

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
 $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

De synthese van polycarbonaat

Polycarbonaat is een kunststof die sterk en krasvast is en daarom wordt toegepast in veiligheidsglas, veiligheidsbrillen en auto-onderdelen.

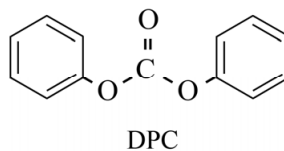
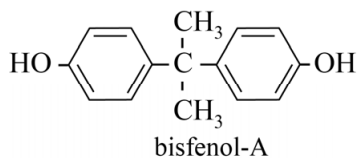
In dit polymeer zijn zogeheten carbonaatgroepen $\sim \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} \sim$ aanwezig, waarvan de naam polycarbonaat is afgeleid.

De synthese van polycarbonaat verloopt in een aantal stappen. Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor deze synthese weergegeven.

De vorming van polycarbonaat is de laatste stap in het productieproces.

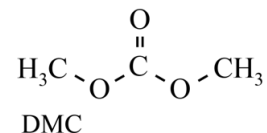
In reactor 4 (R4) reageren de monomeren bisfenol-A en difenylcarbonaat (DPC) volledig met elkaar. In R4 ontstaan uitsluitend polycarbonaat en fenol (benzenol). Deze stoffen verlaten R4 als twee aparte stofstromen.

De structuurformules van bisfenol-A en DPC zijn hieronder weergegeven.



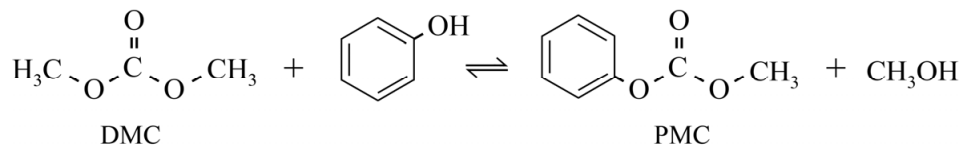
- 3p 1 Geef een gedeelte van een molecuul polycarbonaat in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet zijn ontstaan uit twee moleculen bisfenol-A en twee moleculen DPC.

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



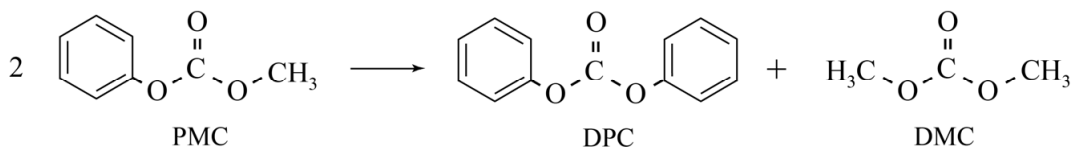
- 3p 2 Geef met behulp van deze gegevens en het blokschema de reactievergelijking voor de synthese van DMC in R1. Gebruik molecuulformules.
- 3p 3 Bereken de reactiewarmte van de reactie in R1 per mol DMC en geef aan of R1 moet worden verwarmd of gekoeld tijdens het proces. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- het gevormde water komt vrij als gas;
 - de vormingswarmte van DMC bedraagt $-3,24 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

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 $\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5$ groep. Hierdoor wordt in het gehele proces een kleine hoeveelheid fenol verbruikt.

- 5p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen.
 - Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.

De moleculen van het polycarbonaat zijn zodanig lang dat de massa van de $-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5$ groepen aan de uiteindes mag worden verwaarloosd. De formule van polycarbonaat kan daarom worden weergegeven met $(\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3)_n$.

- 3p **5** Bereken de atomeconomie van de productie van polycarbonaat uit koolstofmonoïxide, zuurstof en bisfenol-A. De molaire massa van bisfenol-A bedraagt 228 g mol^{-1} .

Bij de industriële productie, die als een continu proces wordt uitgevoerd, wordt polycarbonaat in de vorm van korrels geproduceerd. Voorwerpen van polycarbonaat worden in andere fabrieken uit polycarbonaatkorrels geproduceerd volgens een batchproces.

- 2p **6** Leg uit of polycarbonaat tot de thermoplasten of tot de thermoharders behoort.