

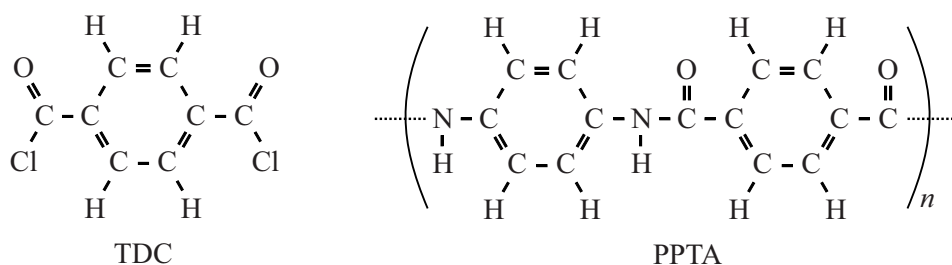
**Twaron®**

Twaron is een zeer hoogwaardige kunstvezel. Het is supersterk, slijtvast en bovendien bestand tegen relatief hoge temperaturen. Deze ‘supervezel’ kent dan ook vele toepassingen, bijvoorbeeld in touwen en (hij)s-kabels, in kogelvrije vesten en in composieten.

Twaron wordt geproduceerd door het Nederlandse bedrijf Teijin Aramid. De productie bestaat uit twee continu processen:

- 1 Het polymerisatieproces waarbij uit de monomeren PPD en TDC het copolymeer PPTA wordt gevormd.
- 2 Het spinnen van de Twaron-vezels uit PPTA.

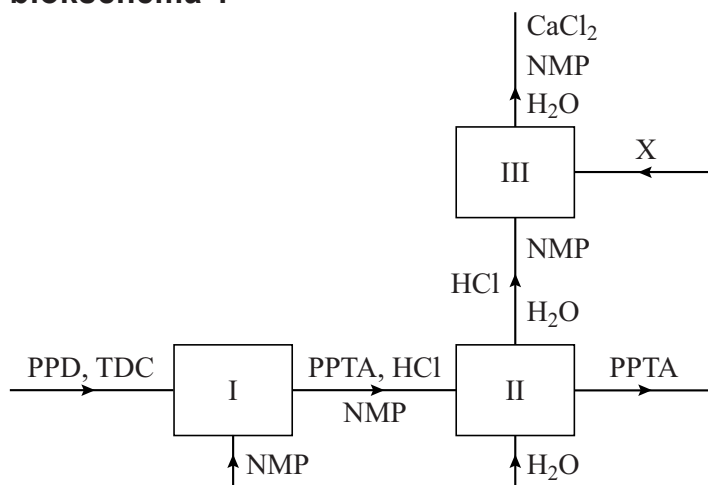
De structuurformules van TDC en PPTA zijn hieronder weergegeven:



**Het polymerisatieproces tot PPTA**

Hieronder is het polymerisatieproces vereenvoudigd weergegeven. In ruimte I worden de monomeren PPD en TDC, via condensatiepolymerisatie, omgezet tot het copolymeer PPTA. Deze reactie vindt plaats in het watervrije oplosmiddel NMP.

**blokschema 1**



Uit de structuurformules van TDC en van PPTA en uit blokschema 1 kan de structuurformule van PPD worden afgeleid.

- 2p 31 Geef de structuurformule van het monomeer PPD.

In ruimte II wordt de gevormde vaste stof PPTA gewassen en gescheiden van de vloeistofstroom. De vloeistofstroom die ruimte II verlaat, bevat zoutzuur. Deze vloeistofstroom wordt op pH 7 gebracht door de toevoer van stof X in ruimte III. Hierdoor treedt in ruimte III een zuur-basereactie op. Stof X is een calciumzout. Het oplosmiddel NMP reageert niet.

- 2p 32 Geef de naam van een calciumzout dat als stof X kan worden gebruikt.

Bij Teijin Aramid wordt per jaar  $2,2 \cdot 10^4$  ton PPTA geproduceerd.

- 3p 33 Bereken hoeveel ton TDC minstens nodig is voor de productie van  $2,2 \cdot 10^4$  ton PPTA ( $1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ).

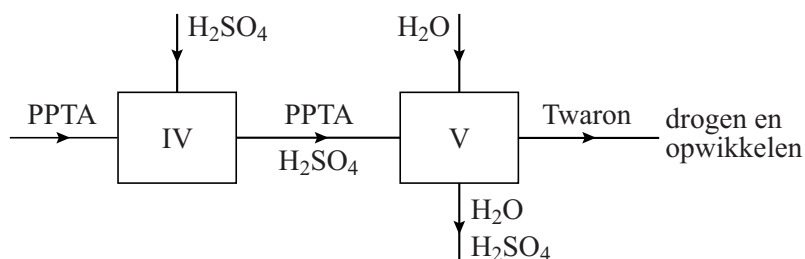
Maak bij de berekening gebruik van de volgende gegevens:

- de gemiddelde molaire massa van PPTA is  $1,7 \cdot 10^4 \text{ g mol}^{-1}$ ;
- de molaire massa van TDC is  $203,0 \text{ g mol}^{-1}$ ;
- een molecuul PPTA bestaat gemiddeld uit  $70 [\text{NH-C}_6\text{H}_4\text{-NH-CO-C}_6\text{H}_4\text{-CO}]$  eenheden.

### Het spinnen van de Twaron-vezels uit PPTA

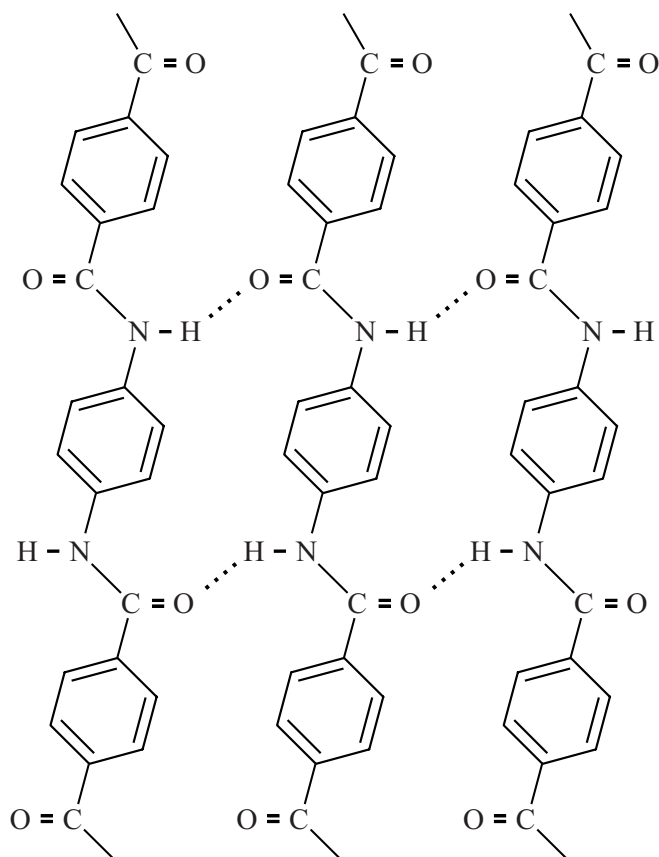
In blokschema 2 is het spinproces vereenvoudigd weergegeven.

#### blokschema 2



In ruimte IV wordt PPTA opgelost in zuiver zwavelzuur. In ruimte V wordt de oplossing van PPTA in zwavelzuur geëxtrudeerd tot Twaron-vezels.

Gedurende het extrusieproces oriënteren de PPTA moleculen zich evenwijdig aan elkaar, in de richting van de vloeistofstroom. Daardoor vormen de C=O en N-H groepen in de PPTA moleculen onderling sterke waterstofbruggen.



Met name deze bindingen geven Twaron zijn bijzondere mechanische eigenschappen. Behalve de waterstofbruggen zijn er nog twee andere bindingstypen aanwezig in Twaron.

2p **34** Noem deze twee bindingstypen.

Twaron heeft geen smeltpunt of smeltraject maar het ontleedt bij 450 °C. Op grond van deze eigenschap zou Twaron niet tot de thermoplasten kunnen worden gerekend.

Toch zijn in deze opgave ook gegevens en/of eigenschappen genoemd op grond waarvan Twaron wél tot de thermoplasten wordt gerekend.

2p **35** Noem twee van die gegevens of eigenschappen.