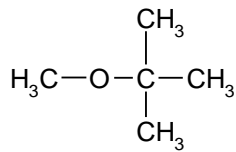


**Benzine (1993-II opgave I)**

Bij het maken van benzine wordt vaak een stof toegevoegd die de volgende structuurformule heeft:



4p 1 Geef de systematische naam van deze stof.

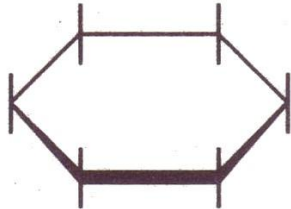
Deze stof kan worden bereid door additie van methanol aan een niet-cyclische verbinding.

3p 2 Geef de structuurformule van die verbinding.

**Cyclohexaan (1993-II opgave III)**

Cyclohexaan is een koolwaterstof die onder andere wordt toegepast als apolair oplosmiddel.

Door reactie van cyclohexaan met chloor ontstaan diverse substitutieproducten. Hoewel de ringstructuur van een cyclohexaanmolecuul niet vlak is, kunnen de verschillende substitutieproducten goed beschreven worden door toch een vlakke ringstructuur aan te nemen:

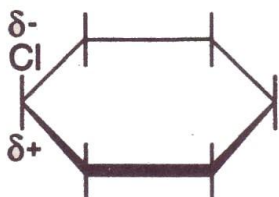


In deze weergave wordt aangenomen dat van de twaalf H atomen zich zes boven en zes onder het vlak van de zesring bevinden.

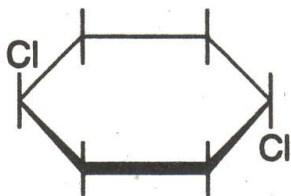
Door vervanging van één H atoom door een Cl atoom ontstaat een molecuul monochloorcyclohexaan.

De moleculen van monochloorcyclohexaan zijn dipoolmoleculen.

Op grond van verschillen in elektronegativiteit van de atomen Cl, C en H kan men de ladingsverdeling in een molecuul monochloorcyclohexaan als volgt aangeven:



Door in een cyclohexaanmolecuul twee H atomen te vervangen door Cl atomen kan een molecuul 1,4-dichloorcyclohexaan ontstaan. Omdat door de ringstructuur geen volledige draaiing mogelijk is om de C-C bindingen, kunnen twee stereo-isomeren van 1,4-dichloorcyclohexaan onderscheiden worden:



trans-1,4-dichloorcyclohexaan

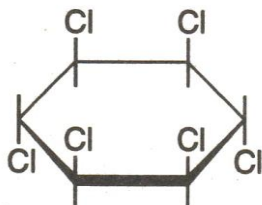


cis-1,4-dichloorcyclohexaan

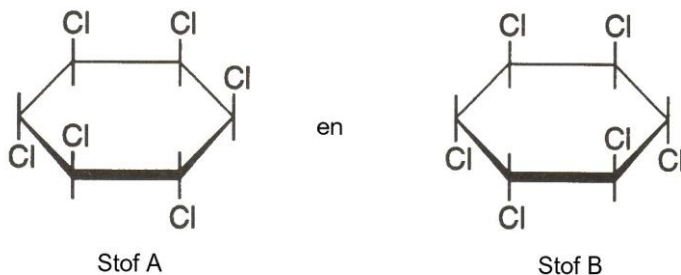
Van één van deze twee stereo-isomeren zijn de moleculen dipoolmoleculen.

4p 1 Leg uit van welke van deze stereo-isomeren de moleculen dipoolmoleculen zijn.

Door in een cyclohexaanmolecuul aan elk C atoom één van de twee H atomen te vervangen door een Cl atoom ontstaat een molecuul 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan. Van 1,2,3,4,5,6-hexachloor-cyclohexaan bestaan verschillende stereo-isomeren. Eén daarvan is het insecticide lindaan:



Twee andere voorbeelden van stereo-isomeren van 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan zijn:



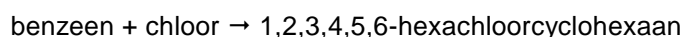
Eén van de twee stoffen A en B is optisch actief. Van deze stof bestaat dus een spiegelbeeldisomeer. Van de andere stof (de niet optisch actieve) bestaat geen spiegelbeeldisomeer. Dit hangt samen met het feit dat in de moleculen van die stof een vlak van symmetrie te vinden is. Dit vlak staat loodrecht op het vlak van de ring en snijdt het vlak van de ring volgens een bepaalde lijn.

3p 2 Neem de structuurformule van de niet optisch actieve stof (A of B) over en geef daarin de bedoelde snijlijn aan.

Van 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan bestaan naast de al genoemde vier stereo-isomeren (dus met inbegrip van het spiegelbeeld isomeer) nog andere stereo-isomeren. Onder deze andere stereo-isomeren zijn geen spiegelbeeldisomeren.

5p 3 Geef de structuren van die andere stereo-isomeren op dezelfde wijze weer als de bovengenoemde voorbeelden

Bij de industriële bereiding van lindaan wordt niet uitgegaan van cyclohexaan maar van benzeen. Onder invloed van ultraviolet licht wordt benzeen omgezet volgens:



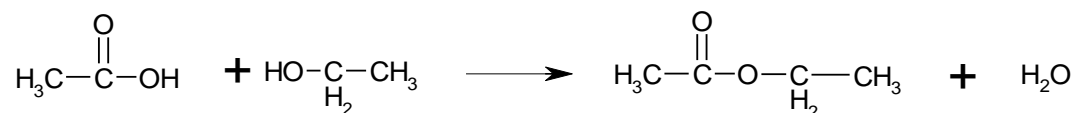
De bereiding kan plaatsvinden via een batchproces, waarbij in een procesgang 300 kg lindaan bereid wordt. Daartoe wordt een reactor gevuld met benzeen. Terwijl de vloeistof bestraald wordt met ultraviolet licht, wordt net zo lang chloor ingeleid tot het reactiemengsel bestaat uit 20 massaprocent 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexanen. De overige 80% is benzeen; dit dient als oplosmiddel.

Na aftappen van de reactor wordt uit het reactiemengsel het benzeen afgescheiden. Het overgebleven mengsel blijkt voor 15 massaprocent uit lindaan te bestaan. De overige stereo-isomeren vormen de resterende 85 massaprocent.

5p 4 Bereken met hoeveel kg benzeen men de reactor moet vullen om in de boven beschreven procesgang 300 kg lindaan te verkrijgen.

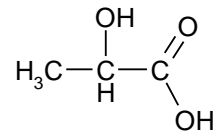
## Alkaanzuren (1992-II opgave II)

Bij verwarming van een alkaanzuur met een alcohol vindt vaak waterafplitsing plaats; behalve water wordt daarbij een ester gevormd. Zo treedt bij de verwarming van een mengsel van azijnzuur en ethanol de volgende reactie op:



Ook bij verwarming van een hydroxyalkaanzuur treedt in vele gevallen waterafplitsing op. Op welke manier die waterafplitsing tot stand komt, hangt af van het soort hydroxyalkaanzuur dat verwarmd wordt.

Melkzuur is een voorbeeld van een 2-hydroxyalkaanzuur. De structuurformule van melkzuur is:



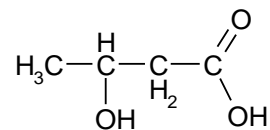
Door verwarming van melkzuur kan polymelkzuur gemaakt worden. Polymelkzuur is een voorbeeld van een polyester.

- 3p **1** Geef van polymelkzuur een gedeelte uit het midden van een polymeermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn ontstaan uit drie moleculen melkzuur.

Van melkzuur bestaan twee optische isomeren: rechtsdraaiend en linksdraaiend melkzuur. Polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend rechtsdraaiend melkzuur wordt bijvoorbeeld toegepast in de vorm van draad om wonden te hechten. Polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend rechtsdraaiend melkzuur wordt in het lichaam aanzienlijk sneller afgebroken dan polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend linksdraaiend melkzuur. Het verschijnsel dat van een optisch actieve stof de ene vorm sneller in het lichaam wordt afgebroken dan de andere vorm komt vaker voor.

- 4p **2** Leg uit hoe het komt dat in zo'n geval een van de vormen sneller in het lichaam wordt afgebroken dan de andere vorm.

Bij verwarming van 3-hydroxyalkaanzuren worden alkeenzuren gevormd. Een voorbeeld van een 3-hydroxyalkaanzuur is 3-hydroxybutaanzuur. De structuurformule van 3-hydroxybutaanzuur is:

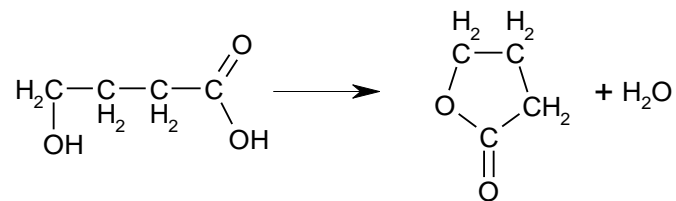


Bij verwarming van 3-hydroxybutaanzuur ontstaat onder andere 3-buteenzuur. Daarnaast ontstaan nog twee andere buteenzuren.

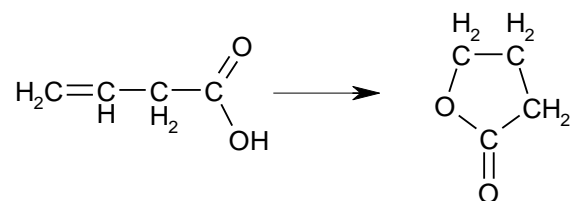
- 3p **3** Geef aan welke twee buteenzuren dat zijn.

Bij verwarming van een 4-hydroxyalkaanzuur of van een 5-hydroxyalkaanzuur worden geen alkeenzuren gevormd, maar vindt een interne verestering plaats. Hierbij ontstaan zogenoemde lactonen; dit zijn cyclische esters.

Zo kan uit 4-hydroxybutaanzuur een lacton ontstaan, waarvan de moleculen een vijfring bezitten:



Een lacton kan onder bepaalde omstandigheden ook ontstaan uit een alkeenzuur. Zo kan het bovengenoemde lacton ook ontstaan uit 3-buteenzuur

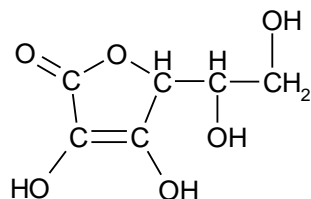


Bij dit soort reacties worden geen lactonen gevormd waarvan de moleculen een vierring bevatten. Bij verwarming van 4-penteenzuur ontstaan drie lactonen. Twee van deze lactonen hebben hetzelfde smeltpunt.

- 3p **4** Leg aan de hand van structuurformules uit welke drie lactonen bij verwarming van 4-penteenzuur

ontstaan.

Vitamine C heeft de volgende structuurformule:

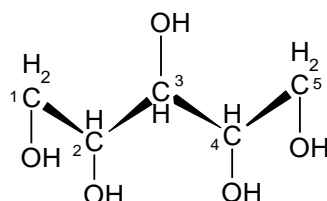



Vitamine C is te beschouwen als een lacton dat door ringsluiting is ontstaan uit een verbinding X. Op grond van uitsluitend bovenstaande gegevens zijn voor verbinding X twee mogelijkheden te bedenken waarvan behalve de structuurformules ook de molecuulformules verschillen.

4p 5 Geef die twee mogelijke structuurformules voor verbinding X.

### Xylitol (1996-II opgave II)

Xylitol is de niet-systematische naam voor een verbinding waarvan de structuurformule als volgt kan worden weergegeven:

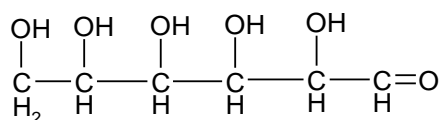


De C atomen in deze structuurformule zijn genummerd. Een deel van deze structuurformule is ruimtelijk weergegeven; de aanduidingen  geven naar voren gerichte bindingen aan. Als men zich deze naar voren gerichte bindingen voorstelt in een plat vlak, liggen de OH groepen aan de C atomen 2 en 4 onder dat vlak; de OH groep aan het C atoom 3 ligt boven het vlak.

Sommige van de C atomen in een molecuul xylitol zijn asymmetrisch.

- 3p 1 Welke van de (genummerde) C atomen zijn asymmetrisch?
- 3p 2 Leg aan de hand van de bovenstaande structuurformule uit of xylitol optisch actief is.
- 4p 3 Geef de systematische naam van xylitol, zonder daarin rekening te houden met de aanwezigheid van asymmetrische C atomen.

Xylitol wordt gebruikt als zoetstof in suikervrije kauwgom. Suikerhoudende kauwgom bevat glucose als zoetstof. De structuurformule van glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) kan als volgt worden weergegeven:



Om onderscheid te maken tussen suikervrije en suikerhoudende kauwgom kan men het zogenoemde Hainesreagens gebruiken. Hainesreagens is een basische oplossing waarin een oxidator voorkomt die reageert met glucose als reductor. Bij deze redoxreactie reageert van een glucosemolecuul uitsluitend de aldehydgroep.

- 5p 4 Geef van deze redoxreactie de vergelijking van de halfreactie waarin glucose de reductor is.
- Geef daarbij glucose in de bovenstaande structuurformule weer.
  - Geef ook het organische reactieproduct weer in structuurformule.
  - Houd bij het opstellen van de reactievergelijking rekening met het basische milieu waarin de reactie plaatsvindt.

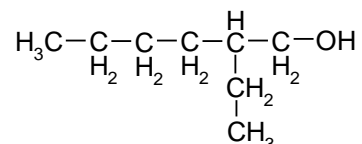
Hainesreagens bevat een oxidator die geschikt is om onderscheid te maken tussen suikervrije en suikerhoudende kauwgom. Permanganaat ( $MnO_4^-$ ) is ook een oxidator. Toch is een aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing niet geschikt om onderscheid te maken tussen suikervrije

en suikerhoudende kauwgom.

- 4p **5** Leg aan de hand van de bovenstaande structuurformules van glucose en xylitol uit hoe het komt dat een aangezuurde kaliumpermanganaat-oplossing niet geschikt is om onderscheid te maken tussen glucose en xylitol.

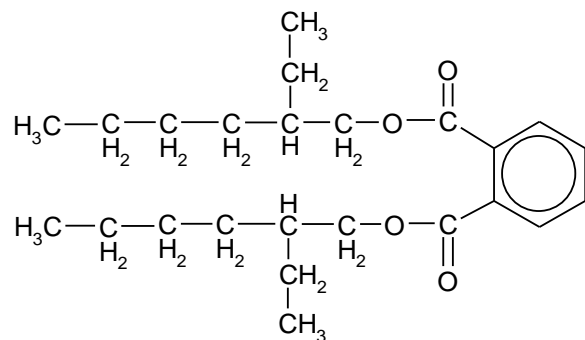
## Diocetylftalaat (1998-I opgave II)

De verbinding diocetylftalaat wordt als weekmaker in plastics verwerkt. Diocetylftalaat wordt bereid uit ftaalzuur (1,2-benzeendicarbonzuur) en iso-octanol ( $C_8H_{18}O$ ). De structuurformule van iso-octanol is:



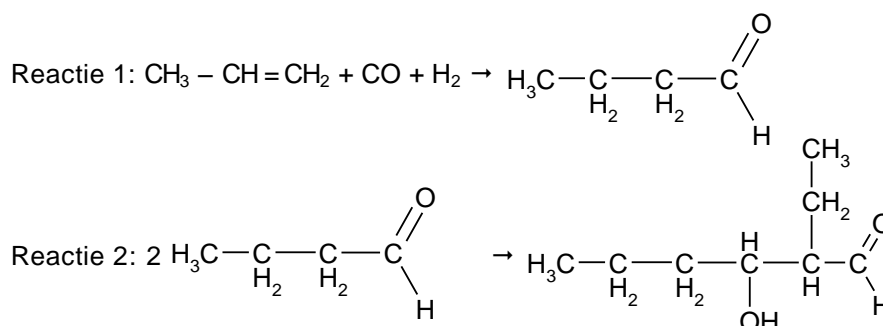
Een molecuul iso-octanol bevat een asymmetrisch C atoom (in de bovenstaande structuurformule het vijfde C atoom van links). Van iso-octanol bestaan twee stereoisomeren, in dit geval optische isomeren.

Ook van diocetylftalaat bestaan stereoisomeren. De structuurformule van diocetylftalaat kan als volgt worden weergegeven:



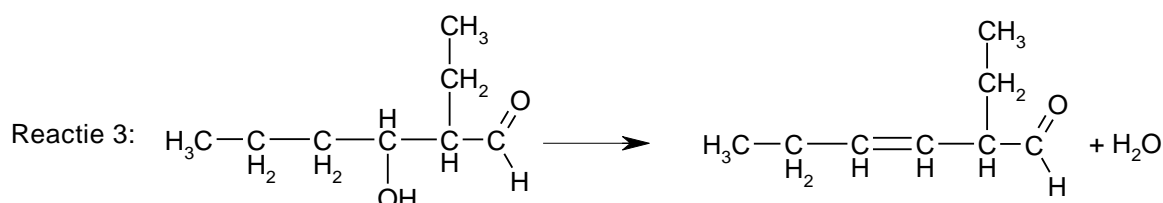
- 4p **1** Leg mede aan de hand van deze structuurformule uit hoeveel stereoisomeren er bestaan van diocetylftalaat.

Voor de industriële bereiding van iso-octanol gaat men uit van propene, koolstofmonoxide en waterstof. De bereiding van iso-octanol is een continu proces waarbij vier achtereenvolgende reacties plaatsvinden. De eerste twee reacties verlopen als volgt.



- 5p **2** Geef de systematische naam van het reactieproduct  $C_8H_{16}O_2$  van reactie 2. Bij de verdere bereiding van iso-octanol treedt eerst afsplitsing van  $H_2O$  op:  $C_8H_{16}O_2 \rightarrow C_8H_{14}O + H_2O$

Eén van de hierbij optredende reacties kan als volgt worden weergegeven.



Een molecuul  $C_8H_{14}O$  met de boven weergegeven structuurformule bevat één asymmetrisch C atoom. Toch bestaan er meer dan twee stereo-isomeren met deze structuurformule.

4p 3 Leg uit hoeveel stereo-isomeren  $C_8H_{14}O$  er met bovenstaande structuurformule bestaan.

Bij de laatste reactie (reactie 4) ter bereiding van iso-octanol vindt additie plaats.

Reactie 4:  $H_2$  reageert met  $C_8H_{14}O$  onder vorming van uitsluitend iso-octanol.

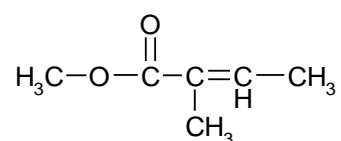
Alle reacties 1 tot en met 4 van de beschreven industriële bereiding van iso-octanol vinden plaats in één fabriek.

Uit bovenstaande gegevens kan de molverhouding  $CO : H_2$  afgeleid worden waarin deze stoffen in die fabriek moeten worden geleid.

4p 4 Leg uit welke molverhouding  $CO : H_2$  dat moet zijn.

### Methanol en koolstofdioxide (1999-1 opgave III)

Tussen methanol, koolstofmonoxide en 2-butyn kan onder invloed van een katalysator een additiereactie plaatsvinden. Daarbij ontstaat een verbinding met de volgende structuurformule:



Deze verbinding is een ester.

Men kan de naam van een ester omschrijven. Zo kan men ethylethanoaat omschrijven als de ester van ethanol en ethaanzuur.

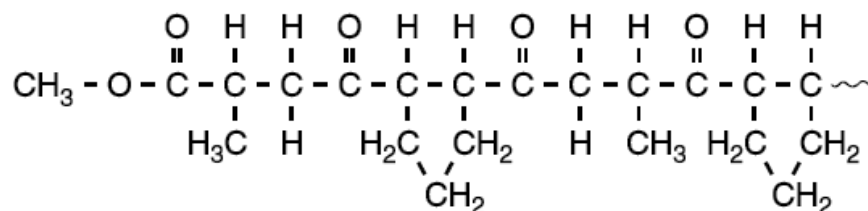
4p 1 Geef op dezelfde manier de omschrijving van de naam van de verbinding met de bovenstaande structuurformule.

Er bestaan twee verbindingen met de bovenstaande structuurformule. De moleculen van deze twee verbindingen verschillen onderling slechts in hun ruimtelijke structuur.

4p 2 Geef de structuurformules van deze twee verbindingen zodanig weer dat daaruit duidelijk blijkt in welk opzicht de posities van atomen en/of atoomgroepen in de molecuulstructuren van deze verbindingen van elkaar verschillen.

Methanol en koolstofmonoxide kunnen ook met andere koolwaterstoffen dan 2-butyn additiereacties geven. Onder bepaalde omstandigheden kunnen daarbij (additie)polymeren gevormd worden.

Bij een reactie tussen methanol, koolstofmonoxide en twee koolwaterstoffen X en Y ontstaat in aanwezigheid van een geschikte katalysator een additiepolymeer. Dit polymeer kan met de formule  $CH_3O(C_{10}H_{14}O_2)_n H$  worden weergegeven. Hieronder is een deel van de structuurformule van dit additiepolymeer gegeven:



4p 3 Geef de structuurformules van de koolwaterstoffen X en Y die voor het maken van dit additiepolymeer zijn gebruikt.

### Tetrahydrofuraan (1997-II opgave II)

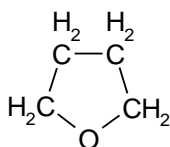
Er bestaan diverse verbindingen met de molecuulformule  $C_4H_8O$ , bijvoorbeeld alkanalen.

4p 1 Geef de structuurformules van de alkanalen met de molecuulformule  $C_4H_8O$ .

Er zijn ook verbindingen met de molecuulformule  $C_4H_8O$  die op te vatten zijn als cyclische ethers. In een cyclische ether bevat de ring van een molecuul, behalve koolstofatomen, ook een zuur-

stofatoom.

Een voorbeeld van een cyclische ether met de molecuulformule  $C_4H_8O$  is tetrahydrofuraan. Deze verbinding heeft de volgende structuurformule:

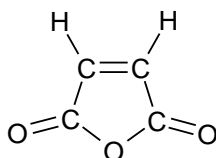


Een molecuul tetrahydrofuraan bevat een vijfring.

Er bestaan drie cyclische ethers met de molecuulformule  $C_4H_8O$  waarvan de moleculen een vier- ring bevatten; twee van die verbindingen zijn optische isomeren van elkaar.

- 3p **2** Leg met behulp van structuurformules uit welke drie cyclische ethers met de molecuulformule  $C_4H_8O$  dat zijn.

De verbinding tetrahydrofuraan wordt in een fabriek gemaakt uitgaande van buteendizuuranhydride ( $C_4H_2O_3$ ). De structuurformule van buteendizuuranhydride is:



De omzetting van buteendizuuranhydride in tetrahydrofuraan vindt plaats via buteendizuur:  $HOOC - CH = CH - COOH$ .

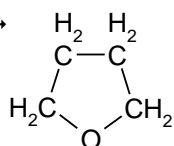
Deze verbinding wordt in een reactor gevormd door de reactie van buteendizuuranhydride met water. Bij deze reactie wordt in een molecuul buteendizuuranhydride de  $C = C$  binding niet verbroken.

Er zijn twee verbindingen buteendizuur bekend. Slechts een daarvan wordt bij de reactie van buteendizuuranhydride met water gevormd.

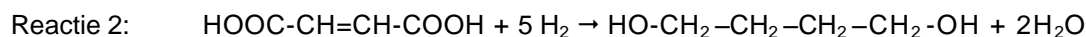
- 1p **3** Met welke aanduiding in de naam wordt het buteendizuur dat bij deze reactie wordt gevormd, onderscheiden van het andere buteendizuur?

- 3p **4** Leg uitgaande van de structuur van een molecuul buteendizuuranhydride uit hoe verklaard moet worden dat het andere buteendizuur bij deze reactie niet gevormd wordt.

Men scheidt in de fabriek het gevormde buteendizuur als zuivere stof af en laat het vervolgens in een andere reactor reageren met waterstof. Daarbij treden gelijktijdig de volgende twee reacties op.



tetrahydrofuran



1,4-butaandiol

Daarna scheidt men het ontstane mengsel in de afzonderlijke stoffen tetrahydrofuraan, 1,4-butaandiol en water. Deze scheiding is mogelijk doordat de kookpunten van deze drie stoffen aanzienlijk verschillen. Zo is er een groot verschil tussen de kookpunten van tetrahydrofuraan en 1,4-butaandiol.

- 3p **5** Leg uit welke van deze twee koolstofverbindingen het hoogste kookpunt zal hebben.