

## Lignine: nuttig afval

Hout bevat vooral de biopolymeren cellulose en lignine. Bij de isolatie van cellulose voor bijvoorbeeld papier, komt een grote hoeveelheid lignine vrij. De stof lignine kent nog weinig toepassingen.

In hout komen ook andere biopolymeren voor, zoals glucomannan.

Glucomannan is een polysaccharide, opgebouwd uit ( $\beta$ )-D-glucose en D-mannose.

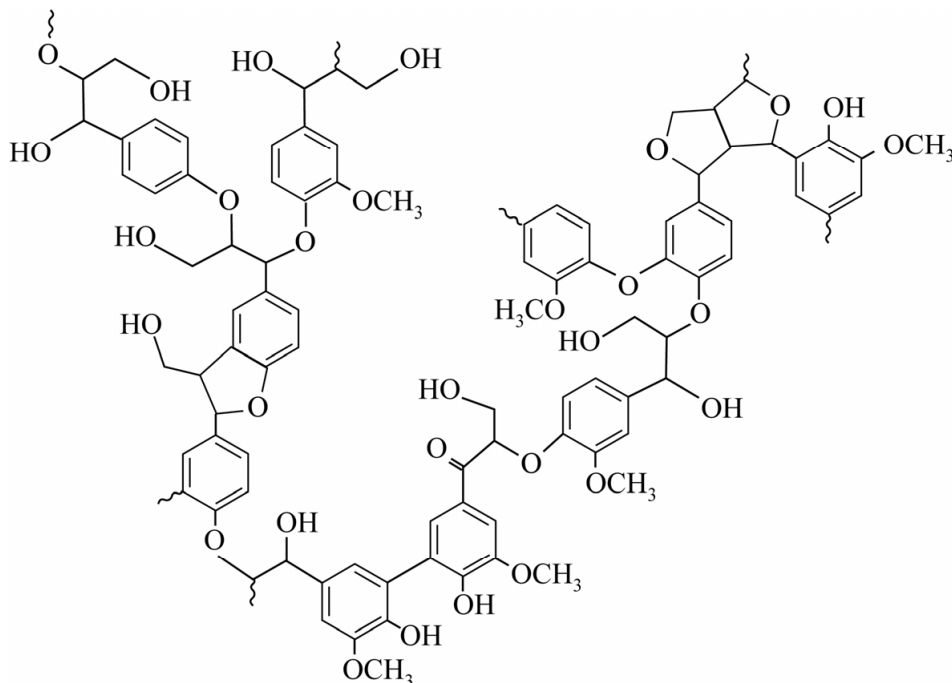
De structuur van een molecuul D-mannose is gelijk aan die van ( $\beta$ )-D-glucose, waarbij de stereochemie op C2 anders is.

De koppeling tussen beide monosachariden vindt uitsluitend plaats via de OH-groepen op C1 en C4.

- 3p 6 Teken de structuurformule van een gedeelte van een molecuul glucomannan. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet zijn ontstaan uit een molecuul D-mannose en een molecuul ( $\beta$ )-D-glucose.
- Gebruik de notatie die ook in het informatieboek wordt gehanteerd.
  - Gebruik Binas-tabel 67F1 of ScienceData-tabel 13.1d.

Cellulose is een lineair ketenpolymeer van glucose. Cellulose kan door regelmatige stapeling van de ketens kristallijne gebieden vormen. Lignine (zie figuur 1) bevindt zich tussen de ketens van cellulose in hout.

figuur 1



- 2p 7 Leg met behulp van figuur 1 uit of lignine ook kristallijne gebieden kan vormen.

Het kraft-proces is het meest gebruikte proces om cellulose te verkrijgen uit hout. Het kraft-proces omvat enkele stappen.

Eerst wordt houtpulp met water en chemicaliën verhit, zodat de lignine gedeeltelijk wordt gehydrolyseerd. Daarna wordt cellulose afgescheiden van het mengsel van lignine en chemicaliën. Ten slotte wordt de cellulose gedroogd en de chemicaliën worden deels teruggewonnen.

De benodigde warmte voor het drogen van cellulose wordt verkregen door de verbranding van de verkregen lignine. Hierbij wordt ook elektrische energie opgewekt.

Het kraft-proces voldoet aan een aantal uitgangspunten van de groene chemie.

- 2p 8 Geef twee verschillende uitgangspunten van de groene chemie, waaraan het kraft-proces voldoet.

Noteer je antwoord als volgt:

Uitgangspunt ... – toelichting: ...

Uitgangspunt ... – toelichting: ...

De lignine kan mogelijk ook worden toegepast in de elektrochemische productie van waterstof. Deze verloopt efficiënter wanneer hierbij een hulpstof zoals lignine wordt gebruikt.

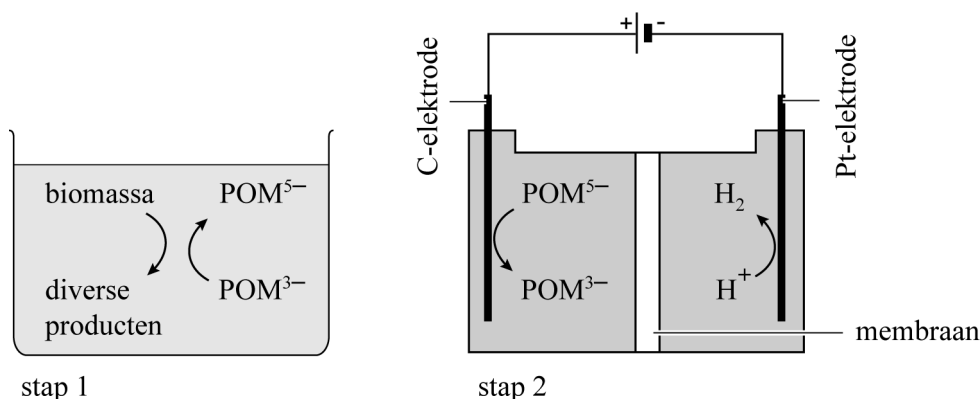
In een onderzoek naar deze toepassing van lignine hebben onderzoekers twee afzonderlijke reacties uitgevoerd:

stap 1 Biomassa wordt gemengd met een oplossing van het sterke zuur fosfomolybdeenzuur ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$  of  $\text{H}_3\text{POM}$ ).

stap 2 Elektrolyse van het mengsel dat na enige tijd is ontstaan.

De opstelling en de optredende halfreacties zijn in figuur 2 schematisch weergegeven.

figuur 2

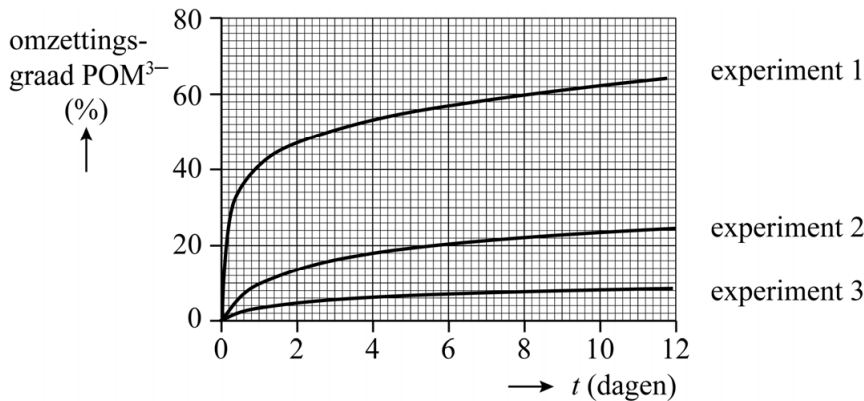


Bij elk experiment werd in stap 1 telkens 10 mL oplossing gebruikt waarin bij aanvang  $[POM^{3-}] = 0,50 \text{ M}$ .

- 2p 9 Bereken de massa fosfomolybdeenzuur die is gebruikt bij elk experiment.

De invloed van de temperatuur op de reacties in stap 1 is onderzocht. In figuur 3 zijn de resultaten weergegeven.

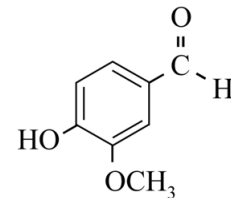
**figuur 3**



- 2p 10 Leg uit, aan de hand van het botsende-deeltjes-model, welk experiment bij de hoogste temperatuur is uitgevoerd.

In stap 1 en tijdens de elektrolyse ontstaan allerlei nuttige afbraakproducten van lignine. Met behulp van gaschromatografie is onder andere de vorming van vanilline (zie figuur 4) bewezen. Een monster van de aanwezige stoffen werd hiervoor in een polaire kolom ingespoten met decaan als referentiestof.

**figuur 4**



- 3p 11 Leg uit of vanilline bij deze kolom een kleinere of een grotere retentietijd heeft dan decaan.

In een experiment werd een maximale ladingsoverdracht van 18 mmol elektronen per gram lignine bereikt. De lignine was afkomstig van droog naaldhout met een gemiddeld ligninegehalte van 28 massa%.

- 5p 12 Bereken het volume in  $\text{m}^3$  waterstof dat op deze wijze kan worden geproduceerd met behulp van 1,0 kg droog naaldhout.  
**Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.**

#### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.