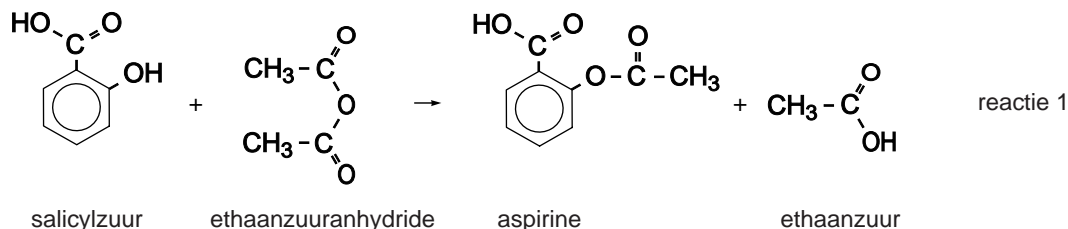
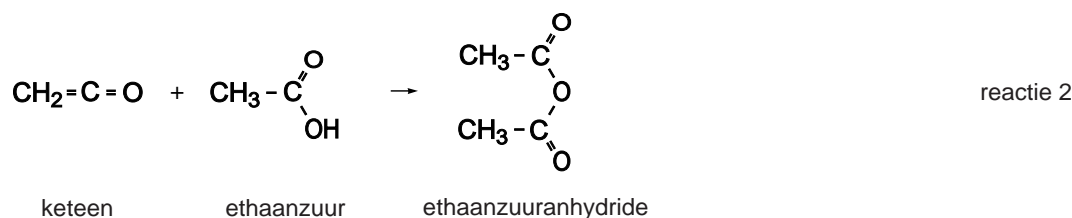


## Aspirinebereiding

Een van de industriële bereidingen van aspirine (acetylsalicylzuur) berust op de reactie van salicylzuur met ethaanzuuranhydride:



Het ethaanzuuranhydride dat voor deze reactie nodig is, wordt gevormd door ethaanzuur met de stof keteen te laten reageren:



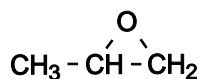
2p **1** Leg uit of reactie 2 een additiereactie is.

Met behulp van de reacties 1 en 2 kan worden berekend hoeveel g keteen minimaal nodig is om 1,00 kg aspirine te produceren.

4p **2** Geef deze berekening.

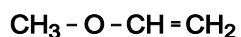
## Epoxypropan

1,2-Epoxypropan is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



Er bestaat een aantal isomeren van 1,2-epoxypropan.

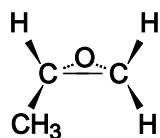
Hieronder is de structuurformule van een structuurisomeer weergegeven.



3p **3** Geef de systematische naam van deze structuurisomeer.

3p **4** Geef de structuurformules van drie andere structuurisomeren van 1,2-epoxypropan.

Hieronder is een molecuul 1,2-epoxypropaan ruimtelijk weergegeven.

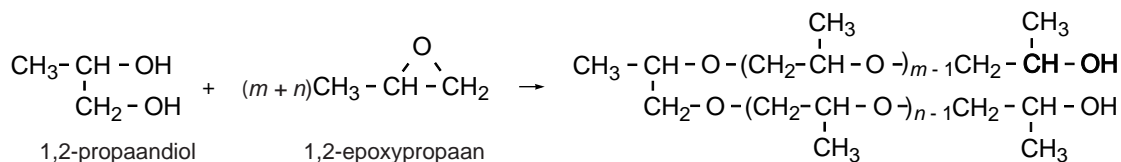


Hierin stelt – een binding voor in het vlak van de tekening, ... en ► stellen bindingen voor die naar achteren respectievelijk naar voren wijzen.

- 2p **5** Leg aan de hand van de ruimtelijke weergave van een molecuul 1,2-epoxypropaan uit of er stereo-isomeren van 1,2-epoxypropaan mogelijk zijn.

1,2-Epoxypropaan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren.

Wanneer 1,2-epoxypropaan polymeriseert, ontstaat een zogenoemde polyether. De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan start doordat een molecuul 1,2-epoxypropaan reageert met een molecuul van een zogenoemde initiator, vaak een alcohol. Daarna reageren moleculen 1,2-epoxypropaan met moleculen van de ontstane tussenproducten tot de uiteindelijke polymeerketens. De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met 1,2-propaandiol als initiator is hieronder in een reactievergelijking weergegeven.



Door de molverhouding initiator : 1,2-epoxypropaan te variëren en/of door van verschillende initiatoren uit te gaan, kunnen bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan verschillende soorten polymeermoleculen worden gevormd. Omdat de sterkte van de bindingen tussen deze verschillende soorten moleculen varieert, kan men op deze manier de eigenschappen van de stof die ontstaat, beïnvloeden.

Zo zullen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met sacharose als initiator verschillen van de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator. Eén van die verschillen is dat de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator anders is dan in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.

- 2p **6** Leg uit of de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator groter of kleiner is dan de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator. Neem aan dat:
- de molverhouding 1,2-propaandiol : 1,2-epoxypropaan gelijk is aan de molverhouding sacharose : 1,2-epoxypropaan;
  - bij beide polymerisaties het 1,2-epoxypropaan volledig reageert.

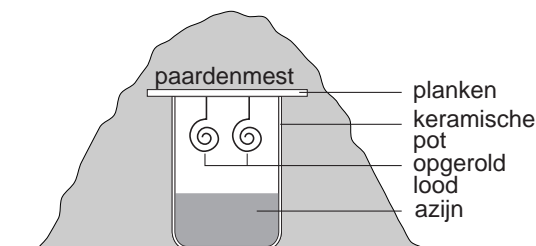
## Loodwit en de Oude Meesters

Veel schilderijen van bekende Oude Meesters als Rembrandt, Hals en Vermeer, vertonen beschadigingen die zijn terug te voeren op het gebruik van vervuild loodwit. In de Volkskrant verscheen daarover het artikel “De tijdbom van de Oude Meesters”. Op de bijlage bij dit examen is een fragment uit dit artikel weergegeven (tekstfragment 1). Lees dit fragment en beantwoord daarna de vragen.

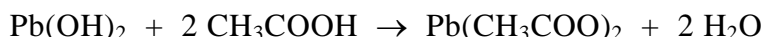
Loodwit is een zogenoemd dubbelzout. Het bestaat uit lood(II)ionen, hydroxide-ionen en carbonaationen. De hydroxide- en carbonaationen komen in loodwit in de molverhouding 1 : 1 voor.

- 2p 7 Geef de formule van loodwit.

De bereiding van loodwit wordt niet zo nauwkeurig beschreven. De keramische potten waren niet volledig afgesloten: het lood stond via kieren in de planken in contact met de buitenlucht en met gasvormige stoffen die uit de broeiende paardenmest kwamen. Andere stoffen konden vanuit de paardenmest niet door of langs de planken in de pot terechtkomen. Zie de figuur hiernaast.



Bij het proces ontstaat eerst loodhydroxide. Een deel van dit loodhydroxide wordt in een zuur-base reactie met de damp van ethaanzuur omgezet tot loodethanoaat:



Vervolgens reageert loodethanoaat door tot loodcarbonaat. Ook dit is een zuur-base reactie. Voor deze omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat zijn twee stoffen nodig, die weliswaar in de lucht voorkomen, maar waarvan de concentraties te klein zijn voor de beschreven vorming van relatief grote hoeveelheden loodwit. Extra hoeveelheden van deze twee stoffen komen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest. Uiteindelijk wordt bij deze bereiding van loodwit geen ethaanzuur verbruikt.

- 2p 8 Geef de formules van de twee stoffen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest die nodig zijn voor de hiervoor beschreven omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat.
- 2p 9 Geef een verklaring voor het feit dat bij deze productie van loodwit geen ethaanzuur wordt verbruikt.

Het broeien van paardenmest is een exotherm proces. Dit feit bevordert op twee manieren de vorming van loodwit.

- 3p **10** Op welke twee manieren bevordert het feit dat het broeien van paardenmest een exotherm proces is de vorming van loodwit? Geef een verklaring voor je antwoord.

Ook de vorming van loodzeep wordt in het artikel niet zo nauwkeurig beschreven (zie regels 26 en 27). De journalist wil de lezer waarschijnlijk niet lastig vallen met chemische termen. Uit onderzoek is gebleken dat die loodzeep voornamelijk uit loodpalmitaat en loodstearaat bestaat. Loodpalmitaat en loodstearaat zijn de loodzouten van de vetzuren palmitinezuur respectievelijk stearinezuur. De stoffen uit de 'organische fracties in de grondlaag' die bij de vorming van loodzeep zijn betrokken, zijn de triglyceriden uit de olie (zie regel 10). Die olie was bij de Oude Meesters meestal lijnolie.

Een leerling probeert een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep te geven. Hij veronderstelt dat de omzetting van loodwit tot loodzeep begint met de hydrolyse van triglyceriden uit de lijnolie. Dit is mogelijk doordat de onderlaag van het schilderij in de loop van de tijd een geringe hoeveelheid water heeft opgenomen.

- 3p **11** Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van een triglyceride. Gebruik voor de organische stoffen structuurformules met daarin de notatie  $C_xH_y$  voor de koolwaterstofresten in het triglyceride.
- 3p **12** Geef een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep uit loodwit, gebruik makend van chemische vaktermen. Gebruik in je beschrijving ook gegevens uit deze opgave met betrekking tot de samenstelling van loodwit. Begin je beschrijving met:  
Door hydrolyse van triglyceriden uit de lijnolie ontstaan ...

Een leerling wil onderzoeken of de bewering van Boon klopt over de herkomst van het chloride in het loodwit van slechte kwaliteit (zie regels 17 t/m 19). Hij stelt zich de volgende onderzoeksvraag: „Bevat de damp die uit broeiende paardenmest komt stoffen die chloride-ionen bevatten?”

- 2p **13** Geef een globaal werkplan dat bij deze onderzoeksvraag hoort.

## Wayne

---

In een molecuul hemoglobine zijn vier peptideketens aanwezig, de zogenoemde globineketens. Deze globineketens zijn twee aan twee aan elkaar gelijk. Een molecuul hemoglobine bevat twee  $\alpha$ -globineketens en twee  $\beta$ -globineketens. Een  $\alpha$ -globineketen heeft een lengte van 141 aminozuureenheden.

Op de bovenste regel in figuur 1 (zie hieronder) is een deel van de matrijsstreng van het DNA weergegeven. Dit stukje DNA bevat informatie voor de vorming van één van de uiteinden van een  $\alpha$ -globineketen. Op de middelste regel staat het deel van de messenger-RNA (m-RNA) keten dat van het stukje DNA wordt afgelezen. Op de onderste regel in de figuur zijn met nummers de laatste vijf aminozuureenheden van de  $\alpha$ -globineketen weergegeven. De aminozuureenheid die is weergegeven met nummer 141 heeft een vrije COOH groep.

## figuur 1

414  
↓

DNA	...	TGC	AGA	TTT	ATG	GCA	ATT	CGA	CCT	CGG	AGC	CAT	CGT	CAA	GGA	GGA	...
m-RNA	...	ACG	UCU	AAA	UAC	CGU	UAA	GCU	GGA	GCC	UCG	GUA	GCA	GUU	CCU	CCU	...
nummer		137	138	139	140	141											

In een peptideketen worden de aminozuureenheden vaak met behulp van 3-lettersymbolen weergegeven. Zo is bijvoorbeeld Gly het 3-lettersymbool van glycine.

- 2p **14** Geef de aminozuureenheden met de nummers 137, 138 en 139 van de  $\alpha$ -globineketen weer met behulp van 3-lettersymbolen. Noteer je antwoord als volgt:  
nummer 137: ...  
nummer 138: ...  
nummer 139: ...  
Maak gebruik van Binas-tabel 70E.
- 3p **15** Geef de structuurformule van het fragment van een  $\alpha$ -globineketen dat bestaat uit de aminozuureenheden met de nummers 137, 138 en 139.

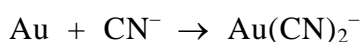
Van hemoglobine zijn ruim 1000 afwijkingen bekend die een genetische oorzaak hebben. Eén van die genetische afwijkingen is de zogenoemde mutatie van Wayne. Deze afwijking uit zich door een verminderde zuurstofafgifte aan de weefsels. Op het gen dat codeert voor de  $\alpha$ -globineketen is bij mensen met de mutatie van Wayne een basenpaar verdwenen. Hierdoor zijn alle basenparen vanaf die positie één plaats naar voren opgeschoven. Bij de mutatie van Wayne is het basenpaar verdwenen waarvan in figuur 1 de base op de matrijsstreng met nummer 414 is aangegeven.

Het 142ste codon op het m-RNA voor normaal  $\alpha$ -globine is een stopcodon. Daarom heeft een normale  $\alpha$ -globineketen een lengte van 141 aminozuureenheden. De  $\alpha$ -globineketens van mensen met de mutatie van Wayne zijn langer dan 141 aminozuureenheden.

- 3p **16** Leid af hoeveel aminozuureenheden een  $\alpha$ -globineketen bevat die in het geval van de mutatie van Wayne wordt gevormd. Gebruik in je uitleg gegevens uit deze opgave en een gegeven uit Binas-tabel 70E.

## Goudwinning

Goud komt in de natuur samen met zilver voor in gesteenten, het zogenoemde gouderts. Uit dit erts wordt goud gewonnen. Aan een artikel over de winning van goud zijn de tekstfragmenten 2 en 3 op de bijlage bij dit examen ontleend. Lees tekstfragment 2. De reactievergelijking in tekstfragment 2 is fout. De correcte vergelijking kan worden afgeleid onder andere met behulp van het gegeven dat deze reactie een redoxreactie is. De vergelijking van de halfreactie van het goud is hieronder gedeeltelijk weergegeven:



De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

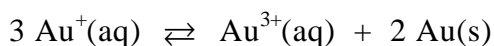
- 2p **17** Maak de hierboven gegeven onvolledige vergelijking van de halfreactie van het goud af.
- 2p **18** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de correcte vergelijking af van de reactie die wordt bedoeld in tekstfragment 2.

Lees tekstfragment 3.

De grondstof voor de raffinaderij is ruw goud met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

- 6p **19** Bereken hoeveel  $\text{dm}^3$  chloorgas ( $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ ) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud, uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

Voor sommige toepassingen is goud met een nog grotere zuiverheid nodig. Verderop in het artikel staat dat een geconcentreerde goud(I)chloride oplossing wordt gebruikt om het goud met een zuiverheid van 99,6 massaprocent nog verder te zuiveren. Wanneer men goud(I)chloride met water mengt, ontstaat echter een oplossing waarin de concentratie  $\text{Au}^+$  heel klein is. In zo'n oplossing stelt zich namelijk een heterogeen evenwicht in waarbij opgeloste goud(III)ionen,  $\text{Au}^{3+}(\text{aq})$ , en vast goud,  $\text{Au}(\text{s})$ , worden gevormd:



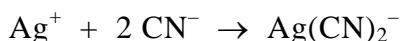
Het evenwicht is onderzocht. In een oplossing die is bereid door 0,0010 mol  $\text{Au}^+$  in 1,0 liter water te brengen, is de hoeveelheid  $\text{Au}^+$  ionen in de evenwichtstoestand nog maar 4% van de oorspronkelijke hoeveelheid van 0,0010 mol.

- 4p **20** Bereken met behulp van de bovenstaande gegevens de waarde van de evenwichtsconstante van dit evenwicht.

## Cyanide in afvalwater

Het afvalwater van goudwinningsbedrijven bevat vaak veel cyanide,  $\text{CN}^-$ . Het cyanidegehalte van afvalwater kan als volgt worden bepaald.

Aan een afgemeten hoeveelheid afvalwater wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd. Hierdoor reageert alle  $\text{CN}^-$  tot  $\text{HCN}$ . De ontstane oplossing wordt vervolgens verwarmd. Het  $\text{HCN}$  ontwijkt dan als gas en wordt in een overmaat natronloog geleid. Alle  $\text{HCN}$  wordt dan weer omgezet tot  $\text{CN}^-$ . Tenslotte wordt getitreerd met een zilvernitraatoplossing. Bij deze titratie treedt de volgende reactie op:



Wanneer alle cyanide heeft gereageerd, is het eindpunt van de titratie bereikt. Dit wordt zichtbaar omdat bij toevoeging van nog een druppel van de zilvernitraatoplossing het mengsel troebel wordt doordat het slecht oplosbare zilverbicyanide ontstaat.

- 2p **21** Geef de reactievergelijking van de vorming van het slecht oplosbare zilverbicyanide wanneer het eindpunt van de titratie is bereikt.

Bij zo'n bepaling werd 200 mL afvalwater gebruikt. Voor de titratie was 7,82 mL van een 0,0192 M zilvernitraatoplossing nodig.

- 4p **22** Bereken hoeveel mg  $\text{CN}^-$  het onderzochte afvalwater per liter bevatte.

Afvalwater met een te hoog cyanidegehalte mag niet worden geloosd. Er zijn verschillende manieren om cyanide uit afvalwater te verwijderen. Eén van die methoden is het cyanide in licht basisch milieu te laten reageren met waterstofperoxide. Bij deze reactie wordt het cyanide omgezet tot cyanaat,  $\text{NCO}^-$ . Behalve cyanaat ontstaat één andere stof.

- 2p **23** Geef de vergelijking van de reactie tussen waterstofperoxide en cyanide.

Bij de reactie van cyanide met waterstofperoxide moet de pH op circa 9,5 worden gehouden, om te voorkomen dat in het afvalwater teveel  $\text{HCN}$  ontstaat, dat als gas zou kunnen ontwijken.

- 4p **24** Bereken hoeveel procent van het  $\text{CN}^-$  is omgezet tot  $\text{HCN}$  in een oplossing waarvan de pH op 9,5 (298 K) wordt gehouden.

## Loodwit en de Oude Meesters

### tekstfragment 1

#### De tijdbom van de Oude Meesters

Een deel van de verouderingsproblemen is terug te voeren op het gebruik van loodwit als basis van olieverven. Er werden pigmenten doorheen geroerd om lichte kleuren te maken. Bovendien werd loodwit vaak gebruikt voor de grondering, de absorberende onderlaag van de schildering.

5 Loodwit werd verkregen door in keramische potten een laagje azijn<sup>1)</sup> te doen, waarboven opgerold lood werd gehangen. De potten werden afgesloten met planken. Daar overheen ging een berg paardenmest, opdat het binnenin zou gaan broeien. De vaste stof die zich onder die omstandigheden afzet op het metaal, loodwit, werd in de schilderswerkplaats  
10 met olie<sup>2)</sup> als bindmiddel gemengd tot verfpasta.

Het onderzoeksteam van het Haagse Mauritshuis heeft samen met Boon, de onderzoeksleider van MOLART<sup>3)</sup>, inmiddels geconstateerd dat loodwit een van de boosdoeners is wanneer het oppervlak van schilderijen schade gaat vertonen.

15 Het problematische loodwit, is inmiddels duidelijk, zit vaak niet in de afbeelding zelf maar in de grondlaag. Voor die grondlaag werd zeer waarschijnlijk goedkoop, inferieur loodwit gebruikt, aldus Boon. In de slechte varianten zitten vervuilingen, waaronder chloride, denkt hij, die uit die broeiende berg paardenmest kunnen komen.

20 Vervuild loodwit in de grondering lost dus op. 'Ervoor in de plaats komt transparant materiaal. Dat voegt zich samen tot klonters. Die hebben de neiging te gaan groeien. Daarbij barsten sommige door de bovenste verflaag heen. Het resultaat is dat je op de oppervlakte van het schilderij allemaal kleine rondjes ziet.' Protrusie, noemt Boon dat effect: vorming van  
25 uitstulpingen. In het transparante materiaal van die klonters blijken zepen te zitten: bijvoorbeeld loodzeep die ontstaat wanneer oplossend loodwit zich verbindt met organische fracties in de grondlaag. 'Die zepen zijn vochtgevoelig, waardoor de aangedane plekken makkelijk kunnen zwellen', constateert Boon.

*naar: de Volkskrant*

noot 1 Azijn is een oplossing van ethaanzuur (azijnzuur) in water.

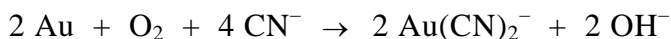
noot 2 Deze olie is, net als vet, een mengsel van triglyceriden; dit zijn tri-esters van glycerol en vetzuren.

noot 3 MOLART is een onderzoeksprogramma naar de veroudering van schilderijen.

## Goudwinning

### tekstfragment 2

Bij het cyanideproces vermengt men fijngemalen gouderts met een natriumcyanide-oplossing. Het goud, evenals zilver, reageert met deze oplossing en met zuurstof, volgens de reactievergelijking:

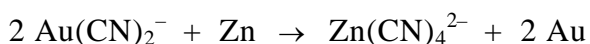


De reactie verloopt volledig en snel naar rechts. In de praktijk roert men het ertsconcentraat in een natriumcyanide-oplossing waar lucht door borrelt. Als de edelmetalen zijn opgelost, filtreert men het gesteente af.

*naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)*

### tekstfragment 3

Het goud in oplossing wordt teruggewonnen door reductie met zinkpoeder:



Het goud slaat neer en bevat meestal nog aanzienlijke hoeveelheden zilver. De legering wordt gesmolten, in staven gegoten en naar de raffinaderij getransporteerd. In deze raffinaderij wordt de legering gesmolten waarna men er chloorgas doorheen blaast. Zilver vormt daarbij zilverchloride dat op het gesmolten metaal komt drijven. Als het zilveragehalte tot beneden 0,4% is gedaald, beëindigt men het chloreren, schept het zilverchloride van de vloeistof af, en giet daarna het goud in staven van 12,50 kg. Ze zijn voor de verkoop gereed, de zuiverheid is 99,6 massaprocent.

*naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)*

## Bronvermeldingen

tekstfragment 1 de Volkskrant

tekstfragment 2 en 3 Het Digitale Archief III, cd-rom Natuur & Techniek, 1999