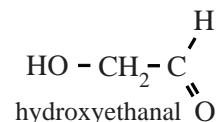


## Leven buiten de Melkweg?

In de zoektocht naar het ontstaan van leven hebben astronomen voor het eerst een koolhydraat ontdekt in een gebied van het heelal waar sterren en mogelijk ook planeten ontstaan.

Het gaat om hydroxyethanal.

De stof is interessant omdat er aanwijzingen zijn dat deze kan reageren tot een groter koolhydraat:



ribose, een belangrijke bouwsteen voor RNA.

Een bekend mechanisme voor de vorming van ribose is een reeks van opeenvolgende reacties, de zogenoemde formosereacties.

In de eerste formosereactie vindt een additiereactie plaats: uit twee methanalmoleculen wordt een molecuul hydroxyethanal gevormd.

In de tweede formosereactie vindt ook een additiereactie plaats, nu tussen methanal en hydroxyethanal. Bij deze additiereactie zijn de aldehydegroepen van beide soorten moleculen betrokken. De moleculen die ontstaan, bezitten twee hydroxylgroepen per molecuul.

1p 6 Geef de vergelijking van de eerste formosereactie in structuurformules.

3p 7 Leg uit hoeveel verschillende producten in de tweede formosereactie kunnen ontstaan.

- Geef de structuurformules van de stoffen die kunnen ontstaan.
- Houd in je uitleg ook rekening met eventuele spiegelbeeldisomeren.

De ontdekking van hydroxyethanal in de ruimte was een doorbraak. Wetenschappers waren het er al over eens dat in het heelal methanal voorkomt. Maar kan dit daar ook tot hydroxyethanal reageren?

Aan het einde van de 20ste eeuw passeerde de komeet Hale-Bopp de aarde. Deze komeet bleek behalve veel stoffen met kleine moleculen, zoals water en methanol, ook de stof 1,2-ethaandiol te bevatten. Deze stof is interessant, omdat deze een andere mogelijke verklaring biedt voor het ontstaan van hydroxyethanal.

Onderzoekers uit Connecticut en Florida probeerden aan te tonen dat in de ruimte hydroxyethanal kan ontstaan uit 1,2-ethaandiol.

Ze brachten 1,2-ethaandiol in een reactor onder condities die in twee opzichten leken op de omstandigheden in bepaalde delen van het heelal: de temperatuur was erg laag (10 K) en de stof werd bestraald met protonen.

De onderzoekers namen verschillende IR-spectra op. Deze zijn in de bijlage bij dit examen weergegeven:

- spectrum a is het IR-spectrum van 1,2-ethaandiol;
- spectra b, c en d zijn opgenomen na bestraling met steeds oplopende doses protonen.

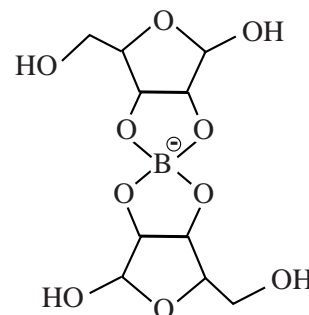
In de spectra is te zien dat bij oplopende protonendoses de pieken met een golfgetal tussen de 1000 en 1100  $\text{cm}^{-1}$  kleiner worden, maar niet verdwijnen. Dit is in overeenstemming met de hypothese dat onder deze omstandigheden 1,2-ethaandiol tot hydroxyethanal reageert.

- 2p **8** Leg dit uit.  
 2p **9** Leg uit of deze spectra nog een aanwijzing geven dat onder deze omstandigheden hydroxyethanal ontstaat.

Als er aanwijzingen zijn dat methanal en/of 1,2-ethaandiol in de ruimte tot hydroxyethanal kan/kunnen reageren, betekent dit nog niet dat hydroxyethanal daar tot ribose kan reageren.

Onderzoekers uit de VS hebben onderzocht of formosereacties waarin hydroxyethanal uiteindelijk leidt tot de vorming van ribose, mogelijk zijn in de aanwezigheid van boorverbindingen die in ruimtestof zouden kunnen voorkomen. Ze brachten hydroxyethanal en een reactieproduct van de tweede formosereactie samen met een boorverbinding. Van het mengsel dat ontstond maakten zij een massaspectrum, waarbij de apparatuur zodanig was ingesteld dat uitsluitend negatieve ionen werden gemeten. Dit massaspectrum is in de bijlage bij dit examen weergegeven.

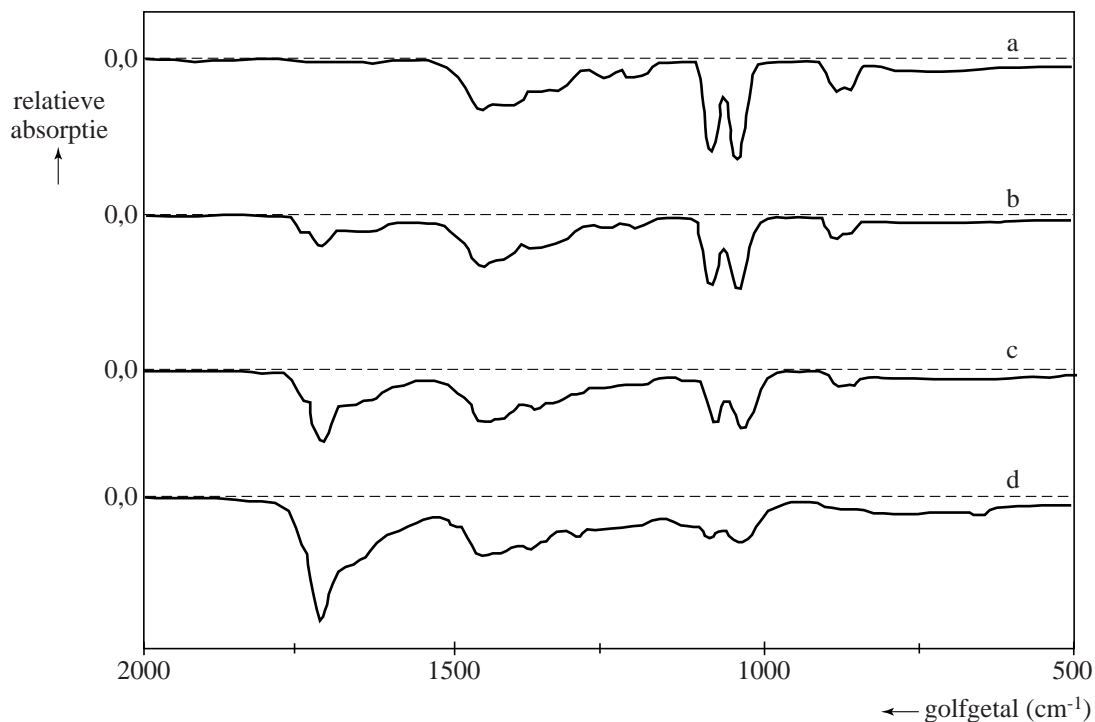
De onderzoekers leidden uit het massaspectrum af dat er een pentose-boor verbinding was ontstaan. Zij vonden namelijk pieken die zij toekenden aan het hiernaast weergegeven negatieve ion  $\text{B}(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_5)_2^-$ : de molecuulionpieken met  $m/z = 306$  en  $m/z = 307$ . Ook de relatieve intensiteit van deze pieken is in overeenstemming met dit ion.



- 3p **10** Leg uit dat aanwezigheid van de pieken met  $m/z = 306$  en  $m/z = 307$  én de relatieve intensiteit van deze pieken in overeenstemming zijn met het weergegeven ion.  
 Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 25 en houd voor C, H en O alleen rekening met de meest voorkomende isotopen.

**Leven buiten de Melkweg?**

**IR-spectra**



**massaspectrum**

