

Uit cellulose kan bio-ethanol worden geproduceerd. De omzetting van cellulose tot bio-ethanol start met de hydrolyse van cellulose tot glucose.

- 3p **24** Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van cellulose tot glucose. Gebruik de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ voor cellulose.

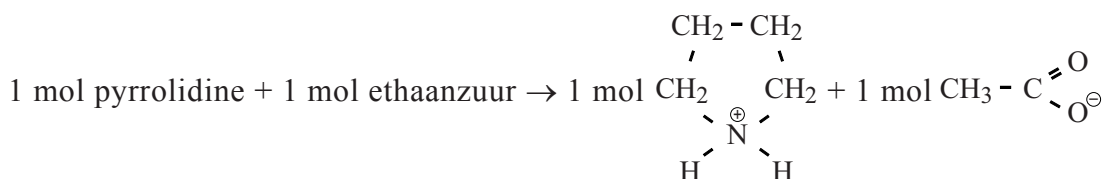
De vorming van ethanol uit glucose is hieronder weergegeven:



- 2p **25** Bereken de atomeconomie voor de vorming van ethanol volgens reactie 1. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

Om cellulose uit houtpulp (fijngemalen hout) te kunnen gebruiken voor de productie van bio-ethanol moet eerst de lignine worden verwijderd. Om lignine te verwijderen uit houtpulp, die afkomstig is van bijvoorbeeld snoeihout en houtafval, zijn grote hoeveelheden chemicaliën nodig. In recent onderzoek is een methode ontwikkeld om lignine en cellulose van elkaar te scheiden door gebruik te maken van een zogenoemde ionische vloeistof. Lignine lost op in de ionische vloeistof en cellulose niet. De gebruikte ionische vloeistof wordt gemaakt door een reactie van de base pyrrolidine met het zuur ethaanzuur (azijnzuur).

De vergelijking van deze zuur-basereactie is hieronder weergegeven:



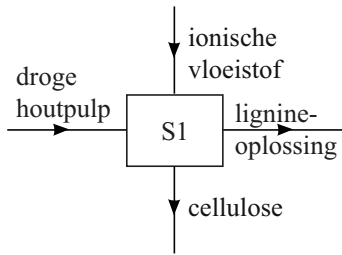
Uit deze reactie ontstaat een zout dat vloeibaar is bij kamertemperatuur. De molecuulformule van de base pyrrolidine is af te leiden uit de bovenstaande reactievergelijking.

- 2p **26** Geef de molecuulformule van de base pyrrolidine.

Om lignine uit houtpulp te verwijderen moet de houtpulp eerst worden gedroogd. Vervolgens wordt aan de droge houtpulp de ionische vloeistof toegevoegd. Het mengsel wordt flink geroerd en daarna wordt cellulose gescheiden van de lignine-oplossing.

Op de volgende bladzijde is een gedeelte van het blokschema weergegeven van het proces waarbij cellulose en lignine worden verkregen uit hout met behulp van de ionische vloeistof.

blokschema 1



In dit blokschema is ervan uitgegaan dat houtpulp alleen bestaat uit cellulose en lignine. Andere bestanddelen zijn buiten beschouwing gelaten.

- 2p 27 Noem de twee scheidingsmethoden die worden gebruikt bij de scheiding in scheidingsruimte S1.

De lignine-oplossing wordt naar een scheidingsruimte (S2) overgebracht. Door indampen wordt de vaste stof lignine verkregen en de ionische vloeistof wordt gerecirculeerd.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen is blokschema 1 ook weergegeven.

- 2p 28 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door het tekenen van:
- scheidingsruimte S2;
 - stofstromen met de bijbehorende namen.

De lignine kan worden verbrand en de verbrandingswarmte kan worden gebruikt in het hierboven beschreven proces om cellulose en lignine te verkrijgen uit hout.

- 2p 29 Noem twee bewerkingen in het proces waarvoor deze warmte kan worden gebruikt.

De verbranding van lignine kan met de volgende reactievergelijking worden weergegeven:



(In deze reactievergelijking is lignine met de formule $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$ weergegeven.)

- 3p 30 Bereken de reactiewarmte van reactie 2, in J per mol $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$, bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.
Maak hierbij gebruik van:
- De vormingswarmte van $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2 (\text{s})$: $-7,0 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$).
 - Binas-tabel 57A of ScienceData-tabel 9.2.

