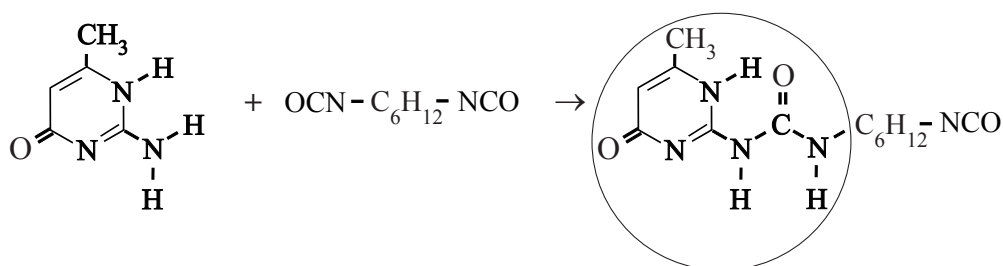


Zelfherstellende verf

Onderzoekers aan de TU Eindhoven ontwikkelden een nieuw type polymeer met bijzondere eigenschappen: het supramoleculaire polymeer. Dit polymeer kan worden toegepast in verf. Wanneer een verflaag die deze polymersoort bevat, beschadigd is, kan dat eenvoudig worden hersteld door de verflaag te verwarmen.

De synthese van dit supramoleculaire polymeer verloopt in twee stappen. In de eerste stap (reactie 1) reageert methylisocytosine met 1,6-hexaandi-isocyanaat waarvan de schematische structuurformule $\text{OCN}-\text{C}_6\text{H}_{12}-\text{NCO}$ is. Deze reactie is hieronder weergegeven.

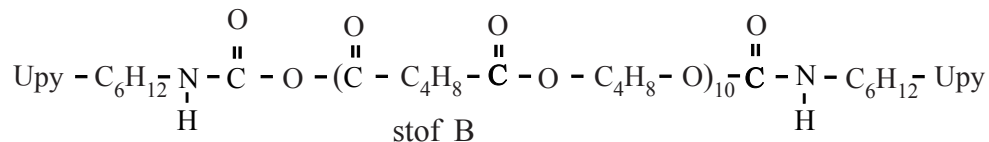
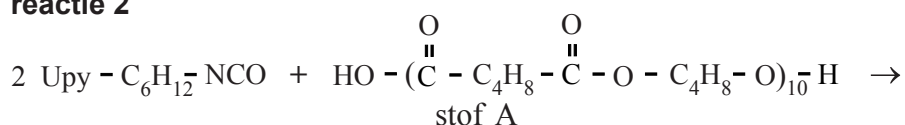
reactie 1



- 2p **1** Geef de volledige structuurformule van 1,6-hexaandi-isocyanaat.
 2p **2** Geef de naam van het type reactie dat optreedt tussen methylisocytosine en 1,6-hexaandi-isocyanaat. Licht je antwoord toe aan de hand van kenmerkende structurelementen.

De omcirkelde groep in het reactieproduct van reactie 1 wordt de 2-ureido-4[1H]-pyrimidoongroep genoemd. In het vervolg van deze opgave wordt hij weergegeven met U_{py}. Het product van reactie 1 reageert in de tweede reactiestap (reactie 2) met stof A. Stof A wordt van tevoren gevormd in een reactie van twee stoffen.

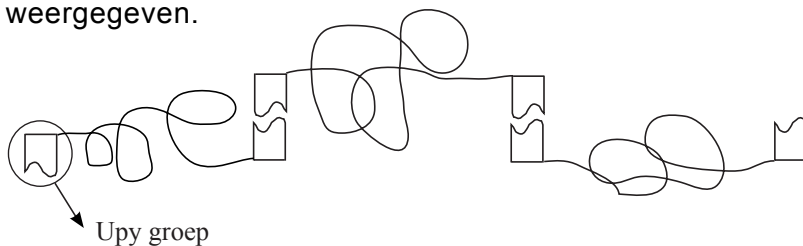
reactie 2



- 4p **3** Geef de reactievergelijking van de vorming van stof A. Gebruik voor de koolstofverbindingen structuurformules en tevens de notatie C_4H_8 .

Het supramoleculaire polymeer ontstaat doordat moleculen van stof B zich via de U_{py} groepen aan elkaar binden.

Hieronder is een gedeelte van het supramoleculaire polymeer schematisch weergegeven.



Aan elk uiteinde van een molecuul van stof B bevindt zich een Ury groep. De Ury groepen van twee verschillende moleculen van stof B zijn met elkaar verbonden via vier waterstofbruggen. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is een Ury groep in structuurformule weergegeven.

- 3p **4** Teken op de uitwerkbijlage een tweede Ury groep en geef met vier stippelijntjes aan hoe beide Ury groepen door middel van waterstofbruggen aan elkaar zijn gebonden. Houd er rekening mee dat met de O atomen van C=O bindingen ook waterstofbruggen kunnen worden gevormd.

Door het aantal repeterende eenheden, het gedeelte $\text{C}(=\text{O})-\text{C}_4\text{H}_8-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{C}_4\text{H}_8-\text{O}$, in moleculen van stof B relatief laag te houden, krijgt het supramoleculaire polymeer bijzondere eigenschappen. Eén van die eigenschappen is dat krassen in verf waarin dit polymeer is verwerkt, gemakkelijk kunnen worden verholpen. De beschadigde verflaag wordt met een föhn verwarmd tot ongeveer 140 °C. Bij 140 °C worden de H-bruggen tussen de Ury groepen verbroken en wordt de verf weer vloeibaar. Bij afkoelen tot kamertemperatuur wordt het oppervlak weer glad. Dit wordt het 'zelfherstellend vermogen' van de verf genoemd.

- 2p **5** Leg met behulp van begrippen op microniveau uit waarom het zelfherstellend vermogen wel optreedt als het aantal repeterende eenheden in de moleculen van stof B laag is en niet als dit aantal te hoog is.

Momenteel wordt behalve het hiervoor beschreven materiaal (materiaal 1) een andere soort zelfherstellend materiaal ontwikkeld. Dit materiaal (materiaal 2) bestaat onder andere uit een polymeer waardoorheen microcapsules en een katalysator zijn gemengd. De microcapsules bevatten monomeren. De katalysator bevindt zich buiten de microcapsules. Wanneer een scheurtje in het materiaal komt, worden ook microcapsules opengebroken. Hierdoor komen de monomeren vrij en kan, onder invloed van de katalysator, een reactie optreden waarbij nieuwe polymeren worden gevormd die de scheur opvullen. Om een keuze te maken tussen beide soorten zelfherstellend materiaal, zul je, afhankelijk van de toepassing, de voor- en nadelen van elk van die materialen tegen elkaar moeten afwegen. Stel, je moet een keuze maken voor een zelfherstellende autolak en voor een zelfherstellende lak op de bladen van een windmolen.

- 3p **6** Maak een beargumenteerde keuze uit materiaal 1 en materiaal 2 voor elk van de hiervoor genoemde toepassingen. Gebruik bij je argumentatie twee aspecten die je ontleent aan deze opgave.

4

