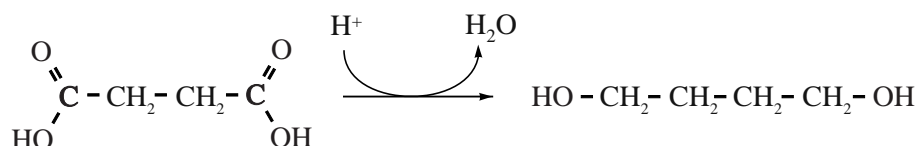


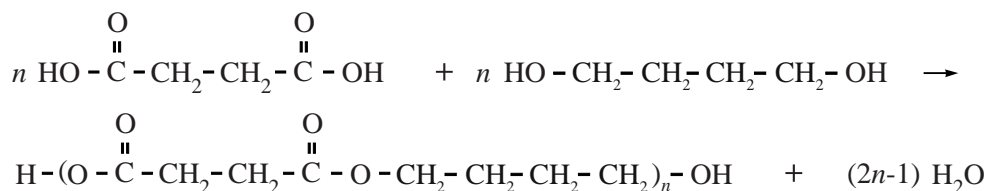
## Barnsteenzuur uit glucose

Barnsteenzuur (butaandizuur) is een belangrijk product van de petrochemische industrie. Het dient onder andere als grondstof voor verschillende polymeren, zoals PBS. PBS is een condensatiepolymeer van barnsteenzuur en 1,4-butaandiol. Het benodigde 1,4-butaandiol wordt ook bereid uit barnsteenzuur. De halfvergelijking van de redoxreactie die hierbij verloopt, is hieronder schematisch weergegeven.



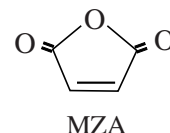
- 2p **13** Leg uit of in de reactie van barnsteenzuur tot 1,4-butaandiol het barnsteenzuur de oxidator is of de reductor.

In een fabriek waar PBS geproduceerd wordt, is barnsteenzuur de enige koolstofhoudende grondstof. In de fabriek wordt uit barnsteenzuur het eveneens benodigde 1,4-butaandiol geproduceerd, waarna de polymerisatie wordt uitgevoerd. De reactievergelijking voor de vorming van PBS uit barnsteenzuur en 1,4-butaandiol is:



- 3p **14** Bereken hoeveel kg barnsteenzuur in totaal nodig is om 1,0 kg PBS te maken volgens bovenstaande methode.

Traditioneel wordt barnsteenzuur gemaakt uit butaan, een ander product uit de petrochemische industrie. Deze synthese verloopt in drie stappen. In de eerste stap van de synthese van barnsteenzuur wordt butaan met behulp van zuurstof omgezet in MZA en water. De schematische structuurformule van MZA is hiernaast afgebeeld.



- 3p **15** Geef in molecuulformules de vergelijking van de reactie tussen butaan en zuurstof, waarbij MZA en water ontstaan.

In de tweede reactiestap wordt MZA met behulp van stof X omgezet in buteendizuur. Van buteendizuur bestaan twee stereo-isomeren. Bij deze reactiestap ontstaat slechts één van die stereo-isomeren.

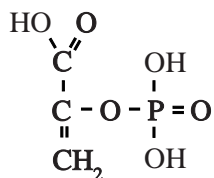
In de derde stap wordt dit isomeer met behulp van stof Y omgezet in barnsteenzuur.

- 3p **16** Geef de namen van de twee stereo-isomeren van buteendizuur en leg uit welke van de twee stereo-isomeren in stap 2 ontstaat.
- 3p **17** Geef de namen van de stoffen X en Y en geef aan welk type reactie de derde stap van dit proces is, waarbij barnsteenzuur ontstaat.

Bij de beschreven 'petrochemische route' om barnsteenzuur te maken zijn omstandigheden als hoge temperatuur en hoge druk nodig. Onder andere om die reden is men op zoek naar een milieuvriendelijker manier om barnsteenzuur te maken. DSM en het Franse zetmeelconcern Roquette werken samen aan een nieuw biotechnologisch proces voor de synthese van barnsteenzuur. In de experimenten wordt uitgegaan van onder andere glucose als biomassa. Het biochemische proces om van glucose barnsteenzuur te maken, is bekend en wordt schematisch als volgt weergegeven:

glucose → PEP → oxaalazijnzuur → barnsteenzuur

De afkorting PEP staat voor enolpyrodruivenzuurfosfaat. PEP heeft de volgende structuurformule:



PEP

In de tweede stap wordt PEP met behulp van koolstofdioxide en water omgezet tot oxaalazijnzuur. Bij deze reactie ontstaat nog één andere stof.

- 3p **18** Geef de reactievergelijking van de reactie van PEP tot oxaalazijnzuur. Noteer daarin PEP en oxaalazijnzuur in structuurformules. Gebruik de volgende gegevens:
- de systematische naam van oxaalazijnzuur is oxobutaandizuur;
  - het voorvoegsel 'oxo' geeft aan dat in het molecuul de groep C=O aanwezig is.
- 1p **19** Geef aan hoeveel mol glucose minimaal nodig is om 1 mol barnsteenzuur te maken. Alle C-atomen van glucose worden gebruikt om PEP te vormen.