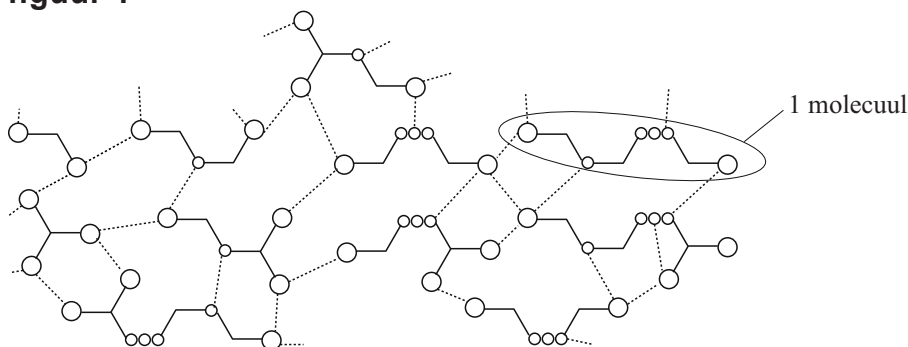


## Zelfherstellend rubber

Een groep onderzoekers heeft een elastisch materiaal ontwikkeld met zelfherstellende eigenschappen. Als een elastiekje van dit materiaal wordt doorgesneden, hechten de twee delen bij samendrukken weer aan elkaar. Na afloop is het elastiekje weer net zo sterk en elastisch.

Het materiaal bestaat uit allerlei verschillende moleculen, die elk zijn opgebouwd uit een aantal dezelfde basiseenheden. In figuur 1 is de microstructuur van dit materiaal schematisch weergegeven.

figuur 1

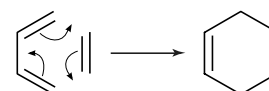


De stippellijnen geven waterstofbruggen weer tussen de verschillende moleculen. Door de vele waterstofbruggen vormen de moleculen een stevige netwerkstructuur, waardoor het materiaal elastische eigenschappen krijgt.

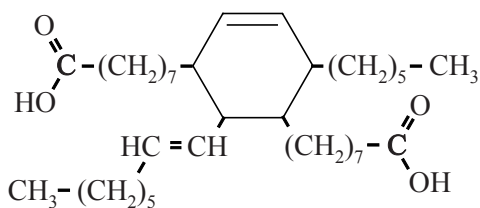
De vorming van het materiaal kan in drie stappen worden weergegeven.

Stap 1: door een additiereactie van twee moleculen van een meervoudig onverzadigd vetzuur wordt een dizuur gevormd.

Het mechanisme van deze additiereactie is hiernaast vereenvoudigd weergegeven.

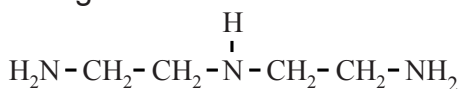


De structuurformule van het dizuur dat volgens deze additiereactie is gevormd, is hieronder weergegeven.



- 3p 10 Geef de structuurformule van het vetzuur dat als grondstof voor het dizuur is gebruikt. Je hoeft bij de beantwoording geen rekening te houden met eventuele stereo-isomerie.

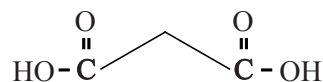
Stap 2: men laat het dizuur reageren met diëthyleentriamine (DET) om aan het gevormde dizuur waterstofbrugvormende groepen aan te brengen. De structuurformule van DET is hieronder weergegeven.



Afhankelijk van de gekozen molverhouding tussen het dizuur en DET worden verschillende producten gevormd.

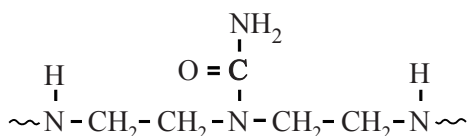
- 3p 11 Geef de vergelijking van de reactie wanneer twee moleculen DET reageren met één molecuul van het dizuur.

Gebruik structuurformules en geef het dizuur schematisch weer zoals hiernaast.



Stap 3: om nog meer waterstofbrugvormende groepen aan te brengen laat men de in stap 2 gevormde producten reageren met ureum.

Atoomgroepen van de eenheden DET vormen atoombindingen met ureum-moleculen, waarbij onder andere atoomgroepen worden gevormd zoals hieronder is weergegeven.



In deze reactie wordt nog een andere stof gevormd.

- 1p 12 Geef de naam van de andere stof die wordt gevormd als ureum met een eenheid DET reageert. Gebruik Binas-tabel 67J.

Als een stukje van dit materiaal wordt doorgesneden, worden de waterstofbruggen tussen de moleculen aan weerszijden van de snede verbroken. Door de beide zijden tegen elkaar te drukken, komen de waterstofbrugvormende groepen weer met elkaar in contact en worden weer waterstofbruggen gevormd. De mate waarin het materiaal eenvoudig hersteld kan worden, hangt onder andere sterk af van de temperatuur. Bij 23 °C kan nog volledig herstel worden verkregen tot een week na de breuk, bij 40 °C tot 48 uur en bij 90 °C tot 15 minuten.

- 2p 13 Geef een verklaring op microniveau waarom de tijd waarin het rubber nog hersteld kan worden, afneemt bij hogere temperatuur.

De toepassing van dit materiaal is beperkt tot droge omstandigheden. Als het materiaal onder vochtige omstandigheden beschadigd raakt, is het niet meer mogelijk een breuk te herstellen.

- 2p 14 Leg uit op microniveau waarom het zelfherstellend vermogen verdwijnt bij vochtige omstandigheden.