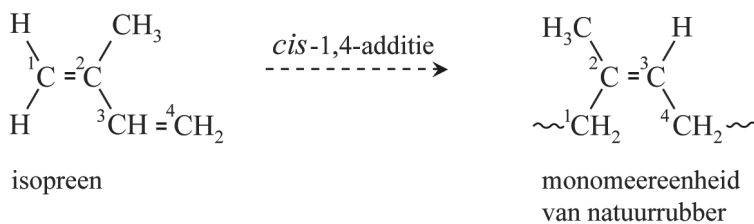


## Autobanden

Het rubber van een autoband bestaat uit een mengsel van verschillende polymeren, waaronder natuurrubber. Natuurrubber kan worden opgevat als een polymeer van isopreen (2-methylbuta-1,3-dieen). De vorming van natuurrubber uit isopreen is in figuur 1 schematisch weergegeven. De polymeerketens in natuurrubber ontstaan door *cis*-1,4-additie van isopreen. De isopreen-eenheden worden dan aan elkaar gebonden via de koolstofatomen C1 en C4 van isopreen. De koolstofatomen C1 en C4 rondom de dubbele bindingen in natuurrubber staan uitsluitend in de *cis*-configuratie.

figuur 1

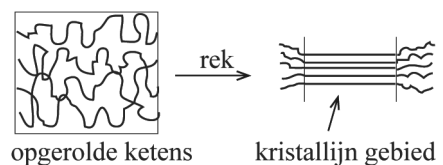


In autobanden wordt ook synthetisch poly-isopreen verwerkt. Bij de productie van synthetisch poly-isopreen worden polymeerketens gevormd waarbij de monomeer-eenheden op vier verschillende manieren in de keten zijn opgenomen. Behalve de *cis*-1,4-additie verlopen er namelijk ook andere additiereacties.

- 3p 9 Teken de structuurformules van de drie andere monomeereenheden die voorkomen in synthetisch poly-isopreen. Neem aan dat er geen crosslinks worden gevormd.

In figuur 2 is weergegeven dat de polymeerketens in natuurrubber in opgerolde vorm voorkomen. Ook is weergegeven dat wanneer natuurrubber wordt opgerekt, de ketens zich gedeeltelijk strekken. Hierdoor worden zogeheten kristallijne gebieden gevormd. Bij synthetisch poly-isopreen is het aandeel kristallijne gebieden dat bij het oprekken wordt gevormd kleiner.

figuur 2



- 2p 10 Voer de volgende opdrachten uit:
- Verklaar dat kristallijne gebieden zich kunnen vormen bij het oprekken van natuurrubber.
  - Verklaar dat bij synthetisch poly-isopreen het aandeel kristallijne gebieden bij het oprekken kleiner is.

Doordat de kristallijne gebieden ontstaan in het rubber, zijn de delen van de autoband waarin natuurrubber is verwerkt beter bestand tegen vervorming. Dit kan worden verklaard met behulp van de interacties tussen de polymeerketens. In de ongeordende gebieden en in de kristallijne gebieden zijn de sterktes van deze interacties verschillend.

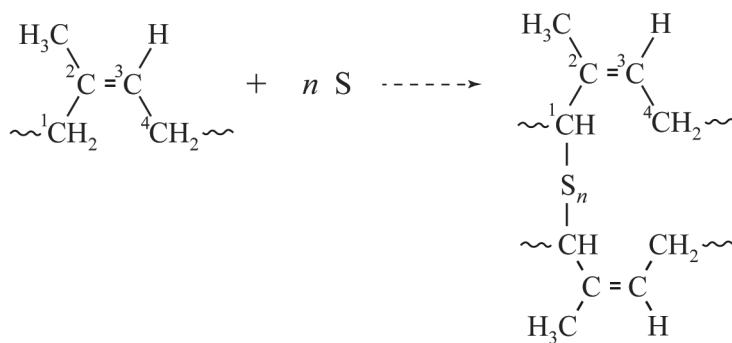
- 2p 11 Leg uit dat de aanwezigheid van kristallijne gebieden een autoband beter bestand tegen vervorming maakt. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

Behalve natuurrubber bevat een autoband ook SBR. SBR is een copolymeer van styreen (fenyletheen,  $C_8H_8$ ) en buta-1,3-dieen ( $C_4H_6$ ) in de massaverhouding 25 : 75.

- 3p 12 Bereken het aantal monomeereenheden buta-1,3-dieen per monomeereenheid styreen in SBR.

In de volgende stap van de fabricage van autobanden worden crosslinks gevormd tussen de copolymeerketens door toevoeging van zwavel. De zwavel wordt in een mal gemengd met natuurrubber en SBR. Vervolgens wordt het mengsel enige tijd op een hoge temperatuur gehouden, waarbij de crosslinks worden gevormd. Alleen onverzadigde polymeren kunnen met zwavel crosslinks vormen. De vorming van crosslinks is in figuur 3 schematisch weergegeven.

**figuur 3**



In de eerste stap van het reactiemechanisme van de vorming van crosslinks wordt een C–H-binding op C1 verbroken. Hierbij wordt een  $H\cdot$  radicaal afgesplitst zodat op C1 een ongepaard elektron overblijft. Van het in het polymeer gevormde radicaal bestaan twee grensstructuren. Beide grensstructuren zijn op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

- 2p 13 Maak op de uitwerkbijlage de beide grensstructuren van het in het polymeer gevormde radicaal compleet.