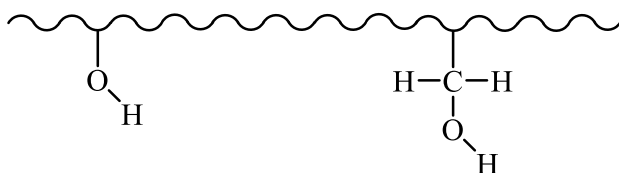


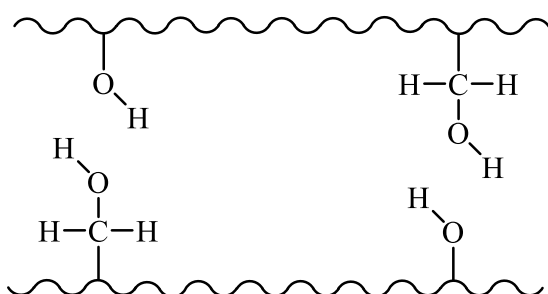
Hoofdstuk 4, 6, 11, 12 en § 2.4, §2.5, §3.4, §4.4 (rekenen)

### Papier en (afval)water

Papier bestaat grotendeels uit vezels (cellulose). De binding tussen de papierzvezels wordt verkregen door waterstofbruggen tussen de hydroxylgroepen die in cellulose aanwezig zijn. Hieronder staat zo'n cellulosemolecuul schematisch weergegeven:



- 2p 1. Hieronder staan twee cellulosemoleculen schematisch weergegeven. Teken tussen deze moleculen twee waterstofbruggen. Teken de waterstofbruggen als •••.



Om de kwaliteit van het papier te verbeteren, worden doorgaans vulstoffen en hulpstoffen toegevoegd. Zo kan titaanwit (titaan(IV)oxide) worden toegevoegd om het papier minder doorzichtig te maken. Voor het verhogen van de beschrijfbaarheid van het papier wordt vaak calciumcarbonaat toegevoegd.

- 1p 2. Geef de formule van titaanwit.

Ongeveer vijfenzeventig procent van het papier dat in Nederland wordt geproduceerd, wordt gemaakt uit oud papier. Oud papier wordt in draaiende trommels gemengd met water en vermalen tot pulp. Het gebruikte water wordt tijdens het proces verontreinigd. De verontreiniging wordt voor een groot deel veroorzaakt door het vrijkomen van zetmeel, dat als bindmiddel aan het papier werd toegevoegd. In het water wordt zetmeel gehydrolyseerd tot glucose.

- 3p 3. Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van zetmeel tot glucose in molecuulformules. Gebruik als formule voor een molecuul zetmeel  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

Glucose wordt onder invloed van bacteriën omgezet tot organische zuren. Een van deze zuren is butaanzuur, een stof met een onaangename geur. De in het proceswater gevormde zuren reageren langzaam met calciumcarbonaat, dat in de pulp aanwezig is.

- 2p 4. Geef de structuurformule van butaanzuur.
- 3p 5. Geef de reactievergelijking van de reactie van calciumcarbonaat met een zuur. Gebruik voor het zuur de notatie  $H^+$ . Neem aan dat het zuur in overmaat aanwezig is en dat er koolstofdioxidegas ontstaat.

### Wegwerpaansteker

---

Een van de onderdelen van een wegwerpaansteker is een plastic vaatje met daarin een vloeibaar gemaakt gas. Het gas is brandbaar en kan worden aangestoken met een vonkje. Het vonkje ontstaat wanneer een ruw metalen wielletje langs een zogenoemd vuursteentje gaat. André en Robbert hebben de wegwerpaansteker gekozen als onderwerp voor hun profielwerkstuk. Daarbij hebben ze de volgende onderzoeksvragen genoteerd:

- I Is het plastic waarvan het vaatje gemaakt is, een thermoplast of een thermoharder?
- II Uit welke stof of stoffen bestaat het vloeibaar gemaakte gas?
- III Uit welke stof of stoffen bestaat het vuursteentje?
- IV Hoeveel energie komt vrij wanneer je met de aansteker een vlammetje maakt om een kaars aan te steken?

André en Robbert beginnen met het lezen van de informatie op de verpakking van de wegwerpaansteker. Er staat onder andere “niet aan temperaturen boven 50 °C blootstellen”. Daarom vermoeden ze dat het plastic waarvan het vaatje gemaakt is, een thermoplast is. Om dit te onderzoeken, nemen ze een stukje plastic waarvan het vaatje is gemaakt en brengen dit in water met een temperatuur van 60 °C. Het plastic blijkt niet zacht te worden.

- 2p 6. Kan uit deze waarneming de conclusie worden getrokken dat het onderzochte plastic een thermoharder is? Motiveer je antwoord.

Om achter de samenstelling van het vloeibaar gemaakte gas te komen, maken André en Robbert gebruik van internet. Op de site van een fabrikant vinden ze dat de vulling van wegwerpaanstekers meestal bestaat uit butaan. “Een mengsel van het I- en het N-type”, staat er. Hiermee worden iso-butaan en normaal-butaan bedoeld, de twee isomeren met molecuulformule  $C_4H_{10}$ .

- 2p 7. Geef de structuurformules van de twee isomeren met molecuulformule  $C_4H_{10}$ .

Ze gaan op zoek naar informatie over de samenstelling van een vuursteentje. André vindt dat vuursteentjes die vonken geven als je ze tegen elkaar slaat, voornamelijk uit silica bestaan. Hij vindt ook informatie over een aantal eigenschappen van silica.

Volgens de informatie die Robbert vindt, bestaat een vuursteentje uit zogenoemd mischmetaal: een legering die voornamelijk bestaat uit de metalen cerium en lanthaan. Na overleg over de informatie die ze hebben gevonden, willen ze gaan onderzoeken of een vuursteentje elektrische stroom geleidt. Ze bespreken dit idee met hun docent. Deze zegt: „Als je ervan uitgaat dat een vuursteentje óf van silica óf van mischmetaal is, dan is jullie onderzoek naar stroomgeleiding inderdaad geschikt om vast te stellen uit welke stof het vuursteentje bestaat.”

- 2p 8. Leg uit welke informatie over silica André kan hebben gevonden, waardoor onderzoek naar elektrische geleiding geschikt is om vast te stellen of een vuursteentje uit silica of mischmetaal bestaat.

Noteer je antwoord als volgt:

informatie over silica: ...

uitleg: ...

André en Robbert kopen een paar vuursteentjes. Voor hun onderzoek bouwen ze een opstelling waarmee ze kunnen nagaan of het vuursteentje elektrische stroom geleidt.

Wanneer het vuursteentje wordt opgenomen in een stroomkring blijkt het de elektrische stroom niet te geleiden. Nu denken André en Robbert te weten uit welke stof een vuursteentje bestaat. Hun docent vindt echter dat ze het vuursteentje een bepaalde behandeling hadden moeten geven voordat ze hun onderzoek naar stroomgeleiding uitvoerden. Robbert herinnert zich dat in de informatie over het mischmetaal ook was vermeld dat cerium en lanthaan allebei gemakkelijk reageren met zuurstof uit de lucht, waarbij cerium(IV)oxide en lanthaan(III)oxide ontstaan. Een stukje mischmetaal is daarom vrijwel altijd bedekt met een laagje van deze oxiden.

- 3p 9. Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van lanthaan(III)oxide uit lanthaan en zuurstof.

- 1p 10. Geef aan wat André en Robbert met het vuursteentje hadden moeten doen voordat ze het geleidingsvermogen onderzochten.

## Bier brouwen

---

Het brouwen van bier begint met de verwerking van gerst tot de zogenoemde mout. Mout is rijk aan zetmeel (amylose) en enzymen. De mout wordt vervolgens gemengd met water en opgewarmd. Onder invloed van de aanwezige enzymen reageert het zetmeel met een bepaalde stof tot maltose.

- 2p 11. Met welke stof reageert zetmeel bij deze omzetting en welke functie hebben de enzymen daarbij? Maak gebruik van BINAS-tabel 67A.

Noteer je antwoord als volgt:

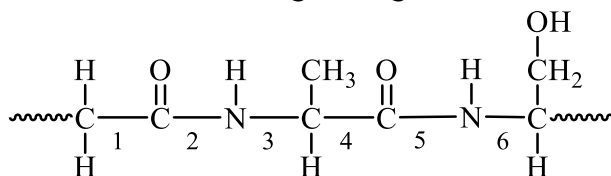
stof die met zetmeel reageert: ...

functie van de enzymen: ...

Ook worden tijdens deze fase van het brouwproces eiwitten gehydrolyseerd. Sommige eiwitten worden daarbij volledig gehydrolyseerd.

- 1p **12.** Geef de naam van de soort stoffen die ontstaat bij de volledige hydrolyse van eiwitten.

Hieronder is een fragment getekend van een eiwitmolecuul.

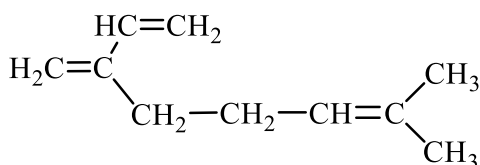


- 2p **13.** Geef de nummers van de bindingen die worden verbroken bij de volledige hydrolyse van dit fragment.

Na enige tijd wordt het mengsel gefiltreerd. Het filtraat wordt gekookt. Tijdens het koken worden vruchtbolletjes van de hopplant toegevoegd die voor tal van geur- en/of smaakstoffen zorgen.

- 1p **14.** Geef de naam van de scheidingsmethode waardoor de geur- en/of smaakstoffen in het brouwsel terechtkomen.

Een voorbeeld van zo'n stof is myrceen:



Er komt uiteindelijk niet veel myrceen voor in bier: het lost slecht op in water en verdampt gemakkelijk.

- 2p **15.** Verklaar aan de hand van de structuurformule waarom myrceen slecht oplost in water.

Bovendien wordt een deel van het myrceen door een additiereactie met water omgezet tot myrcenol. Hierbij reageert één watermolecuul per myrceenmolecuul.

- 2p **16.** Geef een mogelijke structuurformule van myrcenol.

Na het koken met de vruchtbolletjes van de hopplant wordt het mengsel opnieuw gefiltreerd. Nadat biergist is toegevoegd aan het filtraat laat men het mengsel enige dagen gisten. Hierbij wordt glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) omgezet tot alcohol (= ethanol =  $C_2H_6O$ ) en koolstofdioxide.

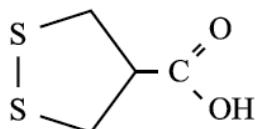
- 2p **17.** Geef de reactievergelijking in molecuulformules van deze omzetting.

Het mengsel dat tijdens de gisting is ontstaan, moet daarna nog enkele weken 'narijpen' voordat het (na filtratie) als bier kan worden gedronken. Tijdens het narijpen ontstaan onder andere esters die het bier zijn speciale geur en smaak geven. Een voorbeeld van zo'n ester is de ester die ontstaat door reactie van hexaanzuur met ethanol.

3p 18. Geef de structuurformule van deze ester.

### Aspergegeur

In een aspergeplant komen asparagusinezuur en de ethylester van asparagusinezuur voor. Van deze stoffen is maar weinig in de plant aanwezig. Toch zorgen ze voor de speciale smaak van asperges. De structuurformule van asparagusinezuur ( $C_4H_6O_2S_2$ ) wordt vaak als volgt schematisch weergegeven:



In deze structuurformule is een aantal van de symbolen C en H weggelaten.

2p 19. Geef de complete structuurformule van asparagusinezuur.

De ethylester van asparagusinezuur is de ester die ontstaat bij de reactie van asparagusinezuur met ethanol.

2p 20. Geef de structuurformule van de ethylester van asparagusinezuur. Gebruik hiervoor bovenstaande schematische structuurformule.

Asparagusinezuur wordt in het lichaam door enzymen afgebroken. Hierbij ontstaat methaanthiol ( $CH_3SH$ ). Methaanthiol kan vervolgens worden omgezet tot andere zwavelhoudende verbindingen, zoals dimethyldisulfide. Zowel methaanthiol als dimethyldisulfide dragen bij tot de karakteristieke 'aspergegeur' van urine. Reeds een half uur na het eten van een portie asperges, waarin ongeveer 1 mg asparagusinezuur zit, kan deze geur worden waargenomen.

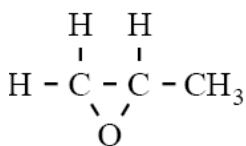
3p 21. Bereken hoeveel mg methaanthiol maximaal kan ontstaan met de hoeveelheid zwavel die aanwezig is in 1,0 mg asparagusinezuur. Gebruik hierbij onder andere het gegeven dat de massa van een mol asparagusinezuur 150,2 g is.

Het blijkt dat niet bij iedereen, na het eten van asperges, de urine de 'aspergegeur' heeft, terwijl het asparagusinezuur wel is afgebroken. Over de oorzaak daarvan bestaan verschillende hypothesen. Eén daarvan is dat een aantal mensen een enzym mist dat bij de beschreven afbraak van asparagusinezuur is betrokken.

1p 22. Leg uit hoe het missen van een enzym kan leiden tot het ontbreken van de 'aspergegeur' van de urine.

## Propeenoxide

Propeenoxide is een belangrijke grondstof voor onder andere de productie van een aantal kunststoffen. Propeenoxide is een koolstofverbinding met de volgende structuurformule.

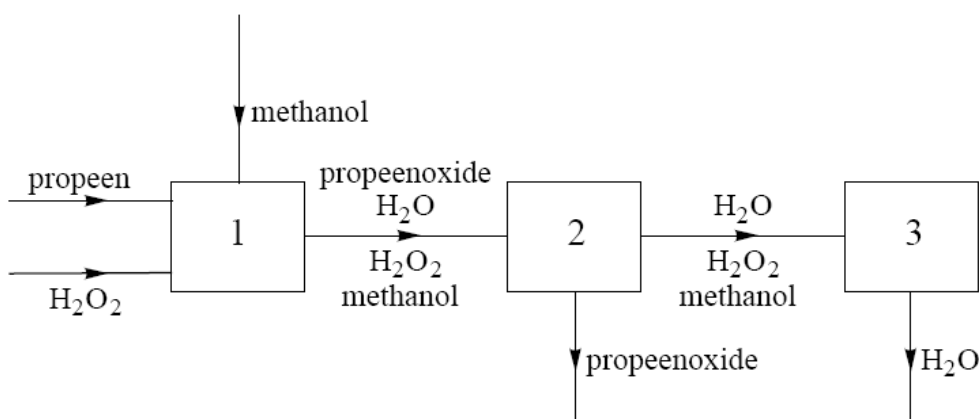


Er bestaan verschillende isomeren van propenoxide. Eén van die isomeren is propen-1-ol. Het is mogelijk om propen-1-ol te polymeriseren.

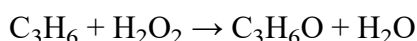
- 3p 23. Geef de structuurformule van een stukje van het polymeer van propen-1-ol. Dit gedeelte moet uit drie monomere eenheden bestaan.

Hieronder is een gedeelte van het blokschema weergegeven van een nieuw ontwikkeld proces om op industriële schaal propenoxide te produceren. In een blokschema wordt met blokken een proces (reactie, zuivering, scheiding) aangegeven. De pijlen geven de aan- en afvoer van stoffen weer.

### blokschema 1



In ruimte 1 reageert propen ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) met waterstofperoxide, waarbij methanol als oplosmiddel wordt gebruikt. Deze reactie verloopt in aanwezigheid van een katalysator. Waterstofperoxide wordt in overmaat in ruimte 1 ingevoerd zodat alle propen wordt omgezet. Hieronder is de vergelijking weergegeven van de reactie die in ruimte 1 plaatsvindt.



In een fabriek reageert bij het bovenbeschreven productieproces 90 procent van het toegevoerde waterstofperoxide in ruimte 1. De overige 10 procent van het waterstofperoxide reageert in ruimte 3. Hierbij ontstaat geen propenoxide.

- 3p 24. Bereken hoeveel ton waterstofperoxide ten minste nodig is voor de jaarproductie van  $3,0 \cdot 10^5$  ton ( $1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ) propenoxide volgens het bovenbeschreven proces.

Uit het mengsel dat in ruimte 1 ontstaat, wordt via een eerste destillatie, in ruimte 2, propeenoxide afgescheiden. Tijdens een tweede destillatie, in ruimte 3, zijn de omstandigheden zodanig dat er ook twee reacties plaatsvinden. Eerst reageert het overgebleven waterstofperoxide met een deel van de methanol. Bij deze reactie ontstaan water en methaanzuur.

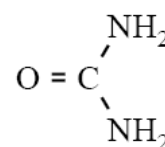
3p 25. Geef de vergelijking van de reactie tussen waterstofperoxide en methanol.

Na de eerste reactie reageert het gevormde methaanzuur in ruimte 3 met een deel van de methanol tot een ester.

2p 26. Geef de structuurformule van deze ester.

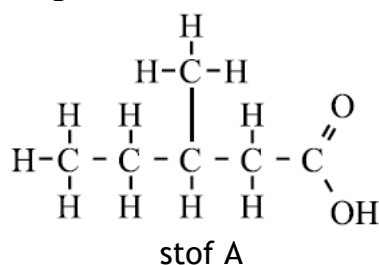
### Zweet

Zweetklieren komen overal in de huid voor. Ze scheiden een licht zure oplossing af waarin ook natriumchloride, kaliumchloride, melkzuur en ureum zijn opgelost. Ureum heeft de volgende structuurformule:



2p 27. Leg aan de hand van de structuurformule van ureum uit dat deze stof goed oplosbaar is in water.

Op plaatsen waar zweet minder makkelijk verdampt, ontwikkelen zich verschillende soorten bacteriën. Deze zetten melkzuur om in een aantal minder aangenaam ruikende verbindingen. Daarbij ontstaat een zuur (stof A) met de volgende structuurformule:



3p 28. Geef de systematische naam van stof A.

Deodorants bevatten vaak zinkzouten die bacteriedodend zijn. Deodorants bevatten vaak ook lekker ruikende stoffen en een zout met de formule  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ . Dit zout kan reageren met de stoffen die de onaangename geur veroorzaken. Daarbij ontstaan minder vluchtige verbindingen.

2p 29. Leg uit welke ionsoort uit  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$  kan reageren met stof A.

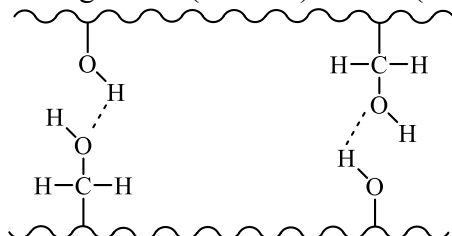
**E I N D E**



## UITWERKINGEN

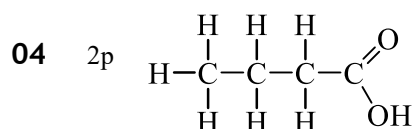
## Papier en (afval)water

- 01 2p H-brug van O (van OH) naar H (van OH) of omgekeerd.



- 02 1p  $\text{TiO}_2 / \text{Ti}^{4+} \text{O}^{2-}_2$

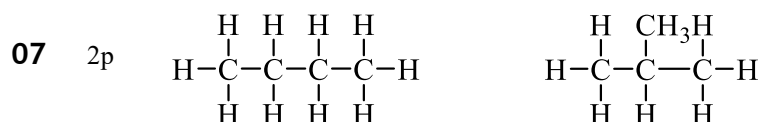
- 03 3p  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



- 05 3p  $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

## Wegwerpaansteker

- 06 2p Nee, want als de temperatuur hoger wordt gemaakt, kan het plastic alsnog zacht worden.



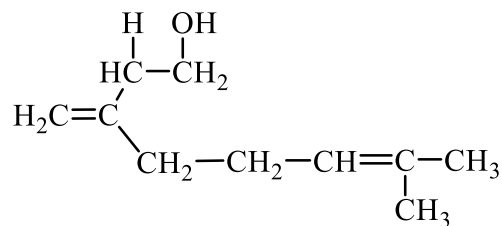
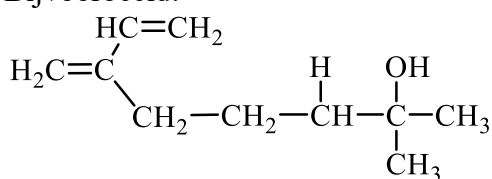
- 08 2p Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

| informatie over silica                                                                                            | uitleg                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| het geleidt de elektrische stroom niet.                                                                           | mischmetaal is een mengsel van metalen en geleidt de elektrische stroom                      |
| in silica komen geen vrije $e^-$ voor.                                                                            | in mischmetaal komen vrije $e^-$ voor.                                                       |
| silica is op te vatten als een moleculaire stof.                                                                  | mischmetaal is een metaal, dus silica geleidt de elektrische stroom niet en mischmetaal wel. |
| silica is siliciumdioxide / is een verbinding van silicium en zuurstof / is een verbinding van twee niet-metalen. | silica is moleculair en mischmetaal is een metaal en geleidt wel.                            |
| in silica komen atoombindingen voor.                                                                              | in mischmetaal komt een metaalbinding voor.                                                  |

- 09 3p  $4 \text{ La} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ La}_2\text{O}_3$  (of  $\text{La}^{3+}_2\text{O}^{2-}_3$ )
- 10 1p Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:
- Het vuursteentje schuren
  - Het vuursteentje in een (verdund) zuur leggen (zodat de oxidelaag wegreaagt)
  - Het oxidelaagje verwijderen

## Bier brouwen

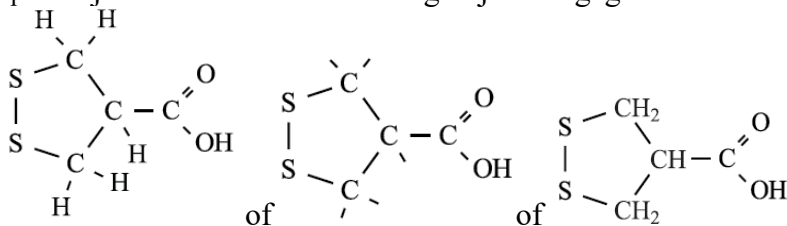
- 11 2p - stof die met zetmeel reageert: water /  $\text{H}_2\text{O}$   
 - functie van enzymen: (bio)katalysator / versnellen van de reactie
- 12 1p Aminosuren
- 13 2p Alleen de peptidebinding, dus 2 en 5
- 14 1p Extraheren / extractie
- 15 2p Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:
- Myrceen is een koolwaterstof, dus hydrofoob (water is hydrofiel).
  - Een myrceenmolecuul heeft geen OH-groep(en) / NH-groep(en) en kan dus geen waterstofbruggen vormen met watermoleculen / is daardoor hydrofoob.
- 16 2p Gebruik één van de C=C-bindingen in myrceen en addeer daar water aan:  
 Bijvoorbeeld:



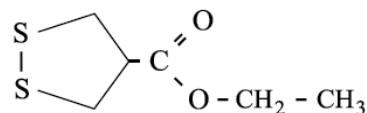
- 17 2p  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{ C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{ CO}_2$
- 18 3p
- $$\begin{array}{ccccccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{O} & & \text{H} & \text{H} & \\ & | & | & | & | & | & || & & | & | & \\ \text{H}- & \text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{O}- & \text{C} & -\text{C} & -\text{H} \\ & | & | & | & | & | & & & | & | & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \text{H} & \text{H} & \end{array}$$

## Aspergegeur

- 19 2p Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- 20 2p Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

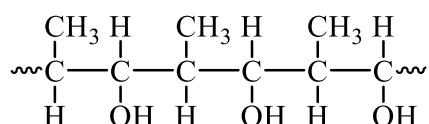


- 21 3p Een juiste berekening leidt tot de uitkomst  $6,4 \cdot 10^{-1}$  (mg).
- aantal mmol asparaguzinezuur:  $1,0 \text{ (mg)} \text{ delen door } 150,2 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}$
  - aantal mmol methaanthiol dat maximaal kan ontstaan:  $6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mmol} \times 2 = 0,013 \text{ mmol}$
  - aantal mg methaanthiol:  $0,013 \text{ (mmol)} \times 48,10 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)} = 0,64 \text{ (mg)}$

- 22 1p Voorbeelden van juiste of goed te rekenen antwoorden zijn:
- Door het missen van het enzym vindt de reactie waarbij methaanthiol wordt gevormd (uit een afbraakproduct van asparaginesezuur), niet plaats (waardoor de urine geen aspergeur heeft).
  - Dan wordt asparaginesezuur niet omgezet tot methaanthiol.
  - Dan wordt asparaginesezuur / methaanthiol niet omgezet tot dimethyldisulfide.

## Propeenoxide

- 23 3p Een juist antwoord kan als volgt weergegeven worden:



- 24 3p Een juiste berekening leidt tot de uitkomst  $2,0 \cdot 10^5$  (ton).
- aantal kmol propenoxide:  $\frac{3,0 \cdot 10^5 \text{ (ton)} \times 10^3}{58,08 \text{ kg}} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ kmol propenoxide.}$
  - aantal ton  $\text{H}_2\text{O}_2$  dat reageert met het berekende aantal kmol propen: aantal kmol  $\text{H}_2\text{O}_2$  (= het aantal kmol propenoxide)  $\times$  de massa van een kmol waterstofperoxide (34,01 kg) en delen door  $10^3$ :  $\frac{5,2 \cdot 10^6 \times 34,01}{10^3} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ ton H}_2\text{O}_2$
  - aantal ton waterstofperoxide dat nodig is:  $1,8 \cdot 10^5 \text{ ton H}_2\text{O}_2 \times \frac{100\%}{90\%} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ ton}$
- 25 3p  $2 \text{ H}_2\text{O}_2 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 3 \text{ H}_2\text{O} + \text{HCOOH}$
- 26 2p Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$

## Zweet

- 27 2p Een ureummolecuul bevat  $\text{NH}_2$ -groepen / N-H bindingen, zodat er waterstofbruggen (met watermoleculen) gevormd kunnen worden. (Dus ureum is goed oplosbaar in water.)  
of  
Door de aanwezigheid van  $\text{NH}_2$ -groepen / N-H bindingen in een ureummolecuul is ureum hydrofiel/polair en water is ook hydrofiel/polair. (Dus ureum is goed oplosbaar in water.)
- 28 3p 3-methylpentaanzuur
- 29 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:  
 $\text{OH}^-$  / het hydroxide-ion, want dit is een base / reageert met  $\text{H}^+$  / reageert met zuur.