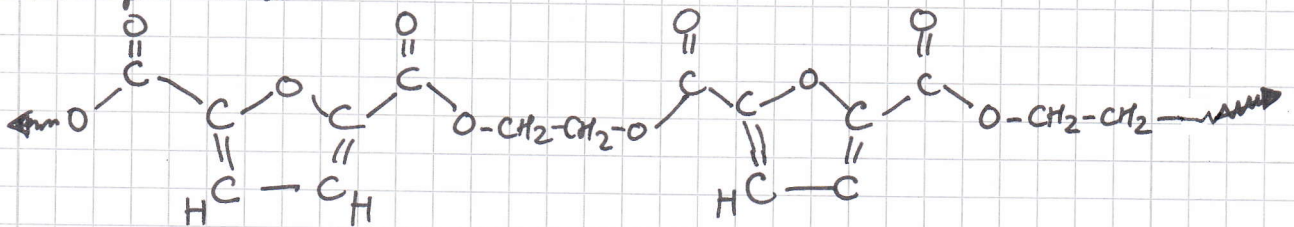
Bij de vergisting van glucose is ethanol het product. De atomeconomie van die reactie bedraagt dus:

$$\frac{2(2 \cdot 12,01 + 6 \cdot 1,008 + 16,00)}{6 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 + 6 \cdot 16,00} = \frac{92,136}{180,156} \cdot 100\% = 51,1\%$$

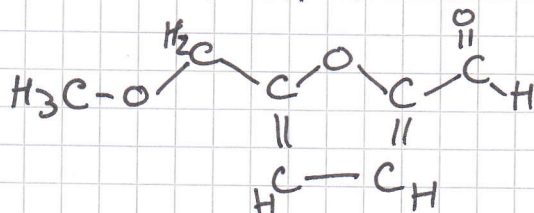
Voor de vorming van HMF geldt:

$$\frac{6 \cdot 12,01 + 6 \cdot 1,008 + 3 \cdot 16,00}{180,156} = \frac{126,108}{180,156} \cdot 100\% = 70,0\%$$

- (3) Uit het gegeven schema blijkt dat FDCA een dizuur is. Bij reactie met ethaan-1,2-diol zullen de OH-groepen met de zuurgroepen van FDCA esters vormen, heffen een lange keten kan opleveren

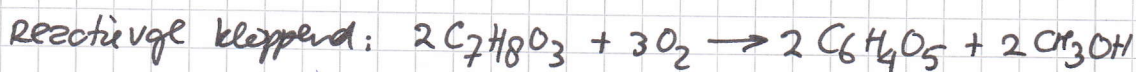
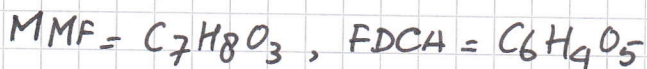
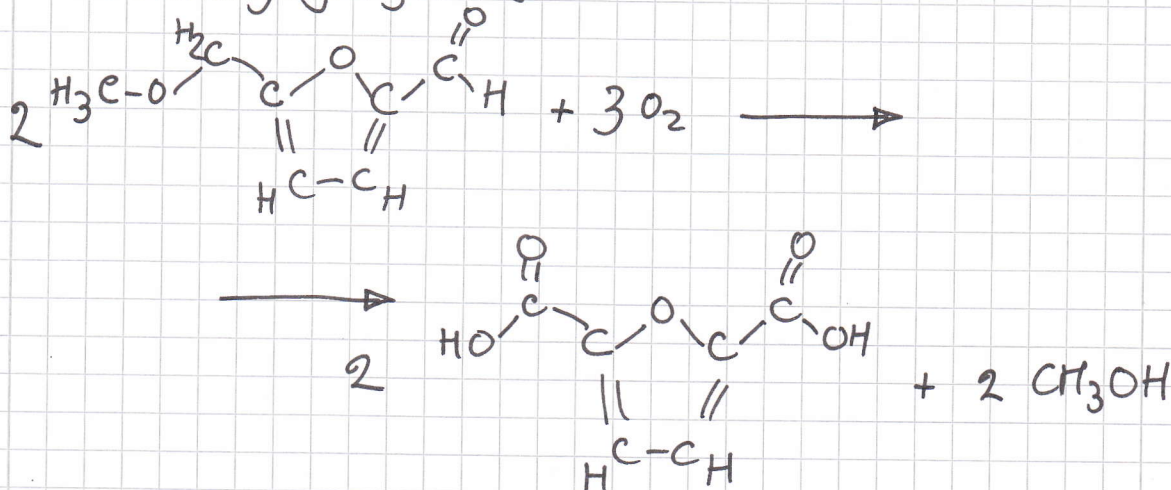


- (4) Als een polyester uit één monomeer is opgebouwd moet dat monomeer zowel een zuurgroep ( $-C(=O)OH$ ) als een alcoholgroep ( $-OH$ ) bevatten. Dat is stof nummer 3.
- (5) Bij reactie 1 worden HMF en  $CH_3OH$  gebonden onder afsplitsing van water  $\rightarrow$  ethervorming tussen de  $-OH$  groep van beide moleculen. De formule van MMF is dus:

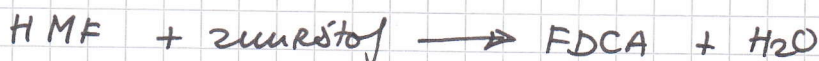




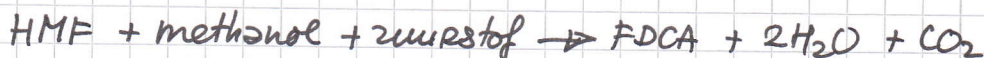
De reactievergelijking is dus:



(6) Totale reactie Avantium (= "optellen" reactie 1 + 2):



De totale reactie van het "oude" proces (= "optellen" reactie 1 + 3):



uitgangspunt 1 (preventie afvalvorming):

Er ontstaat bij reactie 1 + 3 wel  $\text{CO}_2$ . Dit broeikasgas draagt bij aan de opwarming van de aarde.

uitgangspunt 2 (atomeconomie):

Bij proces 1 + 3 ontstaat meer  $\text{H}_2\text{O}$  dan bij proces 1 + 2. De atomeconomie van proces 1 + 3 is dus lager.

(7) Als de grondstoffen geheel uit biomassa zijn gemaakt en de daaruit gevormde stoffen weer worden verbrand is er netto geen toename van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in het milieu.

Etheen, een van de grondstoffen van PET is afkomstig uit aardolie. De daarin aanwezige C-atomen zijn afkomstig uit het milieu van miljoenen jaren geleden, toen de aardolie is ontstaan. Bij verbranding van PET wordt de gewone  $\text{CO}_2$  toegevoegd aan het huidige milieu. Daarom moet die hoeveelheid  $\text{CO}_2$  niet buiten beschouwing worden gelaten.

(8) De massa van één PET eenheid  $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$  is 192,2 u  
 uit 1 mol  $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$  eenheden ontstaat bij verbranding 10 mol  $\text{CO}_2$   
 (= 192,2 g) (= 440,1 g)

dus:  $192,2 \text{ g PET} \equiv 440,1 \text{ g CO}_2$

$\rightarrow 10^6 \text{ g PET} \equiv \frac{10^6}{192,2} \cdot 440,1 = 2,3 \text{ ton CO}_2$   
(= 1 ton)

gegeven: totale  $\text{CO}_2$  uitstoot PET = 4,4 ton  $\text{CO}_2$

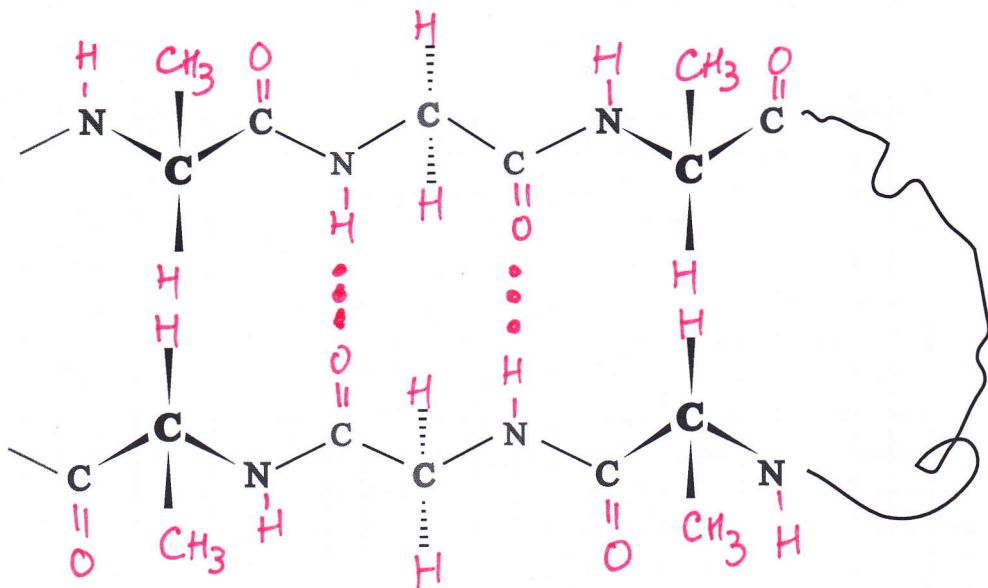
bijdrage uit PET verbranding = 2,3 ton  $\text{CO}_2$

$\rightarrow$  netto uitstoot bij productieproces en transport: 2,1 ton  $\text{CO}_2$  per ton polymeer.

### ZYDE VERVEN

(9) (BINUS 67-H1) Restgroep Gly is  $\text{-H}$ , restgroep Ala is  $\text{-CH}_3$

Primaire structuur fibroïne is  $(\text{Gly-Ala})_n$   
gegeven: restgroepen Gly onder vlak, die van Ala boven het vlak.



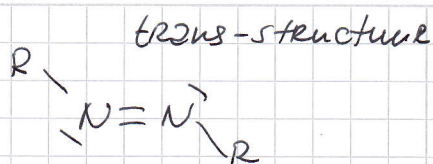
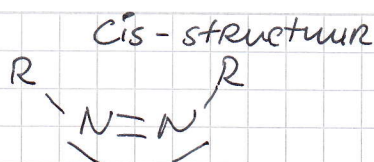
(10) In de  $\beta$ -platen (1) liggen de atomen ordelijk en daarmee relatief dicht bij elkaar (dichter dan 'ongeordende' fibroïne stukken) en (2) zijn de platen per volume-eenheid relatief zwak (grote waterstofbruggen)

(11) Twee  $\beta$ -platen kunnen op verschillende manieren worden gestapeld:

- de methylgroepen van de Ala restgroep zijn naar elkaar toegekeerd, de methylgroepen nemen meer ruimte in dan de  $\text{-H}$  restgroepen van Gly. Daarom zal hierbij de afstand tussen 2  $\beta$ -platen 0,57 nm bedragen.
- Als de Gly restgroepen naar elkaar toegekeerd zijn is de afstand kleiner: 0,35 nm.



(12)



De N-atomen worden omgeven door 4 elektronenparen, waarvan één "vrij" elektronenpaar. Rotatie rond de dubbele N=N binding is niet mogelijk. Daarom kunnen de twee stabiele structuren bestaan.

(13)

De aanwezigheid van groepen -OH en  $-\text{SO}_3^-$  geven de stof een hydrofiel karakter. D6 heeft slechts één zo'n groep en is dus relatief het meest hydrofoob. D1 heeft 4 hydrofiële groepen en is derhalve van alle gegeven stoffen het meest hydrofiel. D6 zal van de gegeven stoffen het beste oplossen in het hydrofobe octaan-1-ol en het minst in het hydrofiële oplosmiddel water. K<sub>v</sub> zal dus  $\gg 1$ .

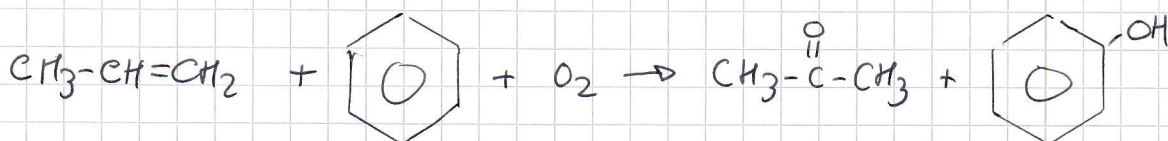
(14)

In het begin van de opgave is vermeld dat zijdegepen voor kleding vooral fibroïne bevat. In de tekst na vraag 12 wordt aangegeven dat fibroïne hydrofoob is en sericine hydrofiel. De meest geschildte kleurstof zal dus de meest hydrofobe stof zijn. Dat is D6, maar er is gegeven dat die stof geen kleuring veroorzaakt (waarschijnlijk door de aanwezigheid van een  $-\text{SO}_3^-$  groep in het molecuul).  $\rightarrow$  D5 zal de meest geschildte kleurstof zijn.

### FENOLPRODUCTIE

(15)

In het blokschema is aangegeven dat propaan, benzeen en zuurstof de reagenten zijn en propanon + fenol de uiteindelijke producten:



(vergelijking klopt:  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{C}_6\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ )

(16)

Een peroxide is over het algemeen een instabiele stof, die zelfs ontploffingen kan veroorzaken, zeker als de temperatuur hoger is. CHP kan dan uit elkaar vallen in brokstukken die niet meer kunnen leiden tot de vorming van de gewenste eindproducten fenol en propanon.

(17)

Tekst: in R3 wordt (o.a.) propanon gevormd ("grotendeels", er is dus sprake van een evenwicht).

- (1) Toevoegen van propanon zal het evenwicht verschuiven naar de kant van het tussenproduct CHP. De instelling van het evenwicht wordt als het ware enigszins geremd.
- (2) Propanon (aceton) is een uitstekend oplosmiddel, waarin de reactie "rustiger" kan plaatsvinden dan in een mengsel van gassen. Door de "verduunning" neemt het mengsel minder op.



- (18) In de tekst vóór vraag 16 is aangegeven<sup>(3)</sup> dat fenol en propenon ontstaan in een mol-verhouding 1:1. en (b) dat het mengsel dat uit S4 naar R3 gaat (de "instream") bestaat uit 82,5 mass% CHP en 17,5 mass% cumeen.

1 ton mengsel bevat dus 825 kg CHP }  $\rightarrow$  1 ton instroom bevat  
 gegeven: 1 mol CHP = 152 g }  $\frac{825 \cdot 10^3}{152} = 5,43 \cdot 10^3$  mol CHP

tekst gegeven: CHP wordt volledig omgezet in fenol en propenon

$\rightarrow$  bij de reactie in R3 zal  $5,43 \cdot 10^3$  mol propenon ontstaan.  
 Om de mol-verhouding fenol:propenon = 1:1,50 te krijgen zal  
 dus  $0,5 \cdot 5,43 \cdot 10^3$  mol propenon moeten worden toegevoegd

$\rightarrow$  toevoegen:  $\frac{0,5 \cdot 5,43 \cdot 58,1 \cdot 10^3}{10^6} = 0,16$  ton propenon  
 1 mol propenon = 58,1 g

- (19) Temperatuurstijging is 7,3 K.

Dat komt overeen met  $7,3 \cdot 2,4$  J per g vloeistof.

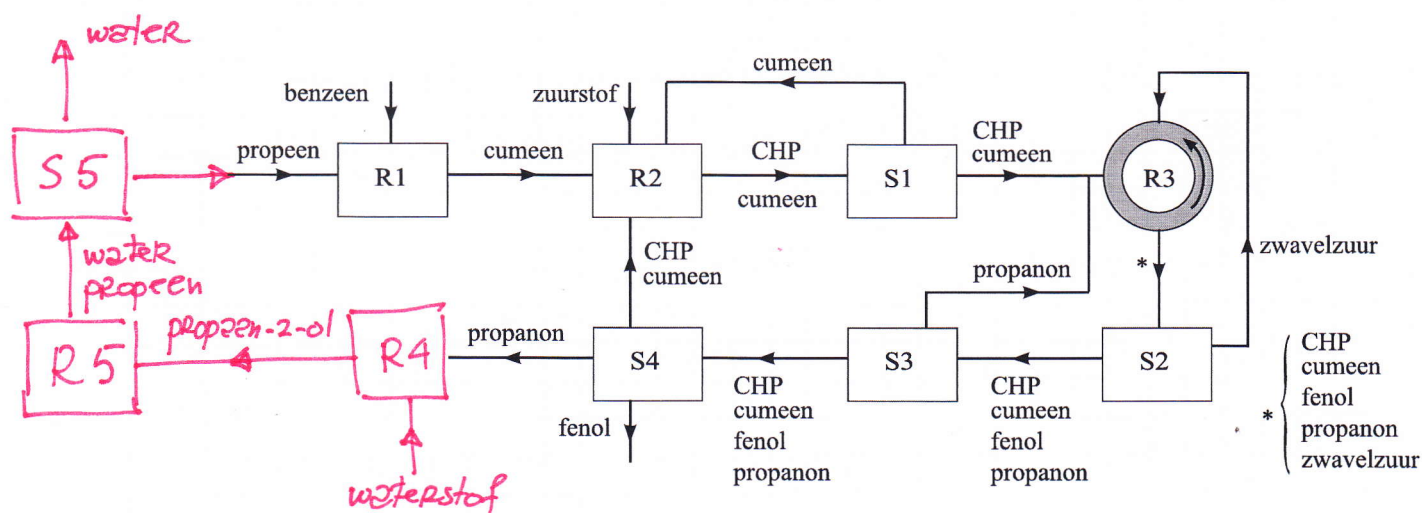
Die energie is geleverd door omzetting van  $\frac{7,3 \cdot 2,4}{252 \cdot 10^3} \approx 7,0 \cdot 10^{-5}$  mol CHP  
 gegeven: 1 mol CHP = 152 g }  $\rightarrow$

$\rightarrow$  per g vloeistof is dus  $7,0 \cdot 10^{-5} \cdot 152 = 1,06 \cdot 10^{-2}$  g CHP aanwezig  
 Dat is een mass% van  $\frac{1,06 \cdot 10^{-2}}{1} \cdot 100\% = 1,1\%$

Dat is minder dan 2 mass%  $\rightarrow$  geen explosiegevaar

- (20) Volgens het blokschema zal in scheidingsruimte S2 zwavelzuur worden afgescheiden. Gegeven is dat zwavelzuur het hoogste kookpunt heeft van de aanwezige stoffen. Zwavelzuur zal dus bij de destillatie als vloeistof achterblijven.  
 In S2 moet de temperatuur dezelfde hoger zijn dan  $182^\circ\text{C}$  om propenon, cumeen, CHP en fenol in gasvorm naar S3 te brengen en lager dan  $330^\circ\text{C}$  om zwavelzuur vloeibaar te houden.

(21)





FOTONENBOER

- (22) De lading van V in  $VO^{2+}$  is  $V^{4+}$ , lading V in  $VO_2^+$  is  $V^{5+}$ .  
De linker halfcel is de  $\oplus$  pool, dus de halfreactie zal  $e^-$  afstaan.  
De halfreactie gaat dus van  $VO^{2+}$  naar  $VO_2^+$ :



Rechter halfcel is  $\ominus$  pool, dus de halfreactie neemt  $e^-$  op:



- (23) De oplossingen in de twee halfcellen moeten ten opzichte van elkaar neutraal blijven. In de linker halfcel ontstaan  $H^+$ -ionen. Die zullen tijdens het opladen via het membraan van de linker- naar de rechter opslagtank gaan.

- (24) Gegeven:  
 $\left. \begin{array}{l} \text{opslagcapaciteit is } 100 \text{ kWh} \\ 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{opslagcapaciteit is } 3,6 \cdot 10^8 \text{ J} \\ \text{totale rendement is } 67\% \end{array} \rightarrow$

$$\rightarrow \text{nodig aan "chemische energie"} \frac{100}{67} \cdot 3,6 \cdot 10^8 \text{ J} = 5,4 \cdot 10^8 \text{ J}$$

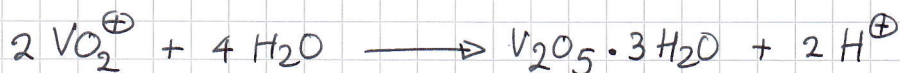
gegeven:  $1 \text{ mol } e^- \equiv 1,35 \cdot 10^5 \text{ J} \rightarrow$

$$\rightarrow \text{nodig aan Vanadium-ionen } \frac{5,4 \cdot 10^8}{1,35 \cdot 10^5} = 4 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$[Vanadium\ ionen] = 1,7 \text{ mol/l} \rightarrow$

$$\rightarrow \text{nodig aan oplossingen } \frac{4 \cdot 10^3}{1,7} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ liter} = 2,4 \text{ m}^3 \text{ per opslagtank.}$$

- (25) De stof die met  $VO_2^+$  "reageert" moet wel  $H_2O$  zijn.  
Om de (lading van de) reactie in orde te brengen zal  $H^+$  worden gevormd:



- (26) Bij een hogere concentratie Vanadium-ionen kunnen per volume-eenheid meer elektronen worden afgestan/opgenomen en zal er dus sprake zijn van meer (elektrische) energie per volume-eenheid.

(27)

Aanpassing VRFB	veroorzaakt een toename van de	
	opslag-capaciteit (J)	stroomsterkte (C s <sup>-1</sup> )
de concentratie vanadiumionen verhogen	X	X
meerdere elektrochemische cellen aansluiten op dezelfde tanks		X
de tanks vergroten		
membranen gebruiken die de ionenstroom beter doorlaten		X
poreuze elektrodes gebruiken voor een groter contactoppervlak		X