

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

## De PEF-fles

### 1 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

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.)

- notie dat in moleculen glucose zes C atomen aanwezig zijn 1
- notie dat in moleculen HMF en van alle andere stoffen in het schema ook zes C atomen aanwezig zijn (en conclusie dat geen C atomen worden afgesplitst) 1

### 2 maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

$$\text{Ethanol uit glucose: } \frac{2 \times 46,1}{180} \times 10^2 = 51,2(\%)$$

$$\text{HMF uit glucose: } \frac{126}{180} \times 10^2 = 70,0(\%)$$

- gebruik van de juiste molaire massa's van HMF en glucose 1
- berekening van de atoomeconomie van de vergisting: de molaire massa van ethanol vermenigvuldigen met 2 en delen door de molaire massa van glucose en vermenigvuldigen met 10<sup>2</sup>(%) 1
- berekening van de atoomeconomie van de vorming van HMF: de molaire massa van HMF delen door de molaire massa van glucose en vermenigvuldigen met 10<sup>2</sup>(%) 1

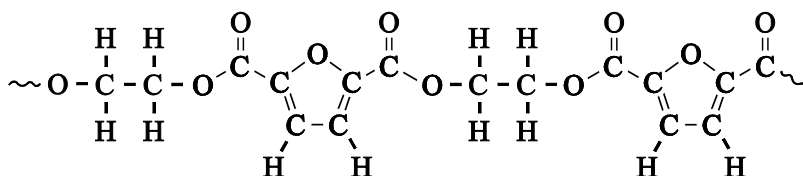
#### Opmerkingen

- *Fouten in de significantie hier niet aanrekenen.*
- *Wanneer de omrekeningen naar percentages zijn weggelaten, dit niet aanrekenen.*

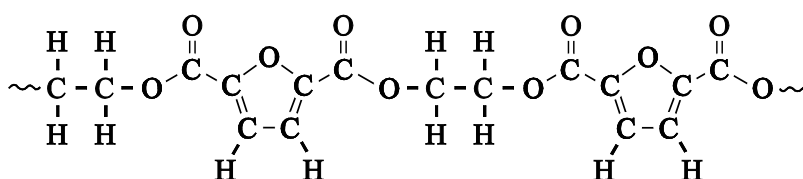
Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**3 maximumscore 3**

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



of



- de monomeereenheden van ethaan-1,2-diol en FDCA juist en juiste afwisseling van twee monomeereenheden van FDCA en twee monomeereenheden van ethaan-1,2-diol
- juiste weergave van de esterbindingen
- begin en einde van het fragment weergegeven met  $\sim \text{O}$  of met  $-\text{O}$  of met  $\cdot \text{O}$

1

1

respectievelijk met  $\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} \sim$  of met  $\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} \cdot$  of met  $\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} -$

1

of

- de monomeereenheden van ethaan-1,2-diol en FDCA juist en juiste afwisseling van twee monomeereenheden van FDCA en twee monomeereenheden van ethaan-1,2-diol
- juiste weergave van de esterbindingen
- begin en einde van het fragment weergegeven met  $\sim \text{CH}_2$  of  $-\text{CH}_2$  of  $\cdot \text{CH}_2$  respectievelijk met  $\text{O} \sim$  of  $\text{O} -$  of  $\text{O} \cdot$

1

1

1

*Opmerking*

*Wanneer geheel of gedeeltelijk gebruik is gemaakt van juiste schematische structuurformules, dit niet aanrekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

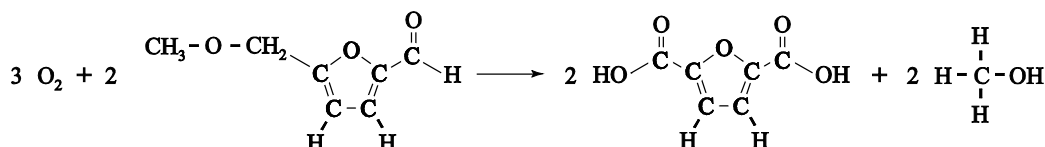
4 **maximumscore 1**  
nummer 3

*Opmerking*

Wanneer als antwoord 'nummer 1' is genoemd, dit goed rekenen.

5 **maximumscore 3**

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

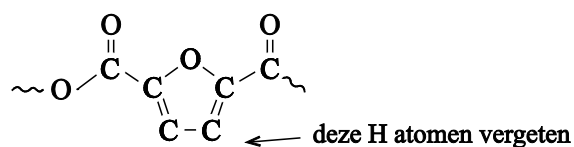


- voor de pijl uitsluitend O<sub>2</sub> en de structuurformule van MMF 1
- na de pijl uitsluitend de structuurformules van FDCA en methanol 1
- bij juiste formules voor en na de pijl juiste coëfficiënten 1

Indien de volgende vergelijking is gegeven: 1  
 $3 \text{ O}_2 + 2 \text{ C}_7\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 2 \text{ C}_6\text{H}_4\text{O}_5 + 2 \text{ CH}_4\text{O}$

*Opmerkingen*

- Wanneer geheel of gedeeltelijk gebruik is gemaakt van juiste schematische structuurformules, dit niet aanrekenen.
- Wanneer O<sub>2</sub> is weergegeven met een structuurformule of een onjuiste structuurformule, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in vraag 3 onderstaande fout is gemaakt in de structuurformule van de monomeereenheid van FDCA



en in vraag 5 dezelfde fout is gemaakt in de structuurformules van MMF en/of FDCA, dit hier niet aanrekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**6 maximumscore 2**

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd, per uitgangspunt enkele voorbeeldantwoorden:

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:  
1+2:  $C_6H_6O_3 + 1\frac{1}{2} O_2 \rightarrow C_6H_4O_5 + H_2O$   
1+3:  $C_6H_6O_3 + CH_4O + 3 O_2 \rightarrow C_6H_4O_5 + 3 H_2O + CO_2$ .

- een juist argument op basis van uitgangspunt 1 1
- een juist argument op basis van uitgangspunt 2 1

*Opmerking*

*Wanneer als argument op basis van uitgangspunt 1 is geantwoord dat bij reacties 1+3 meer water (als afval) vrijkomt, dit als argument goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**7 maximumscore 2**

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Bij de vorming van biomassa is kort geleden (tijdens de fotosynthese) CO<sub>2</sub> vastgelegd. Als PEF wordt verbrand, komt deze CO<sub>2</sub> weer vrij (waardoor de verbranding van PEF geen bijdrage levert aan het versterkte broeikas effect). PET is geheel geproduceerd op basis van aardolie. Als PET wordt verbrand, komt CO<sub>2</sub> vrij die lang geleden is vastgelegd.

- notie dat bij de verbranding van PEF CO<sub>2</sub> vrijkomt die kort geleden is vastgelegd 1
- notie dat bij verbranding van PET CO<sub>2</sub> vrijkomt die lang geleden is vastgelegd 1

*Opmerking*

*Wanneer het volgende antwoord is gegeven: ‘De CO<sub>2</sub>-uitstoot van PEF is (uiteindelijk) afkomstig uit de korte koolstofkringloop en de CO<sub>2</sub>-uitstoot van PET niet’, dit goed rekenen.*

**8 maximumscore 3**

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$4,4 - \left( \frac{10^6}{192} \times 10 \times \frac{44,0}{10^6} \right) = 2,1 \text{ (ton)}$$

- berekening van het aantal mol PET-eenheden per ton PET: 10<sup>6</sup> (g ton<sup>-1</sup>) delen door de molaire massa van de repeterende eenheid van PET 1
- berekening van het aantal ton CO<sub>2</sub> dat vrijkomt bij de verbranding van 1 ton PET: het aantal mol PET-eenheden vermenigvuldigen met 10 en met de molaire massa van CO<sub>2</sub> en delen door 10<sup>6</sup> (ton g<sup>-1</sup>) 1
- berekening van het aantal ton CO<sub>2</sub> dat bij het productieproces en het transport van 1 ton PET vrijkomt: 4,4 (ton) verminderen met het aantal ton CO<sub>2</sub> dat per ton PET bij de verbranding vrijkomt 1