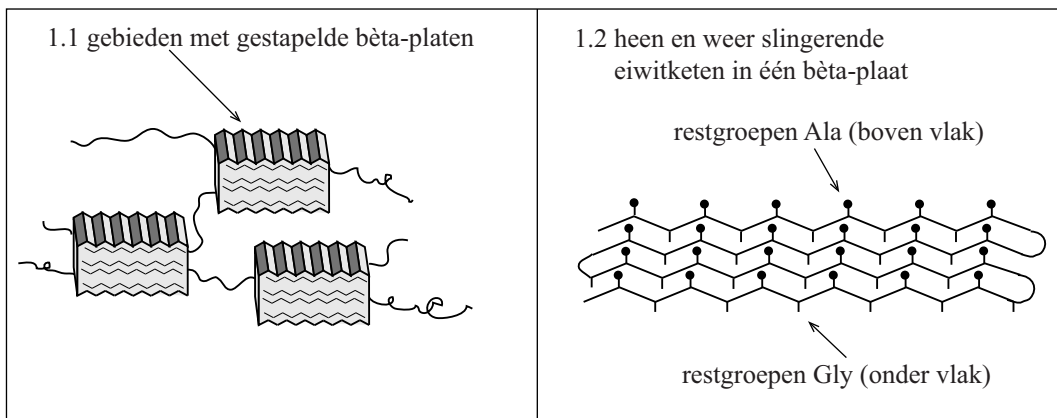


Zijderupsen spinnen een cocon van zijdevezels waarin ze verpoppen. Deze vezels worden al eeuwen gebruikt om er kleding van te produceren. In de zijdevezels zijn twee soorten eiwitten aanwezig: sericine en fibroïne. De sericine vormt de buitenste laag van de vezels. Bij de productie van zijdegaren voor kleding wordt de sericine voor een groot deel verwijderd. De fibroïne komt voor in de vorm van vezels die niet alleen zacht maar ook sterk zijn. Een aantal structuurkenmerken van fibroïne-vezels is in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



In figuur 1.1 is te zien dat in fibroïne ongeordende stukken eiwitketen worden afgewisseld met sterk geordende gebieden. In de geordende gebieden zijn telkens ongeveer tien β -platen op elkaar gestapeld. De primaire structuur van de eiwitketen in een β -plaat in fibroïne kan vereenvoudigd worden weergegeven als $\sim (\text{Gly} - \text{Ala})_n \sim$. In figuur 1.2 is schematisch met streepjes en bolletjes weergegeven dat de restgroepen van Ala zich steeds aan de ene zijde van een β -plaat bevinden, terwijl de restgroepen van Gly zich aan de andere zijde bevinden. Uit figuur 1.2 is op te maken dat de eiwitketen heen en weer slingert in een β -plaat. De C=O groepen en de N-H groepen van de aminozuureenheden in de eiwitketen liggen tegenover elkaar. Deze groepen vormen uitsluitend **in** het vlak van de β -plaat waterstofbruggen. Op de uitwerkbijlage is een fragment van een β -plaat onvolledig weergegeven. De eiwitketen in het fragment begint linksboven. Met — zijn bindingen aangegeven die omhoog wijzen en met \cdots zijn bindingen aangegeven die naar beneden wijzen. Onder het fragment is schematisch ruimtelijk weergegeven hoe de eiwitketen op en neer gaat in een β -plaat.

- 4p 9 Maak het fragment op de uitwerkbijlage compleet met de ontbrekende atomen en atoombindingen. Geef waterstofbruggen aan met stippelijntjes.

Binnen de fibroïne-vezels zijn de ongeordende stukken eiwitketen gemakkelijk te vervormen. Hiermee kunnen de elastische eigenschappen van zijde worden verklaard.

De geordende gebieden vertonen daarentegen een grote weerstand tegen vervormen. Dit kan worden verklaard door de sterke vanderwaalsbinding die tussen de β -platen heerst.

- 2p 10 Geef twee redenen op microniveau waarom tussen de β -platen een sterke vanderwaalsbinding heerst.

Uit metingen blijkt dat de β -platen in de geordende gebieden een regelmatige tussenafstand van afwisselend 0,35 nm en 0,57 nm vertonen. Dat er tussen de β -platen twee verschillende tussenafstanden bestaan, komt door de manier waarop de β -platen zijn gestapeld.

- 2p 11 Leg uit op welke manier de β -platen zijn gestapeld. Geef in je antwoord aan hoe met deze stapeling kan worden verklaard dat in de geordende gebieden twee verschillende tussenafstanden bestaan. Maak gebruik van figuur 1.

Zijde verven is erg milieubelastend, omdat veel water wordt verbruikt dat na gebruik vervuild is met resten van de kleurstoffen. Een groep Indiase onderzoekers heeft onderzocht of het mogelijk is de zijderupsen gekleurde zijde te laten produceren door hun voedsel te besprenkelen met kleurstoffen.

De gekozen kleurstoffen behoren tot de zogeheten azoverbindingen. In azoverbindingen komt het structurelement $R-N=N-R$ voor. Hierbij staat R voor een fenylgroep. Azoverbindingen kunnen zowel in een *cis*- als in een *trans*-vorm voorkomen.

- 3p 12 Geef de Lewisstructuren van de *cis*- en de *trans*-vorm van een azoverbinding en leg uit waarom van een azoverbinding zowel een *cis*- als een *trans*-vorm voorkomt. Gebruik $R-N=N-R$ als notatie voor een azoverbinding.

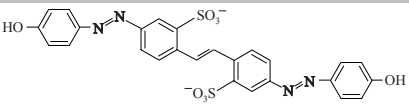
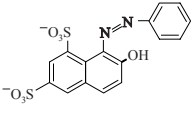
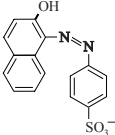
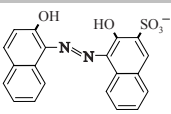
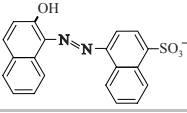
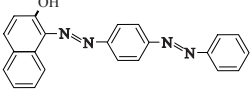
Als een rups de kleurstof heeft opgenomen, zal de kleurstof zich in het zijdespinsel verdelen over de relatief hydrofiele sericine en de hydrofobe fibroïne. Om vooraf te bepalen of een kleurstof overwegend in de sericine of in de fibroïne zal worden opgenomen, hebben de onderzoekers van een aantal kleurstoffen de verdelingscoëfficiënt bepaald in een tweelagen-systeem van water en de hydrofobe vloeistof octaan-1-ol.

Hierbij was de hypothese dat deze verdelingscoëfficiënt een relatie heeft met de mate van kleuring van beide vezelsoorten sericine en fibroïne. Deze verdelingscoëfficiënt K_v kan worden weergegeven als:

$$K_v = \frac{[\text{kleurstof}]_{\text{octaan-1-ol}}}{[\text{kleurstof}]_{\text{water}}}$$

De resultaten van de onderzoekers zijn in onderstaande tabel samengevat. In de tabel staan de structuurformules van de deeltjes zoals die in een oplossing in water voorkomen. De onderzochte kleurstoffen zijn gerangschikt op toenemende K_v .

tabel

stof	structuurformule	K_v
D1		$2 \cdot 10^{-2}$
D2		$2 \cdot 10^{-1}$
D3		2
D4		3
D5		4
D6		$> 10^2$

- 2p 13 Geef een verklaring aan de hand van de structuurformules waarom de waarde van K_v van stof D6 groter is dan die van stof D1. Je hoeft hierbij geen rekening te houden met de molecuulmassa.

Het blijkt dat de cocons gekleurd zijn als de stoffen D3, D4 en D5 aan het voedsel van de rupsen worden toegevoegd. De stoffen D1, D2 en D6 geven geheel geen kleuring.

Op basis van de tabel en informatie uit deze opgave kan worden bepaald welke van de kleurstoffen D3, D4 of D5 het meest geschikt is om op deze manier zijdevezels voor textiel te kleuren.

- 2p 14 Leg uit welke van de kleurstoffen D3, D4 of D5 het meest geschikt is om op deze manier zijdevezels voor textiel te kleuren. Maak gebruik van de tabel en eerder in deze opgave verstrekte gegevens.