

## Houtspoons

Bij scheepsongelukken kan olie lekken naar het water. Om milieuschade te voorkomen hebben onderzoekers een materiaal op basis van hout ontwikkeld, waarmee olie uit water kan worden opgenomen. De werking van dit materiaal lijkt op die van een spons. Daarom heeft het de naam 'houtspoons' gekregen. Hout bestaat uit cellulose, lignine en hemicellulose. Bij het maken van een houtspoons moet het hout als volgt worden behandeld:

- stap 1: Lignine wordt verwijderd.
- stap 2: Hemicellulose wordt verwijderd.
- stap 3: De overgebleven cellulose wordt gedroogd.
- stap 4: De gedroogde cellulose wordt hydrofoob gemaakt.

### stap 1

Voor het verwijderen van lignine wordt een oplossing van natriumchloriet gebruikt met een pH van 4,7. Deze oplossing bevat onder andere chlorietionen ( $\text{ClO}_2^-$ ). Uit deze chlorietionen wordt chloordioxide ( $\text{ClO}_2$ ) gevormd volgens reactie 1.



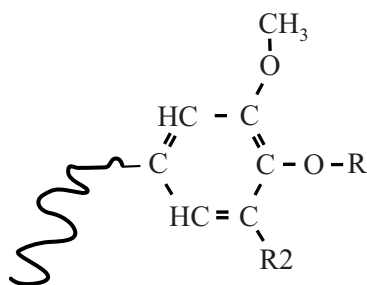
Chloordioxide ( $\text{ClO}_2$ ) reageert vervolgens met lignine. Bij deze redoxreactie wordt  $\text{ClO}_2$  omgezet tot  $\text{ClO}_2^-$  volgens onderstaande halfreactie a. Deze vergelijking is onvolledig: er ontbreekt een elektron.



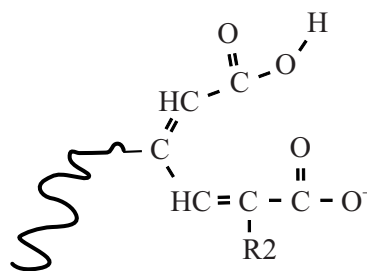
- 2p 1 Bereken de  $[\text{H}^+]$  in  $\text{mol L}^{-1}$  van een oplossing met een pH van 4,7.  
**Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.**
- 2p 2 Leg uit of  $\text{ClO}_2$  in halfreactie a reageert als oxidator of als reductor.
- $\text{ClO}_2^-$  wordt in reactie 1 omgezet en tijdens de reactie van  $\text{ClO}_2$  met lignine weer gevormd. Toch is  $\text{ClO}_2^-$  geen katalysator.
- 2p 3 Leg uit met behulp van reactie 1 en halfreactie a dat  $\text{ClO}_2^-$  geen katalysator is.

De reactie met  $\text{ClO}_2$  veroorzaakt veranderingen in de structuur van lignine. In figuur 1 is zo'n verandering schematisch weergegeven.

figuur 1



fragment van een ligninemolecuul  
voor reactie met  $\text{ClO}_2$



fragment van een ligninemolecuul  
na reactie met  $\text{ClO}_2$

Door deze veranderingen wordt lignine beter oplosbaar in water en kan lignine uit het hout verwijderd worden. De verbeterde oplosbaarheid is onder andere te danken aan de vorming van waterstofbruggen met de ontstane zuurgroep **en** door hydratatie van de geladen groep.

- 3p 4 Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:
- Teken twee watermoleculen die de geladen groep hydrateren.
  - Teken nog eens twee watermoleculen die elk met een waterstofbrug zijn verbonden met de ontstane zuurgroep. Geef de waterstofbruggen weer met stippelijntjes ( $\cdots$ ).
  - Geef de watermoleculen weer met  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ .

### stap 2 en 3

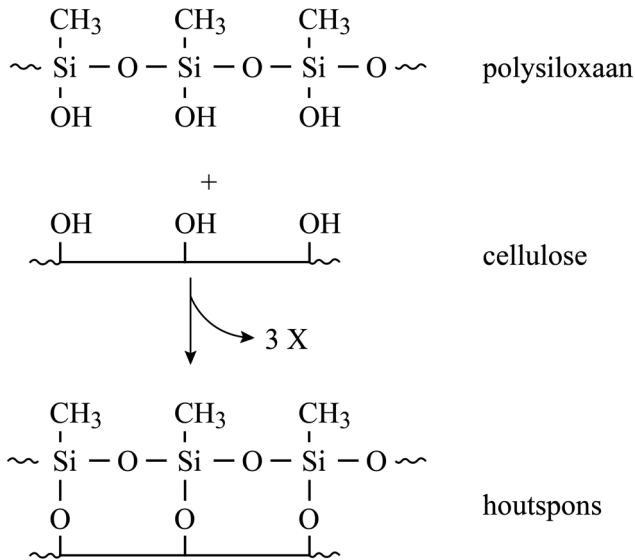
Na het verwijderen van de lignine wordt de hemicellulose uit het hout verwijderd met natronloog. Van het hout blijft dan alleen de cellulose over, die nog een kleine hoeveelheid water bevat. Dit water moet ook nog worden verwijderd. Hiertoe wordt de cellulose sterk afgekoeld, zodat het aanwezige water bevriest. Door de luchtdruk steeds laag te houden, verdampt het bevroren water en wordt dit vervolgens afgevoerd. Deze scheidingsmethode heet 'vriesdrogen' en heeft overeenkomsten met het indampen van een oplossing. Zo zijn bijvoorbeeld de fasen van het water en van het residu, direct na uitvoering van het vriesdrogen, gelijk aan de fasen direct na uitvoering van het indampen van een oplossing.

- 2p 5 Geef de toestandsaanduidingen van het residu en van het water direct na het vriesdrogen van cellulose.  
Noteer je antwoord als volgt:  
toestandsaanduiding residu: ...  
toestandsaanduiding water: ...

#### stap 4

Om olie te kunnen opnemen, moet het oppervlak van de cellulose hydrofoob worden gemaakt. Dit gebeurt door een behandeling waardoor op de cellulose een laagje van het polymeer polysiloxaan wordt gevormd. Daarna is de hout spons klaar. In figuur 2 is de reactie tussen drie monomeereenheden van polysiloxaan en drie monomeereenheden van cellulose schematisch weergegeven.

figuur 2



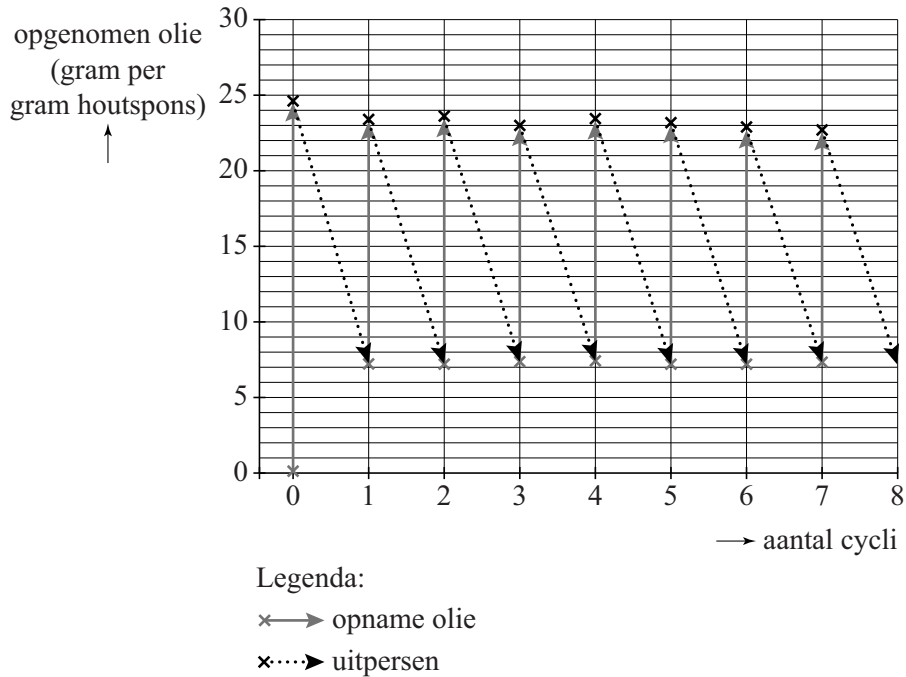
1p 6 Geef aan welke stof (X) bij deze reactie wordt afgesplitst.

Olie is een mengsel van koolwaterstoffen.

2p 7 Leg uit waardoor olie beter aan hout spons bindt dan aan cellulose. Gebruik de structuurformules die zijn weergegeven in figuur 2.

Geabsorbeerde olie kan uit hout spons worden verwijderd door deze eenvoudigweg eruit te persen. De hout spons veert daarna terug tot zijn oude vorm en kan opnieuw worden gebruikt. Onderzoekers hebben de opname van olie door de hout spons gemeten tijdens een aantal cycli van opname en uitpersen. De resultaten zijn in figuur 3 weergegeven. De opname van olie is uitgedrukt in het aantal gram olie dat per gram hout spons is opgenomen.

**figuur 3**



- 1p **8** Geef aan hoe uit figuur 3 blijkt dat de olie niet volledig uit de hout spons geperst kan worden.

In 2018 botste in de Rotterdamse haven een Noorse olietanker op een steiger, waardoor de tanker 200 ton olie verloor.

- 3p **9** Bereken aan de hand van figuur 3 hoeveel cycli van opname en uitpersen minimaal nodig zijn om 200 ton olie uit het water van de haven te verwijderen met behulp van 100 kg hout spons.

**Lees de opgenomen olie af in één decimaal.**

Neem aan dat:

- de gemiddelde opname per cyclus overeenkomt met die van cyclus 8.
- 1 ton =  $10^3$  kg