

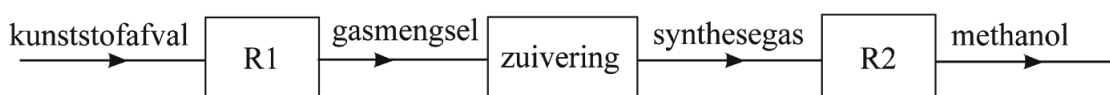
Van kunststofafval tot grondstof

In Europa werd in 2016 van al het ingezamelde kunststofafval ongeveer 30% gerecycled. De rest van het kunststofafval belandde op de vuilnisbelt of werd verbrand. Sommige kunststoffen, zoals thermoharders, zijn moeilijk te recyclen.

- 2p 9 Geef aan op macroniveau en op microniveau, waarom een thermoharder moeilijk te recyclen is.
Noteer je antwoord als volgt:
macroniveau: ...
microniveau: ...

In de haven van Rotterdam wordt een fabriek gebouwd die niet-recyclebaar kunststofafval gaat omzetten tot waardevolle chemicaliën. Een voorbeeld is de vorming van de grondstof methanol. In figuur 1 is een onvolledig blokschema van dit proces weergegeven.

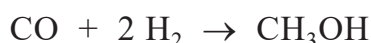
figuur 1



In reactor 1 (R1) wordt kunststofafval omgezet tot een gasmengsel. Voor deze omzetting is energie nodig. Op de uitwerkbijlage is een onvolledig energiediagram weergegeven van deze reactie.

- 3p 10 Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram van deze reactie af. Geef de volgende onderdelen weer, met bijbehorende bijschriften:
- het energieniveau van de reactieproducten;
 - het energieniveau van de geactiveerde toestand;
 - de reactiewarmte.

Het in R1 ontstane gasmengsel wordt vervolgens gezuiverd tot synthesegas: een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof. In reactor 2 (R2) wordt uit dit synthesegas methanol gevormd volgens onderstaande vergelijking.

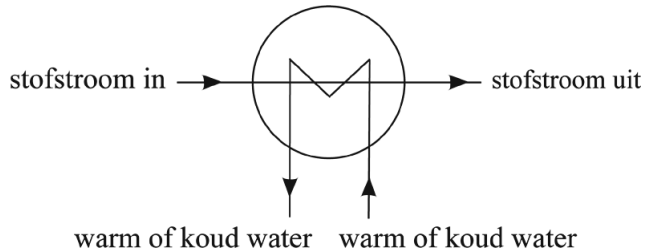


Bij deze reactie komt warmte vrij.

- 2p 11 Bereken de reactiewarmte van deze reactie in J per mol methanol ($T = 298\text{K}$ en $p = p_0$). Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.

In een chemische fabriek zal de vrijgekomen reactiewarmte zo veel mogelijk elders in het proces weer gebruikt worden. Hierbij worden warmtewisselaars ingezet. In deze opgave wordt een warmtewisselaar weergegeven zoals in figuur 2.

figuur 2



Op de uitwerkbijlage is het blokschema uit figuur 1 weergegeven en uitgebreid met één warmtewisselaar. In dit blokschema ontbreekt een tweede warmtewisselaar.

- 2p **12** Voer in het blokschema op de uitwerkbijlage de volgende opdrachten uit:
- Teken de tweede warmtewisselaar.
 - Geef bij elke warmtewisselaar met een pijl de richting aan van de waterinvoer en de wateruitvoer.
 - Geef bij elke warmtewisselaar aan welke stroom koud water bevat en welke stroom warm water bevat.
 - Houd rekening met hergebruik van energie.

De Rotterdamse fabriek kan $3,6 \cdot 10^5$ ton kunststofafval verwerken tot $2,13 \cdot 10^5$ ton methanol ($1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$). Deze opbrengst is lager dan volgens de theorie te verwachten is.

- 3p **13** Bereken het rendement van de omzetting van kunststofafval tot methanol. Neem aan dat kunststofafval 60 massaprocent koolstof bevat.

Methanol is een belangrijke grondstof voor de productie van alkenen, die gebruikt kunnen worden voor de productie van bijvoorbeeld kunststoffen.

- 2p **14** Geef één argument waaruit blijkt dat kunststof die is gemaakt met behulp van methanol uit de Rotterdamse fabriek past bij het cradle-to-cradle-principe. Licht je antwoord toe.