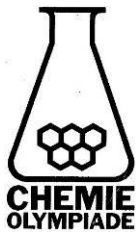


# **CHEMIE OLYMPIADE**

## **OEFENSET 2002 OPGAVEN**



---

*werk:* Instituut voor Leerplanontwikkeling  
Postbus 2041/7500 CA Enschede  
Telefoon: (053)4840339/48440366  
*privé:* W. Davids  
Vossenbrinkweg 62A/7491 DE Delden  
Telefoon: (074)3763539  
P.A.M. de Groot  
Kamperzand 1/1274 HK Huizen  
Telefoon: (035)5250961

---

©  
Instituut voor Leerplanontwikkeling, Enschede 2001  
Uitsluitend voor intern gebruik is het scholen toegestaan teksten/materiaal uit  
deze publicatie te kopiëren

*Samenstelling*

Comité Chemie Olympiade  
Drs. P.A.M. de Groot  
Gemeentelijk Gymnasium Hilversum

*Druk*

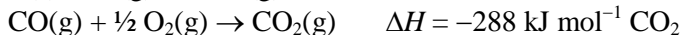
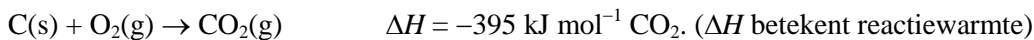
Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO)

*Datum:* Enschede, november 2001  
*Kenmerk:* VO/3407/B/01-...  
*Oplaat:* 225 exemplaren

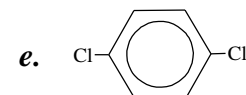
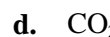
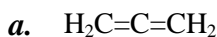
## Opgave 1 Een allegaartje

Geef beknopte antwoorden bij de vragen in deze opgave.

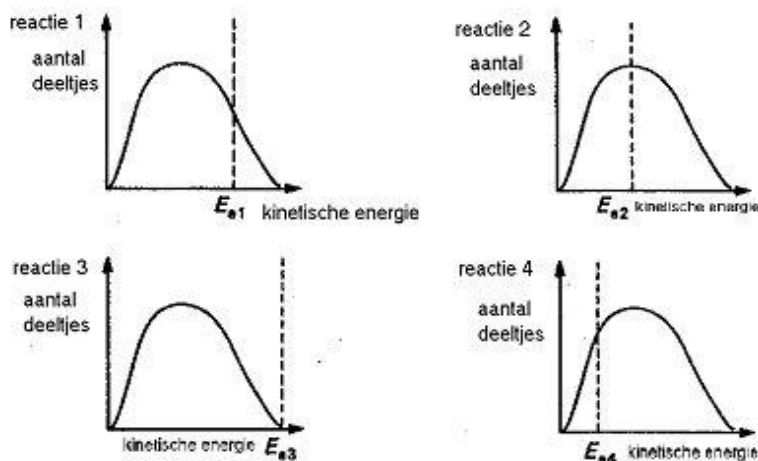
De volgende gegevens zijn geldig bij 1000 K en 101 kPa:



- 1 Bereken de vormingswarmte van CO(g) bij 1000 K en 101 kPa.
- 2 Welke van de volgende moleculen zijn dipoolmoleculen?



Bekijk de onderstaande grafieken met steeds dezelfde energieverdeling. Hierin is het aantal deeltjes uitgezet tegen hun kinetische energie. De grafieken horen bij vier verschillende reacties die bij dezelfde temperatuur verlopen. In de figuren is met een streeplijn de activeringsenergie  $E_a$  van deze vier reacties aangegeven.



- 3 Welke reactie zal waarschijnlijk het snelst verlopen?

Voor de autoionisatie van water geldt  $\text{p}K_w = 14,00$ . Fosforzuur is een driebasisch zuur met:

$$\text{p}K_{z1} = 2,15$$

$$\text{p}K_{z2} = 7,21$$

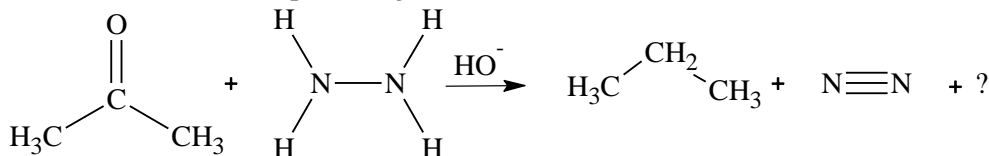
$$\text{p}K_{z3} = 12,36$$

- 4 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van de reactie  $\text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$

Een alkaan is gasvormig bij  $85^\circ\text{C}$  en 96,0 kPa. De massa van het gas in een kolfje met volume  $0,500 \text{ dm}^3$  is onder deze omstandigheden 1,16 g.

- 5 Met behulp van deze gegevens kun je de molecuulformule van dit gas afleiden. Geef deze afleiding.

In basisch milieu verloopt de volgende redoxreactie:



- 6 Geef de vergelijking van de halfreactie van de oxidator bij de reactie. Geef deze vergelijking in molecuulformules.

## Opgave 2 D'rbij en weer een beetje d'raf

In een vat is 0,72 mol  $\text{SO}_2$  en 0,71 mol  $\text{SO}_3$  aanwezig. Aan dit mengsel wordt 0,49 mol  $\text{NO}_2$  toegevoegd. Er stelt zich een evenwicht in:  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$

Bij evenwicht is 0,39 mol  $\text{NO}_2$  aanwezig.

- 7 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante bij deze temperatuur.

Bij dezelfde temperatuur brengt men vervolgens 1,00 mol  $\text{SO}_2$  in het vat.

- 8 Bereken de hoeveelheden (in mol) van alle vier stoffen, als het nieuwe evenwicht zich ingesteld heeft.

## Opgave 3 Van sommige alcoholen krijg je het zuur

Vier verschillende alcoholen, **A–D**, hebben molecuulformule  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

**A** heeft de formule  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ . Bij oxidatie met kaliumdichromaat  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  in een zure oplossing vormt **A** eerst aldehyde **E** en bij verdere oxidatie ontstaat carbonzuur **F**.

- 9 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de oxidatie van **A** tot **F** met dichromaat in een zure oplossing. Hierbij wordt onder meer chroom(III) gevormd.

Bij de oxidatie van **B** ontstaat aldehyde **G** en carbonzuur **H**.

Bij analyse met  $^{13}\text{C}$ -NMR, levert één van de stoffen **A** en **B** drie signalen, de andere vier.

- 10 Geef structuurformules van **B**, **G** en **H**.

- 11 Leg uit welke van de stoffen **A** en **B** in het  $^{13}\text{C}$ -NMR drie signalen heeft.

Bij de oxidatie met dichromaat in een zure oplossing van **C** ontstaat een keton **I**.

**D** reageert niet met een oxidator.

- 12 Geef de structuurformules van **C**, **D** en **I**.

- 13 Welke van de alcoholen **A–D** is optisch actief?

## Opgave 4 De bleekgroene zuurstofvreter

Je maakt een ijzer(II)sulfaatoplossing door oplossen van 9,830 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  in verdund zwavelzuur en vult met water aan tot  $250,0 \text{ cm}^3$ .

- 14 Bereken de concentratie van ijzer(II) in de oplossing.

Men brengt de oplossing over in een fles van  $0,50 \text{ dm}^3$ . De fles wordt afgesloten met een stop. Bij contact met lucht wordt ijzer(II) door zuurstof langzaam omgezet in ijzer(III).

Na ongeveer drie maanden maak je de fles open en je neemt er  $25,00 \text{ cm}^3$  oplossing uit. Je titreert deze oplossing met  $26,20 \text{ cm}^3$   $0,02000 \text{ M}$  kaliumpermanganaat( $\text{KMnO}_4$ )oplossing. Bij deze titratie ontstaat ijzer(III) en mangaan(II).

Bij het openen van de fles hoor je een duidelijk sissgeluid.

- 15 Geef een verklaring voor dit sissgeluid.

- 16 Geef de reactievergelijking van de titratie reactie.

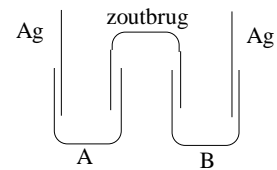
- 17 Bereken de ijzer(II)concentratie van de oplossing in de fles.

- 18 Bereken hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid ijzer(II)ionen geoxideerd is tot ijzer(III).

## Opgave 5 Een heel gedoe in een halfcel

Men bouwt in een microschaalexperiment de volgende cel.

Halfcel A bevat 20 druppels van een 0,100 M  $\text{AgNO}_3$ -oplossing. Halfcel B een mengsel van 1 druppel van dezelfde zilvernitraatoplossing en 19 druppels 0,200 M natriumchloride-oplossing.



- 19 Wat kun je waarnemen in halfcel B tijdens het mengen van de oplossingen?
- 20 Bereken de chlorideconcentratie in halfcel B na mengen.
- 21 Leg uit of de zilverelektrode in halfcel B de plus- of de minpool is.

De bronspanning van de cel is 0,47 V.

De bronspanning van een zilverelektrode gemeten tov een standaard waterstofelektrode wordt gegeven door:  $E = 0,80 + 0,059 \log [\text{Ag}^+]$  (Potentialiaal in volt)

- 22 Bereken de zilverconcentratie in halfcel B.
- 23 Bereken met behulp van de antwoorden in  20 en  22 het oplosbaarheidsproduct van zilverchloride.

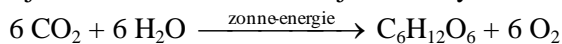
## Opgave 6 Oplosbaarheidsquotient?

Calciumcarbonaat en calciumoxalaat zijn onoplosbare zouten. Een oplossing is verzadigd met beide zouten. Neem aan dat de negatieve ionen geen zuur-basereactie ondergaan.

- 24 Bereken de concentratieverhouding  $\frac{\text{carbonaat}}{\text{oxalaat}}$ .
- 25 Bereken de calciumconcentratie.

## Opgave 7 De koolzuurkringloop

Diatomeeën zijn microscopisch kleine organismen, die in de oceanen voorkomen. Ze vormen een rijke voedselbron doordat zij via fotosynthese uit koolstofdioxide en water koolhydraten vormen:



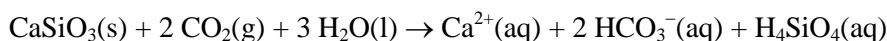
Diatomeeën worden onder andere gegeten door 'krill', een verzamelnaam voor plankton en andere kleine, in zee levende organismen. Het krill is op zijn beurt weer voedsel voor de blauwe vinvis, een walvissoort. Er is 10 kg diatomeeën nodig voor de productie van 1,0 kg krill. Gedurende de eerste vijf jaar van zijn leven neemt de massa van een blauwe vinvis met 75 kg per dag toe door het eten van krill. Deze walvis eet tien maal deze massa aan krill per dag.

- 26 Bereken het aantal  $\text{m}^3 \text{CO}_2$  (0 °C, 101 kPa) dat door diatomeeën wordt gebruikt om de koolhydraten te produceren die door een blauwe vinvis in de eerste vijf jaar van zijn leven worden verorberd.

Neem aan dat de massatoename van deze walvis in de eerste vijf jaar van zijn leven geheel valt toe te schrijven aan het eten van koolhydraten ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).

- 27 Hoeveel  $\text{m}^3$  zeewater wordt door diatomeeën verwerkt om de hoeveelheid koolhydraten te produceren die een blauwe vinvis nodig heeft gedurende de eerste vijf jaar van zijn leven? In 1,00 liter zeewater van 24 °C en 101 kPa is 0,23 mL  $\text{CO}_2$  opgelost. Neem aan dat diatomeeën al het  $\text{CO}_2$  uit het zeewater weghalen.
- 28 Welke fractie van het totale volume van de oceanen is nodig om te voorzien in de  $\text{CO}_2$  die voor de groei van 1000 blauwe vinvissen gedurende de eerste vijf jaar van hun leven nodig is? Het totale volume van de oceanen is  $1,37 \cdot 10^{18} \text{m}^3$ .

Van de massa van een volwassen walvis bestaat 18,0 % uit koolstof. Koolstof kan terugkeren in de atmosfeer als koolstofdioxide, en vervolgens weer uit de atmosfeer verdwijnen door verwerking van gesteenten die calciumsilicaat bevatten:



- 29 Hoeveel gram  $\text{CaSiO}_3$  kan maximaal verwerken door reactie met het  $\text{CO}_2$  dat ontstaat door het vergaan van 1000 blauwe vinvissen van  $9,1 \cdot 10^4$  kg elk (het aantal dat er naar schatting per jaar sterft)?

## Opgave 8 Beetje kier is beter

Acht kaarsen van zuiver stearinezuur,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  met een massa van 58,0 g elk worden verbrand in een caravan met een luchtvolume van  $19,0 \text{ m}^3$ . De caravan heeft geen kieren, zodat er geen gasuitwisseling met de omgeving optreedt.

De tabel geeft de samenstelling van lucht in het begin in vol %.

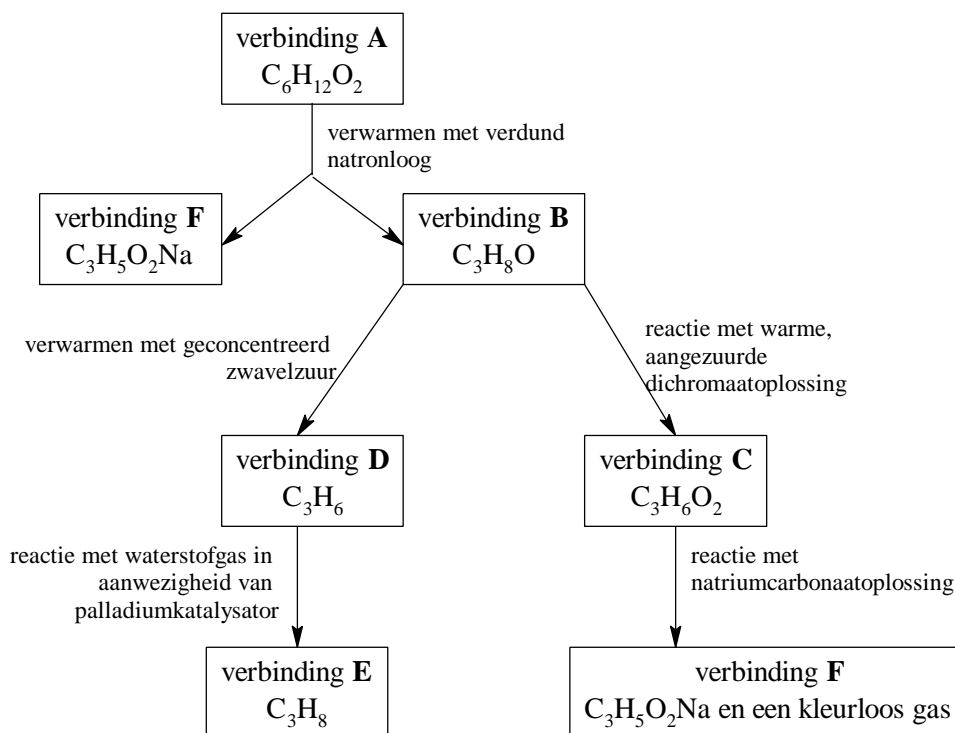
zuurstof	stikstof	argon
21,0	78,1	0,90

In het begin is de temperatuur  $21,0 \text{ }^\circ\text{C}$  en de druk  $98,0 \text{ kPa}$ .

- 30 Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van stearinezuur.
- 31 Bereken de volumepercentages zuurstof en koolstofdioxide in de caravan na verbranding. Verwaarloos het geringe koolstofdioxidegehalte voor de verbranding.

## Opgave 9 A verEFFenen

- 32 Geef structuurformules voor de verbindingen **A** tot en met **F** in onderstaand reactieschema.



- 33 Geef de halfreacties en de reactievergelijking voor de omzetting van verbinding **B** in verbinding **C** met aangezuurde kaliumdichromaatoplossing (organische stoffen in molecuulformules). 6

## Opgave 10 Zeewaterneerslag

Men brengt  $5,00 \text{ cm}^3$  zeewater met een pipet over in een erlenmeyer. Om een geschikt volume te krijgen voegt men  $20,00 \text{ cm}^3$  demiwater toe en ook een indicator. De verkregen oplossing wordt dan getitreerd met  $16,4 \text{ cm}^3$   $0,1000 \text{ M}$  zilvernitraatoplossing.

- 34 Geef de reactievergelijking van de titratie.
- 35 Bereken de chlorideconcentratie in het zeewater.

De indicator is een 5,00 massa% kaliumchromaatoplossing,  $K_2CrO_4$ . De dichtheid van de oplossing is  $1,04 \text{ g cm}^{-3}$ . Voor de titratie wordt  $1,00 \text{ cm}^3$  van de indicatoroplossing toegevoegd.

- 36 Toon door berekening aan dat de chromaatconcentratie bij de werkelijke titratie in het equivalentiepunt  $0,0063 \text{ mol L}^{-1}$  is.

De kleurverandering wordt veroorzaakt doordat een rood neerslag van zilverchromaat gevormd wordt. Dit neerslag ontstaat pas als de zilverconcentratie in de oplossing voldoende groot is.

- 37 Bereken de zilverconcentratie op het moment dat de vorming van het zilverchromaatneerslag begint.
- 38 Bereken ter vergelijking de zilverconcentratie op het eigenlijke equivalentiepunt.

## ■ Opgave 11    Structuur uit loog, zuur en vriespunt

Als men een niet-vluchtige stof oplost in een oplosmiddel, heeft de verkregen oplossing een lager vriespunt dan het zuivere oplosmiddel. Men noemt dit verschijnsel vriespuntsdaling (vpd). In een zeker oplosmiddel is de vpd alleen afhankelijk van het totaal aantal opgeloste deeltjes. De vpd veroorzaakt door 1 mol opgeloste deeltjes in een kg oplosmiddel noemt men de molaire vpd. De molaire vpd van het oplosmiddel water is 1,86 K.

Het vriespunt van een 12,5 massa-% oplossing van verbinding **A** in water is  $-1,48 \text{ }^\circ\text{C}$ . 0,8640 g van verbinding **A** wordt volledig verbrand in zuurstof. De hete damp wordt door geconcentreerd zwavelzuur geleid en vervolgens door een buis gevuld met natriumhydroxide. De massa van zwavelzuur neemt toe met 0,5184 g, die van natriumhydroxide met 1,2672 g. Er blijft na doorleiden alleen zuurstof over.

Een oplossing van **A** in water is neutraal. **A** is geen cyclisch molecuul en komt in de natuur voor. Het heeft drie chirale centra.

- 39 Leid met behulp van de bovenstaande gegevens de structuurformule van **A** af.

## ■ Opgave 12    Zuur plus zuur blijft zuur

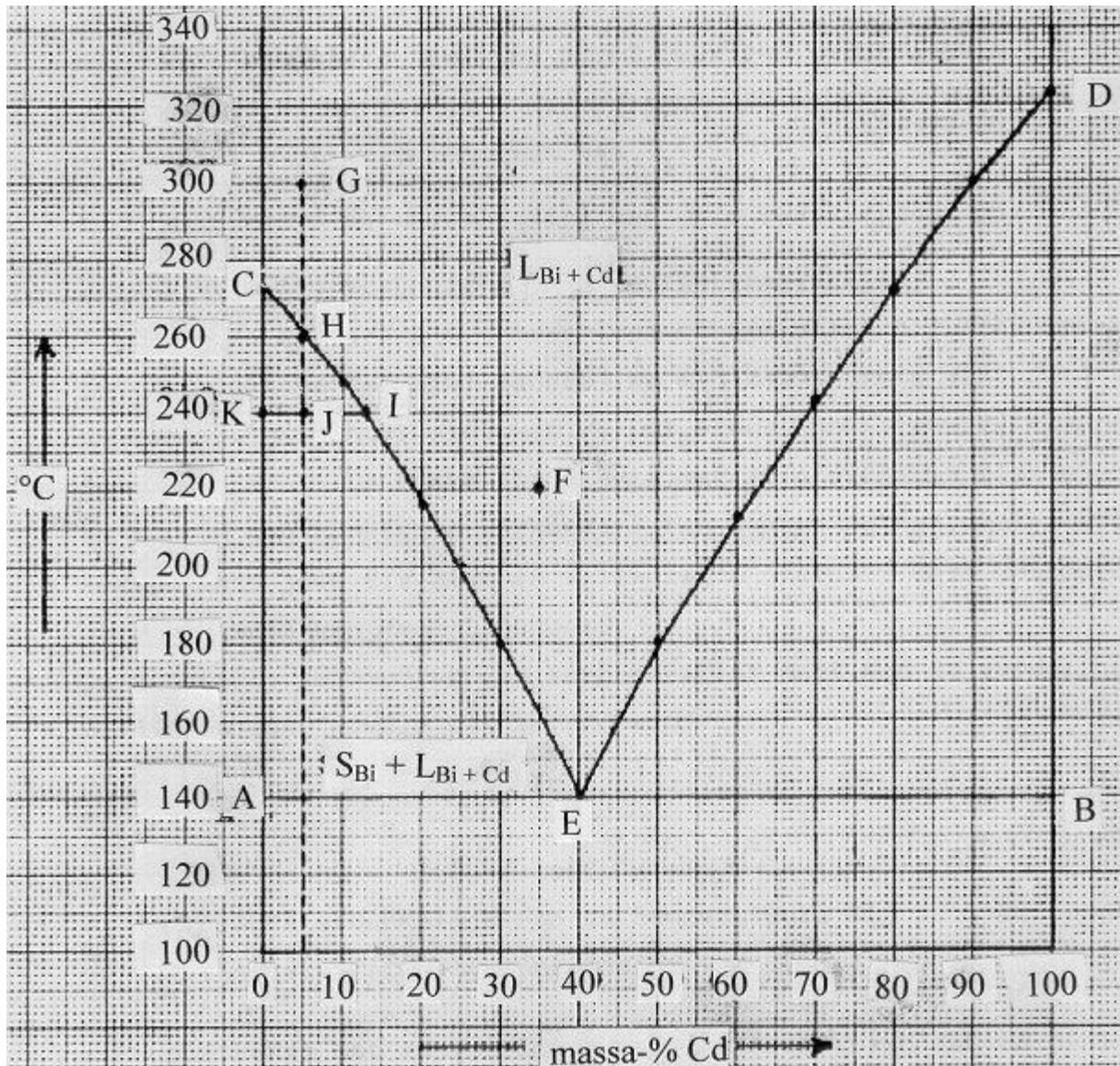
Gelijke volumes azijnzuur en mierenzuur van dezelfde concentratie worden bij elkaar gevoegd. De pH van het verkregen mengsel is 3,00.

- 40 Bereken hoeveel procent van de azijnzuurmoleculen in ionen gesplitst is.
- 41 Bereken de beginconcentratie van de zuren.

## ■ Opgave 13    De 2<sup>e</sup> fase

De faseleer is een tak van de chemie, die zich in de meest ruime zin bezighoudt met faseovergangen, d.w.z. de overgang van de ene naar de andere aggregatietoestand. Men kan een systeem, bestaande uit twee stoffen, bestuderen door in een diagram de temperatuur, waarbij een faseovergang plaatsvindt, uit te zetten tegen de samenstelling van het systeem (b.v. in massa%). De druk op het systeem wordt constant gehouden.

Stelt men op deze manier het fasediagram samen van bismut (Bi, smeltpunt  $273 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en cadmium (Cd, smeltpunt  $323 \text{ }^\circ\text{C}$ ), dan vindt men het volgende diagram.



Een dergelijk diagram geldt voor twee stoffen, die geen verbinding kunnen vormen, die in de vaste fase totaal niet mengen en die in de vloeibare fase in elke verhouding mengbaar zijn.

Dit laatste – dus de volledige mengbaarheid in de vloeistoffase – is in het diagram aangegeven met de faseaanduiding  $L_{Bi+Cd}$  – de toestandsaanduiding L met als index, Bi + Cd, de formule van het mengsel – boven de lijnen CE en DE. In de vaste toestand (onder de lijn AB) zijn Bi en Cd zoals eerder opgemerkt totaal niet mengbaar. Hier zijn dus in feite twee fasen aanwezig, omdat er hier strikt genomen geen sprake is van een mengsel. Ook in het gebied AEC onderscheidt men twee fasen: vast Bi en het vloeistofmengsel Bi-Cd. Voor dit gebied geldt de faseaanduiding  $S_{Bi} + L_{Bi+Cd}$ . Punt E is het eutectisch punt; alle hiervoor vermelde fasen zijn in dat punt met elkaar in evenwicht. De genoemde toestandsaanduidingen zijn afgeleid van L = liquid (vloeistof), S = solid (vaste stof) en G = gas (gas).

- 42 Welke faseaanduiding geldt voor het gebied onder de lijn AB?
- 43 Welke faseaanduiding geldt voor het gebied EBD?

In plaats van het massapercentage zet men op de horizontale as ook wel de molfractie uit; dit is het aantal mol van een component gedeeld door het totaal aantal mol.

- 44 Bereken de molfractie Cd in het eutectisch punt E.
- 45 Beredeneer of de ligging van de lijnen CE en DE verandert als men op de horizontale as de molfractie Cd in plaats van het massapercentage Cd gaat uitzetten.



Zuivere stoffen, zoals Bi en Cd, hebben scherpe smeltpunten. Mengsels daarentegen (zoals die van Bi en Cd) vertonen een smelttraject; het mengsel begint te smelten bij een bepaalde temperatuur en is pas gesmolten bij een hogere temperatuur. Er is één uitzondering: één Cd-Bi-mengsel met een bepaalde samenstelling heeft óók een scherp smeltpunt. Dit gedrag kan men uit het diagram afleiden.

- 46 Wat is de samenstelling van dit bijzondere Cd-Bi-mengsel?

Men kan de lijn CE opvatten als de oplosbaarheidskromme van Bi in (vloeibaar) Cd.

- 47 Maak dit duidelijk door uit het diagram af te leiden wat er gebeurt, als men aan een Bi-Cd-mengsel met 35 massa% Cd bij 220 °C (punt F) steeds meer Bi toevoegt.

Tevens is de lijn CE bruikbaar bij de volgende procedure.

Men laat 200 g van een vloeibaar Bi-Cd-mengsel met 5 massa % Cd vanaf 300 °C (punt G) afkoelen. onder uitsluiting van stolvertraging zal bij 260 °C (punt H) de kristallisatie van Bi beginnen. Bij verdere afkoeling krijgt de lijn HE een opmerkelijke betekenis. Er komt dan steeds meer vast Bi in evenwicht met het vloeibare Bi-Cd-mengsel.

De verhouding waarin deze fasen bij b.v. 240 °C voorkomen, volgt uit de regel van Tamman, ook wel de hefboomregel genoemd, n.l.:

$$\frac{\text{aantalg } S_{\text{Bi}}}{\text{aantalg } L_{\text{Bi} + \text{Cd}}} = \frac{I J}{J K}$$

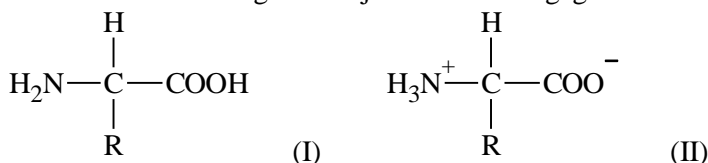
Men laat afkoelen tot 200 °C.

- 48 Leg uit dat men deze procedure als scheidingsproces kan gebruiken.
- 49 Leid m.b.v. de regel van Tamman uit het diagram af hoe de oplosbaarheid van vast Bi in vloeibaar Cd verandert bij afnemende temperatuur.
- 50 Laat door middel van berekening zien hoeveel gram vast Bi, hoeveel gram vloeibaar Bi en hoeveel gram vloeibaar Cd bij 200 °C aanwezig zijn in 200 g mengsel met 5 massa % Cd.

## ■ Opgave 14 Met ladingen zonder lading

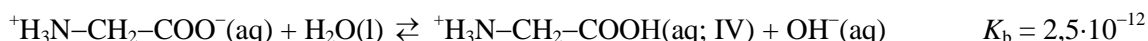
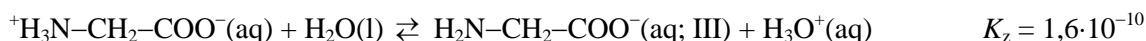
Een aminozuur dat in water is opgelost gedraagt zich als een amfolyt (= amfotere stof): het kan zowel een  $\text{H}^+$ -ion opnemen als afstaan. In sterk basisch milieu bevat een aminozuur twee basische groepen:  $-\text{NH}_2$  en  $-\text{COO}^-$ . In sterk zuur milieu heeft een aminozuur twee zure groepen:  $-\text{NH}_3^+$  en  $-\text{COOH}$ .

Hoewel aminozuren gewoonlijk worden weergegeven met de algemene formule (I),



ondersteunen noch de fysische noch de chemische eigenschappen deze structuur. Op grond van chemische en fysisch-chemische experimenten is men tot de conclusie gekomen dat een aminozuur beter kan worden voorgesteld door de algemene formule (II).

Glycine (aminoazijnzuur) is het eenvoudigste aminozuur. De groep R in de algemene formule (II) is dan een waterstofatoom. Als glycine in water wordt opgelost, bestaan de volgende evenwichten.

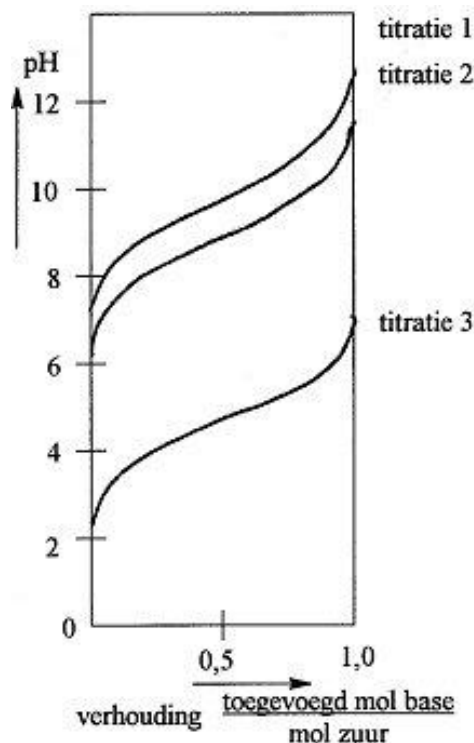


- 51 Beredeneer of een oplossing van glycine in water zuur, basisch of neutraal reageert.
- 52 Beredeneer welke basische groep als eerste een proton zal opnemen wanneer aan een oplossing van glycine in sterk basisch milieu een zuur wordt toegevoegd.

Als we glycine oplossen in water, zijn de concentraties van de ionen III en IV niet gelijk. In het *isoelektrisch punt*, I.E.P. van glycine zijn de concentraties van de ionen III en IV wel gelijk.

Gemiddeld is het aminozuur dan elektrisch neutraal en het verplaatst zich onder die omstandigheden niet in een aangelegd elektrisch veld. Deze situatie kan men bereiken door het veranderen van de pH van de oplossing. Het I.E.P. is dan ook gedefinieerd als de pH waarbij het aminozuur geen netto-lading bezit. Elk aminozuur wordt gekarakteriseerd door zijn I.E.P.

- 53 Beredeneer dat men door het toevoegen van een zuur aan een oplossing van glycine zowel de concentratie van het ion III als van het ion IV kan veranderen.
- 54 Beredeneer of het I.E.P. van glycine overeenkomt met een pH kleiner dan, gelijk aan of groter dan 7.
- 55 Bereken de nauwkeurige waarde van het I.E.P. van glycine. Aan de bovenstaande inzichten hebben o.a. de experimenten van Sørensen bijgedragen. Sørensen titreerde achtereenvolgens met natronloog:
  1. een oplossing van ethylammoniumchloride ( $C_2H_5NH_3^+Cl^-$ ) in water
  2. een oplossing van glycine in water
  3. een oplossing van azijnzuur in water.
 De concentraties van de opgeloste stoffen waren ongeveer gelijk. Sørensen verkreeg de titratiecurves in bijgaand diagram.
- 56 Formuleer zo nauwkeurig mogelijk waarom de drie titratiecurves een ondersteuning vormen voor het bestaan van structuur II van glycine.



## ■ Opgave 15 Geef genoeg gas!

Voor het vullen van een airbag met gas kan men natriumazide,  $NaN_3$  elektrisch ontsteken.

- 57 Geef de reactievergelijking van deze ontleding van natriumazide.
- 58 Bereken hoeveel g natriumazide nodig is om een ballon met  $V = 50$  L bij een temperatuur van  $120^\circ C$  te vullen. Het gas in de ballon heeft een druk van 1300 hPa.

Men vult een meetbuisje met  $20\text{ cm}^3$  van een gas en voegt daar vervolgens  $80\text{ cm}^3$  zuurstof aan toe. Dit mengsel wordt elektrisch ontstoken. Nadat het reactiemengsel weer op begin-temperatuur en -druk is gekomen, blijkt het volume vermindert te zijn met  $10\text{ cm}^3$ . Er is nog zuurstof over.

- 59 Beredeneer voor elk van de onderstaande gassen, aan de hand van een reactievergelijking, of het dat gas geweest kan zijn.  
waterstof   ammoniak   koolstofmonoxide   etheen   methaan

## ■ Opgave 16 Warmte uit en in water

Men heeft de beschikking over een joulemeter met een perfecte warmte-isolatie. Deze is in het begin gevuld met water van  $22,55^\circ C$ . Als men er 7,80 g van het zout  $ZnSO_4$  in oplost, stijgt de temperatuur tot  $23,52^\circ C$ . In een tweede experiment vult men dezelfde joulemeter met water van  $22,15^\circ C$ . Daarin lost men 12,30 g van het zout  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  op. Na oplossen is de temperatuur  $21,84^\circ C$ . De warmtecapaciteit van het systeem (oplossing en het vaatje) is in beide experimenten  $0,900\text{ kJ K}^{-1}$ .

- 60 Bereken de reactiewarmte  $\Delta_r H$  van de omzetting:  $ZnSO_4(s) + 7 H_2O(l) \rightarrow ZnSO_4 \cdot 7H_2O(s)$

Op de top van de Mount Everest in Tibet (hoogte: 8.848 m,  $p = 0,316\text{ atm}$ ) is het kookpunt van water  $70,0^\circ C$ . In Death Valley, California op 85,95 m beneden zeeniveau ( $p = 1,013\text{ atm}$ ) kookt water bij  $100,3^\circ C$ .

De Clausius-Clapeyronvergelijking luidt:  $\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta_{\text{verd}}H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

- 61 Bereken met behulp van deze gegevens de molaire verdampingswarmte  $\Delta_{\text{verd}}H$  van water.

## ■ Opgave 17 Verhouding is zoek

Van het element mangaan bestaan meerdere oxiden. Bij verhitten van één van deze oxiden **A** ontstaat er een ander oxide **B**. Hierbij verliest oxide **A** 12,27% van zijn massa.

- 62 Bereken de verhoudingsformules van deze mangaanoxiden.

Een organische verbinding **A** bevat de elementen C, H en O. Bij volledige verbranding ten behoeve van een analyse blijkt dat 1,800 g **A** 2,640 g koolstofdioxide en 1,081 g water oplevert.

- 63 Bereken de experimentele (verhoudings)formule van **A**.
- 64 Geef de systematische namen van alle verbindingen met deze experimentele (verhoudings)formule die één of twee koolstofatomen per molecuul bevatten.

## ■ Opgave 18 IJzersterke verzuring

Veel waterstroompjes die door gebieden lopen waar metalen worden gewonnen, zijn zuur en bevatten hoge concentraties aan ijzer- en sulfaationen. Dit komt doordat zwavelhoudende ertsen in contact komen met de atmosfeer of met zuurstofrijk water.

Het meest voorkomende zwavelhoudende mineraal is pyriet,  $\text{FeS}_2$ . De lading van de ijzerionen in dit mineraal is 2+. Als water uit een ijzerrijk stroompje mengt met zuiver water uit andere stroompjes, dan vormt zich een neerslag van goethiet,  $\text{FeO}(\text{OH})$ . Dit zet zich af op de bodem van het stroompje, terwijl het water erin zuur blijft.

- 65 Geef de elektronenformule van het  $\text{S}_2^{2-}$ -ion. Alle valentie-elektronen moeten in deze formule zijn aangegeven.

Bij de oxidatie van pyriet worden  $\text{H}^+$ -ionen, ijzer(II)ionen en sulfaationen gevormd.

- 66 Geef de vergelijking van deze reactie.

Als uit de ijzer(II)ionen door oxidatie goethiet,  $\text{FeO}(\text{OH})$  ontstaat, wordt nog meer  $\text{H}^+$  gevormd.

- 67 Geef de vergelijking van deze reactie.
- 68 Bereken hoeveel mol pyriet nodig is om 1,0 L zuiver water op pH 3,00 te brengen. Neem aan dat het pyriet volledig wordt omgezet in  $\text{FeO}(\text{OH})$  en  $\text{H}^+$  en dat vorming van  $\text{HSO}_4^-$  verwaarloosd mag worden.

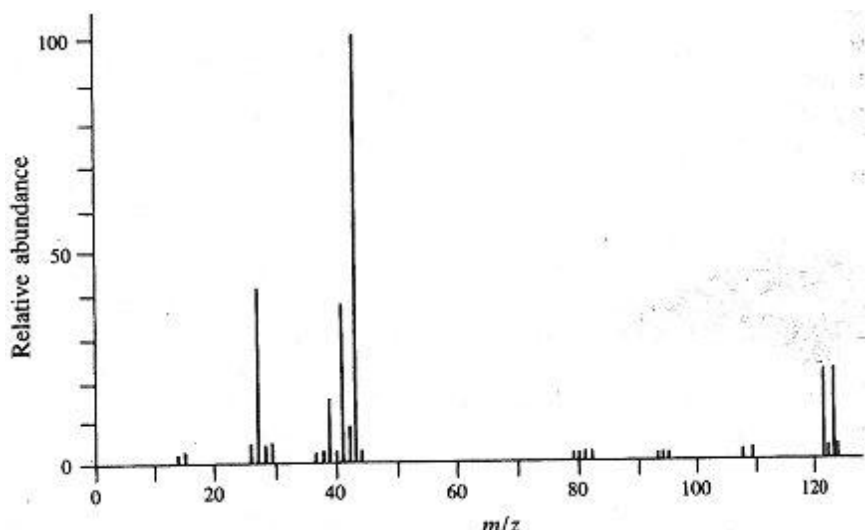
In een bepaald stroompje is de Fe(II)concentratie  $0,00835 \text{ mol L}^{-1}$ . Via een nauwe doorgang mondt dit stroompje uit in een grote vijver. In de doorgang is de stroomsnelheid 20,0 L per minuut.

Doordat er in de doorgang veel lucht in het stroompje kan komen, wordt daar 75% van het Fe(II) omgezet in Fe(III). De pH in de vijver is zo hoog ( $> 7$ ) dat er onmiddellijk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  neerslaat. Na verloop van tijd wordt dit omgezet in  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

- 69 Bereken hoeveel ton  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  zich afzet gedurende een periode van twee jaar op de bodem van de vijver.

## ■ Opgave 19 Parende pieken

In bijgaande figuur staat het massaspectrum van een stof met de molecuulformule  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$ .



- 70 Geef de structuurformules van de twee isomeren met de molecuulformule  $C_3H_7Br$ .
- 71 Geef de ionisatiereactie in elektronenformules van een van deze isomeren.

In dit spectrum tref je op verschillende plaatsen een piekenpaar met  $m/z = M, M+2$  aan waarvan de afzonderlijke pieken vrijwel dezelfde intensiteit hebben. Voorbeelden van zo'n piekenparen zijn  $m/z = 122, 124$ ;  $79, 81$ ;  $80, 82$ . Maak bij deze vragen gebruik van Binas, 38C.

- 72 Leg met behulp van Binas, tabel 25 het bestaan van zo'n piekenpaar uit.
- 73 Geef de elektronenformule van het deeltje bij piekenpaar  $80, 82$ .
- 74 Leg met behulp van een reactievergelijking in elektronenformules uit hoe de basispiek met  $m/z = 43$  ontstaat.

Bij  $m/z = 44$  vind je ook een piekje met relatieve piekintensiteit van 3,36

- 75 Leg uit dat je met behulp van deze relatieve intensiteit het aantal C-atomen in het fragmention kunt bepalen.

Uit de basispiek bij  $m/z = 43$  en het kleine piekje bij  $m/z = 15$  kun je afleiden van welk isomeer van  $C_3H_7Br$  het massaspectrum is gegeven.

- 76 Leg uit om welk isomeer het hier gaat.

## ■ Opgave 20 O, zo'n dubbele binding toch!

De dubbele binding in een alkeen kan door een reactie met ozon gebroken worden. Hierbij ontstaat een ozonide dat onder oxiderende omstandigheden ketonen en/of carbonzuren oplevert. Het totale proces heet ozonolyse.

- 77 Geef de structuurformules van de producten **E** en **F** die gevormd worden bij ozonolyse van 1-fenyl-2-methylpropeen (**E** is het gevormde zuur).

De drie verbindingen **G**, **H**, en **J** zijn isomeren met de formule  $C_7H_{13}Cl$ . Ozonolyse van deze stoffen geeft de volgende ozonolyseproducten.



- 78 Geef de structuurformules van **G**, **H**, en **J**.
- 79 Hoeveel isomeren zijn er van **G**, hoeveel van **H**, en hoeveel van **J**?

## Opgave 21 Verontreiniging slechts licht door licht

Organische verontreinigingen in water kunnen in een fotokatalytische reactie met  $\text{TiO}_2$  en UV-licht verwijderd worden. Zo kan bijvoorbeeld salicylzuur (2-hydroxybenzeencarbonzuur) volledig in  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  omgezet worden.

Aan een salicylzuuroplossing wordt 0,0125 g  $\text{TiO}_2$  toegevoegd en dan wordt het geheel zo met zuur aangelengd dat een hoeveelheid van 25 mL met een salicylzuurconcentratie van  $7,24 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$  en  $\text{pH} = 3,6$  verkregen wordt. Deze oplossing wordt dan met zuurstof ( $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) verzadigd en gedurende het hele proces houdt men de oplossing verzadigd met zuurstof. Onder deze omstandigheden bedraagt de zuurstofconcentratie  $0,266 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ . Het met zuurstof verzadigde mengsel wordt dan gedurende een tijd  $t$  met een xenonlamp belicht. Na belichting filtreert men de suspensie en verdunt het filtraat met een factor tien. De salicylzuurconcentratie wordt dan fotometrisch bepaald. Daarbij verkrijgt men de volgende resultaten.

$t$ in min	0	10	40	60	90
extinctie $E$	0,259	0,236	0,168	0,123	0,055

(in dit concentratiebereik geldt de wet van Lambert-Beer: extinctie is evenredig met concentratie en weglengte)

- 80 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van deze fotokatalytische omzetting van salicylzuur.
- 81 Bereken de orde van de reactie met betrekking tot salicylzuur.
- 82 Bereken de verwachte salicylzuurconcentratie na 30 min belichten na tienvoudige verdunning.

Bij een ander experiment wordt vastgesteld dat de reactie van de eerste orde is in zuurstof ( $\text{O}_2$ ). Een monster met bovengenoemde beginconcentratie wordt nu met lucht (20 vol% zuurstof) in plaats van met zuivere zuurstof verzadigd en 40 minuten belicht.

- 83 Bereken de salicylzuurconcentratie na 40 min belichtingstijd.

## Opgave 22 Allerhande

*Bij deze opgave moet je alleen korte antwoorden geven.*

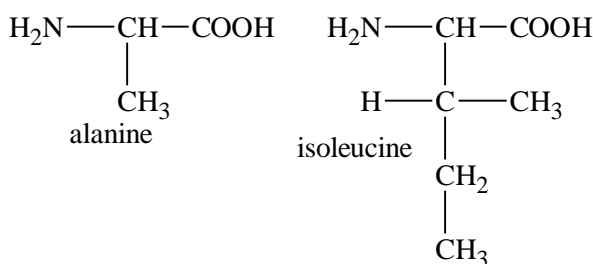
Een verbinding van koolstof, chloor, stikstof en zwavel en geen enkel ander element levert bij volledige verbranding koolstofdioxide, chloor, stikstof en zwaveldioxide (alle gasvormig) in de volumeverhouding 4 : 1 : 2 : 4.

- 84 Geef de verhoudingsformule van deze verbinding.
- 85 Geef de reactievergelijking van de reactie tussen een aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing en zwaveldioxide.
- 86 Rangschik de volgende 0,10 M oplossingen naar afnemende pH (Dus eerst de oplossing met de hoogste pH).

Hac          HCl          NaAc          NaCl          NaOH

Aan oplossingen van de volgende zouten wordt ijzerpoeder toegevoegd:  
koper(II)nitraat, magnesiumnitraat, natriumnitraat, zilvernitraat en zinknitraat.

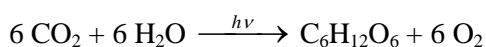
- 87 Welke metalen slaan neer?
- 88 Van welke van de volgende aminozuren zijn er optisch actieve vormen? Geef de asymmetrische centra (chirale C-atomen) met \* aan.



## Opgave 23 Eutrofiëring

Het volume van het water in de Oostzee is  $24.000 \text{ km}^3$ . De jaarlijkse toestroom van rivierwater bedraagt  $500 \text{ km}^3$ . Als verdamping en regenval met elkaar in evenwicht zijn, verlaat een even groot volume water elk jaar de Oostzee via de beide Belten en de Sont. De samenstelling in de uitstroom is ongeveer dezelfde als die van het water 10 meter onder het wateroppervlak.

De belangrijkste biologische reactie is de fotosynthese:



Deze reactie vindt plaats in organismen die voor hun groei onder meer fosfor en stikstof nodig hebben.

**Tabel 1** Gemeten concentraties van verschillende opgeloste stoffen in de toestroom en op verschillende diepten in de Oostzee.

soort deeltje hoeveelheden per L	toestroom	oppervlaktewater	10 m onder wateroppervlak	100 m onder wateroppervlak
fosfaat	1,0 $\mu\text{mol}$	0	0,7 $\mu\text{mol}$	3,0 $\mu\text{mol}$
$\text{NO}_3^-$	16 $\mu\text{mol}$	2 $\mu\text{mol}$	10 $\mu\text{mol}$	0
$\text{SO}_4^{2-}$	1 mmol	5 mmol	5 mmol	0
$\text{Fe}^{3+}$	10 nanomol	1 nanomol	1 nanomol	0

De fosfaathoeveelheid heeft betrekking op de totale concentratie van alle soorten deeltjes in het fosfaatsysteem. De toestroom heeft pH 5,0. De Oostzee heeft een pH 8,2.

**Tabel 2** Belangrijke ionisatie- en oplosbaarheidsconstanten

$\text{p}K_z(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2,2$	$\text{p}K_z(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 7,2$	$\text{p}K_z(\text{HPO}_4^{2-}) = 12,2$
$\text{p}K_z(\text{HS}^-) = 14,2$	$\text{p}K_s(\text{FePO}_4) = 19,2$	$\text{p}K_s(\text{FeS}) = 18,0$

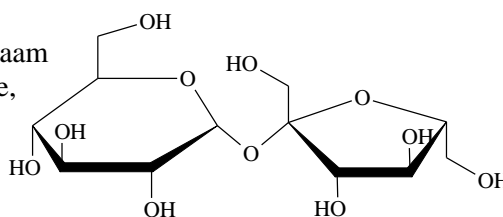
Hieronder staan de chemische reacties, transportprocessen en biologische processen die bepalend zijn voor de hoeveelheden van de verschillende soorten deeltjes in de Oostzee.

<i>chemische reacties</i>	1.	$\text{Fe}^{3+} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightarrow \text{FePO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$
	2.	$8 \text{ FePO}_4(\text{s}) + 9 \text{ HS}^- + 9 \text{ OH}^- \rightarrow 8 \text{ FeS}(\text{s}) + 8 \text{ HPO}_4^{2-} + \text{SO}_4^{2-} + 5 \text{ H}_2\text{O}$
<i>transportprocessen</i>	3.	fosfaat (rivier) $\rightarrow$ fosfaat (zee)
	4.	$\text{NO}_3^-$ (rivier) $\rightarrow$ $\text{NO}_3^-$ (zee)
	5.	$\text{SO}_4^{2-}$ (rivier) $\rightarrow$ $\text{SO}_4^{2-}$ (zee)
<i>biologische processen</i>	6.	fosfaat (zee) $\rightarrow$ P (ingebouwd in biomassa)
	7.	$\text{NO}_3^-$ (zee) $\rightarrow$ N (ingebouwd in biomassa)
	8.	$\text{NO}_3^-$ (zee) $\rightarrow$ $\text{N}_2$ (in evenwicht met organische stof)
	9.	$\text{SO}_4^{2-}$ (zee) $\rightarrow$ $\text{HS}^-$ (in evenwicht met organische stof)

- 89 Bereken hoeveel ton stikstof (N) elk jaar via de rivieren de Oostzee in stroomt.
- 90 Bereken met hoeveel ton de hoeveelheid fosfor (P) in de Oostzee elk jaar toeneemt.
- 91 Welk deeltje van het fosfaatsysteem komt het meeste voor in de toestroom, en welk in de zee zelf? Leg je antwoord uit.
- 92 Toon aan dat er zich 10 m onder het oppervlak een evenwicht heeft ingesteld volgens reactie 1.

## Opgave 24 Inversie van suiker

Tafelsuiker is zuiver sacharose. Sacharose komt voor in suikerbieten en suikerriet. In oplossing wordt sacharose langzaam gehydrolyseerd tot een oplossing van D-glucose en D-fructose, invertsuiker genaamd. De hydrolyse kan gevolgd worden door middel van polarimetrie. De sacharose-oplossing is rechtsdraaiend ( $[\alpha]_D^{20} = +66,53 \text{ }^\circ \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ dm}^{-1}$ ), en de oplossing van invertsuiker is linksdraaiend ( $[\alpha]_D^{20}(\text{glucose}) = +52,7 \text{ }^\circ \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ dm}^{-1}$  en  $[\alpha]_D^{20}(\text{fructose}) = -92,4 \text{ }^\circ \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ dm}^{-1}$ ). De hydrolysesnelheid is sterk afhankelijk van de waterstofionenconcentratie.



- 93 Geef de reactievergelijking (-schema) voor de hydrolyse van sacharose. Geef reactant en producten met Haworthformules weer.

De inversie van suiker wordt gemeten bij 25 °C. De onderstaande tabel geeft de meetwaarden.

Tabel 3 gemeten draaiingshoek

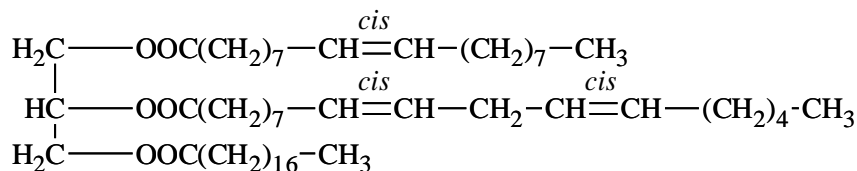
$t / \text{min}$	0	10	20	40	80	180	300	$\infty$
$\alpha / ^\circ$	6,60	6,17	5,79	5,00	3,71	1,40	-0,24	-1,98

$\alpha_\infty$  komt overeen met volledige omzetting.  $\alpha_t - \alpha_\infty$  is dus een maat voor de sacharoseconcentratie.

- 94 Laat met de gegeven waarden zien dat de hydrolyse reactie een eerste-orde reactie is en bereken de reactie(snelheids)constante. Vermeld ook de eenheid.
- 95 Bereken de activeringsenergie als gegeven is dat in een 0,1 M HCl-oplossing de snelheid verdubbelt als de temperatuur stijgt van 25 naar 30 °C.

## Opgave 25 Zonnebloemolie

Een bestanddeel **S** van zonnebloemolie bleek de volgende structuurformule te hebben



- 96 Hoeveel enantiomeren zijn er van **S**? Geef indien aanwezig met sterretjes (\*) de chirale centra van het molecuul aan.

**S** wordt omgezet met natriummethoxide. Dit geeft een mengsel waarin drie methylesters voorkomen.

- 97 Geef de structuurformules en de namen van deze drie esters. Gebruik indien nodig de *Z*, *E* notatie.

Om de plaats van de dubbele bindingen in de moleculen vast te stellen worden de onverzadigde methylesters eerst behandeld met ozon, dan met zink.

- 98 Geef de structuurformules van de vier reactieproducten met een aldehydfunctie. Geef ook de IUPAC-namen ervan.

Het verzepingsgetal van een olie is gedefinieerd als het aantal milligram kaliumhydroxide dat nodig is om 1 gram van de olie te hydrolyseren (verzeppen). Dit getal wordt gebruikt om de relatieve molaire massa's van oliën te vergelijken.

De massa van een mol **S** is 885,40 g.

- 99 Bereken hoeveel mL 0,996 M kaliumhydroxide-oplossing nodig is voor verzeeping van 10,0 g **S**.
- 100 Bereken het verzepingsgetal van **S**.

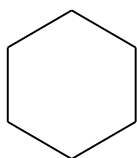
Het joodgetal van een olie is gedefinieerd als het aantal g jood,  $\text{I}_2$ , dat een additiereactie ondergaat met 100 g olie.

- 101 Bereken het joodgetal van **S**.

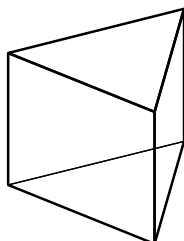
## Opgave 26 Geometrie

In die goede oude tijd van Werner was een studie van complexen volledig afhankelijk van klassieke methoden als elementanalyse, geleidbaarheidsmeting van een complex dat in oplossing dissocieert in elektrolyten, magnetische susceptibiliteit en magnetisch moment van de complexen, identificatie van bestaande geometrische isomeren en optische isomeren, etc.

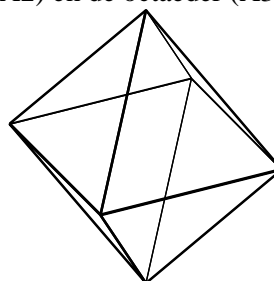
In het geval van coördinatiegetal 6 kan het centrale metaalatom drie mogelijke ruimtelijke vormen aannemen: de vlakke zeshoek (A1), het trigonale prisma (A2) en de octaëder (A3)



A1



A2



A3

(Opmerking: De octaëder A3 kan ook beschouwd worden als een antitrigonaal prisma).

Werner was in staat het juiste antwoord te vinden door het aantal geometrische isomeren die voor elk van de drie mogelijke ruimtelijke vormen (A1, A2, A3) kunnen bestaan te tellen. Hij maakte gebruik van de complex-formule  $MA_4B_2$  waarin A en B monodentale liganden zijn.

- 102 Teken alle mogelijke geometrische isomeren voor elk van de A1, A2 en A3-geometrieën.

Ter bevestiging van zijn conclusie besefte Werner ook de bestaansmogelijkheid van optische isomeren. L-L is een bidentaalligand. Koppel drie moleculen L-L aan de ruimtelijke vormen A1, A2, A3.

- 103 Geef alle mogelijke complexen die zo kunnen bestaan. Geef aan waar optische isomerie optreedt. Teken ook de paren optische isomeren.

Bij een coördinatie van 4 kan het centrale atoom een tetraëdrische, dan wel een vlakke vieromringing hebben. A, B, C en D zijn vier monodentale liganden, gebonden aan het centrale metaalatom M.

- 104 Vergelijk de mogelijke geometrische en optische isomeren voor deze twee omringingen (tetraëdrisch en vlakvier) van het complex MABCD.
- 105 Vervang de liganden A, B, C, D door twee liganden L-L en vergelijk opnieuw.

## Opgave 27 Wet van Beer

Oplossingen van de stoffen X en Y voldoen in een breed concentratiegebied aan de wet van Beer. De tabel bevat spectraalgegevens van deze oplossingen in een 1,00 cm cuvet.

Tabel 4 Spectraalgegevens

$\lambda$ (nm)	Extinctie (Absorbance)	
	X, $8,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$	Y, $2,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
400	0,077	0,555
440	0,096	0,600
480	0,106	0,564
520	0,113	0,433
560	0,126	0,254
600	0,264	0,100
660	0,373	0,030
700	0,346	0,063

- 106 Bereken de molaire extincties van X en Y bij 440 en 660 nm.



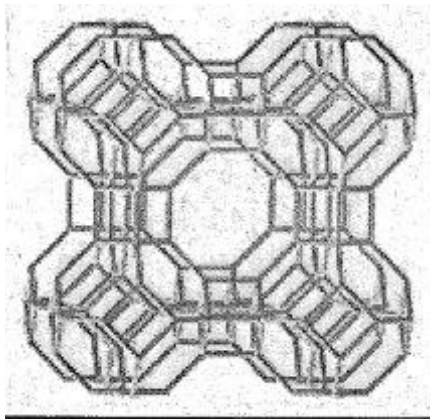
- 107 Bereken de extincties voor een oplossing die  $3,00 \cdot 10^{-5}$  M is in X en  $5,00 \cdot 10^{-4}$  M in Y bij 520 en 600 nm.

Een oplossing met X en Y geeft een extinctie van 0,400 bij 440 nm en van 0,500 bij 660 nm.

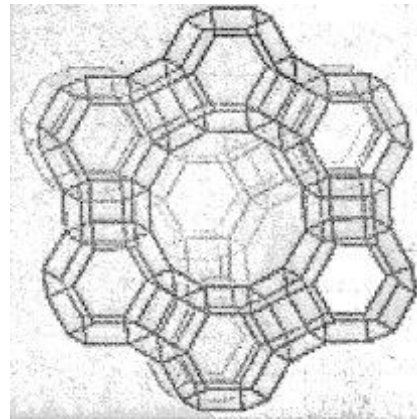
- 108 Bereken de concentratie van X en Y in de oplossing. Neem aan dat X en Y niet met elkaar reageren.

## ■ Opgave 28 Zeoliet

Een zeoliet kan beschouwd worden als een defect rooster van poreus  $\text{SiO}_2$  waarin enkele Si-atomen vervangen zijn door Al-atomen. Si en Al hebben een tetraëdrische omringing en zuurstof is verbonden met twee buren. Twee zeolietroosters, zeoliet A en zeoliet Y hebben de volgende structuur.

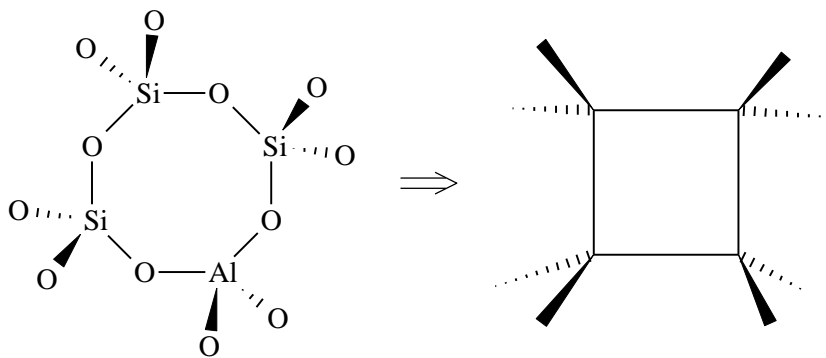


Figuur 1 (links) zeoliet A

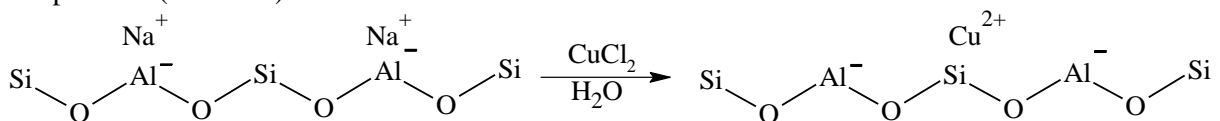


Figuur 2 (rechts) zeoliet Y

Hierin geven de tetraëdrische knooppunten Si of Al aan en het raamwerk stelt zuurstofbruggen voor.



Omdat aluminium een driewaardig kation is, krijgt dit atoom in het raamwerk een negatieve lading. Er moeten dus kationen in het rooster aanwezig zijn om dit negatieve raamwerk te neutraliseren. Deze kationen heten 'ladingbalans-kationen'. De interactie tussen deze kationen en het raamwerk is sterk ionair. Deze kationen zijn dus uitwisselbaar. Een zeoliet bijvoorbeeld met natrium ( $\text{Na}^+$ ) als uitwisselbaar kation (Na-zeoliet) kan omgezet worden in een 'koperuitgewisseld zeoliet, Cu-zeoliet' door eenvoudigweg roeren van zo'n zeoliet in verdunde  $\text{CuCl}_2$ -oplossing bij verhoogde temperatuur (60-80 °C)



Zeolieten worden op grote schaal gebruikt in de zeepindustrie om calciumionen uit hard water te verwijderen. In zeoliet (I) is  $\text{Si}/\text{Al} = 1$  en in zeoliet (II) is  $\text{Si}/\text{Al} = 2$

- 109 Leg uit welk van deze zeolieten het meest efficiënt is bij het verwijderen van calciumionen uit hard water.

Zeolieten met een  $H^+$ -ion als uitwisselbaar kation worden in de petrochemische industrie toegepast als zure katalysatoren.

- 110 Leg uit of er een hoge of een lage Si/Al-verhouding nodig is om een zeoliet met sterk zure eigenschappen te verkrijgen.

Bij normale omstandigheden zijn de zeolietporiën gevuld met watermoleculen. Dit zogeheten 'zeolietwater' kan uit de poriën verwijderd worden door verhitten tot 200-300 °C, afhankelijk van de Si/Al verhouding, het soort uitwisselbaar kation en de poriegrootte van het zeoliet.

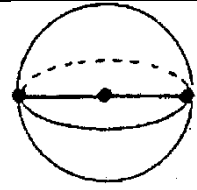
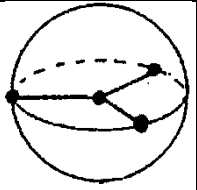
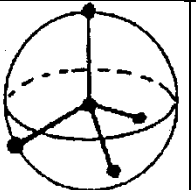
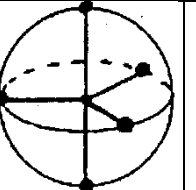
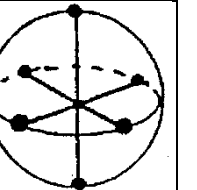
Gedehydrateerde zeolieten met een lage Si/Al-verhouding worden op grote schaal gebruikt voor het verwijderen van water bij gasstromen en zuiveringsprocessen.

- 111 Leg uit welk zeoliet –dat met Li, Na of K als uitwisselbaar ion (de Si/Al-verhouding is steeds gelijk)– het meest effectief water zal absorberen.

## Gegevens over VSEPR

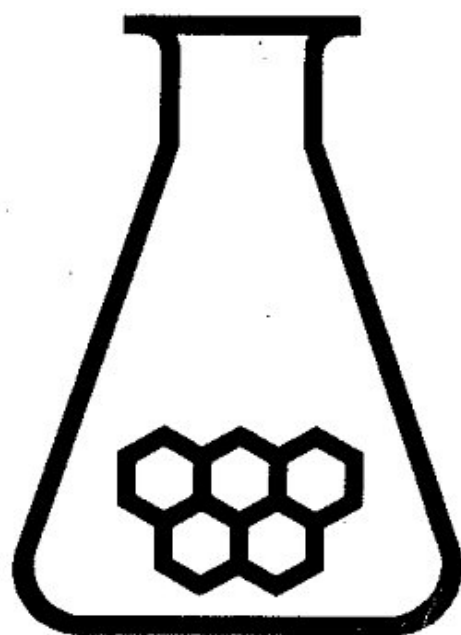
De afstoting tussen de elektronenwolken in de valentieschil (Valence Shell Electron Pair Repulsion) VSEPR draagt bij tot de ruimtelijke vorm, de geometrie van een atoom. De elektronenwolk kan horen bij een enkele, dubbele, drievoudige binding, of bij een niet-bindend elektronenpaar.

- De onderlinge afstoting tussen de elektronenwolken in de valentieschil moet minimaal zijn.
- Het aantal elektronenwolken rond elk atoom (de omringing) bepaalt de juiste geometrie.

geometrie					
naam	lineair	trigonaal	tetraedrisch	trigonaal bipyramidaal	octaedrisch
bindingshoeken	180 °	120 °	109,28 °	90 °, 120 °	90 °
omringing	2	3	4	5	6

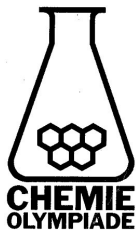
- Er treedt soms een verstoring op van de ideale geometrie.
    - Niet alle elektronenwolken nemen evenveel ruimte in.  
Niet-bindend elektronenpaar >3-voudige- > dubbele- > enkele binding
    - De grootste elektronenwolken gaan op de ruimste plaatsen zitten. Bv. niet-bindend paar of meervoudige bindingen in t.b.p. op equatoriale positie. Elektronegatieve substituenten hebben een voorkeur voor een axiale positie. Bij een octaëdrische omringing komen twee niet-bindende elektronenparen in een transpositie.
    - Grotere elektronegativiteit van de liganden zorgt voor versmalling van de elektronenwolken bij het centrale atoom, waardoor de onderlinge afstoting minder wordt en de bindingshoek dus kleiner: FNF -hoek in  $\text{NF}_3$  < HNH -hoek in  $\text{NH}_3$
    - Hoe groter het centrale atoom, des te minder onderlinge afstoting: HPH -hoek in  $\text{PH}_3$  < HNH -hoek in  $\text{NH}_3$ .
  - De omringing bepaalt de geometrie van een atoom.
  - De geometrie van een centraal atoom bepaalt de posities van de aangrenzende atomen.
  - De posities van de atomen bepalen de geometrie van een molecuul.
- Een molecuul water heeft een gehoekte structuur omdat het centrale atoom O een vieromringing heeft, namelijk twee bindende en twee niet-bindende elektronenparen.





# **CHEMIE OLYMPIADE**

## **OEFENSET 2002 ANTWOORDEN**



---

*werk:* Instituut voor Leerplanontwikkeling  
Postbus 2041/7500 CA Enschede  
Telefoon: (053)4840339/48440366

*privé:* W. Davids  
Vossenbrinkweg 62A/7491 DE Delden  
Telefoon: (074)3763539  
P.A.M. de Groot  
Kamperzand 1/1274 HK Huizen  
Telefoon: (035)5250961

---

©

Instituut voor Leerplanontwikkeling, Enschede 2001  
Uitsluitend voor intern gebruik is het scholen toegestaan teksten/materiaal uit  
deze publicatie te kopiëren

*Samenstelling*

Comité Chemie Olympiade  
Drs. P.A.M. de Groot  
Gemeentelijk Gymnasium Hilversum

*Druk*

Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO)

*Datum:* Enschede, november 2001

*Kenmerk:* VO/3407/B/01-...

*Oplaat:* 225 exemplaren

## Opgave 1 Een allegaartje

- 1  $-395 - (-288) = -107 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 2 **b en c**
- 3 reactie 4
- 4 
$$K = \frac{K_z(\text{HPO}_4^{2-})}{K_z(\text{H}_2\text{O})} = \frac{10^{-12,36}}{10^{-14} / 55,4} = 2,4 \cdot 10^3$$
- 5 Een juiste afleiding leidt tot de molecuulformule  $\text{C}_3\text{H}_{12}$ .
- $$n = \frac{pV}{RT} = \frac{96,0 \cdot 10^3 \cdot 0,500 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 358} = 1,61 \cdot 10^{-2}$$
- $$M = \frac{1,16 \text{ g}}{1,61 \cdot 10^{-2} \text{ mol}} = 71,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$
- 6  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_8 + 4 \text{OH}^-$

## Opgave 2 D'r bij en weer een beetje d'raf

- 7
- | V L         | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | NO   |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| begin       | 0,72            | 0,49            | 0,71            | –    |
| evenwicht 1 | 0,62            | 0,39            | 0,81            | 0,10 |
- 8 Stel dat van de extra toegevoegde SO<sub>2</sub>  $x$  mol reageert met NO<sub>2</sub>.

V L	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	NO
evenwicht 2	1,62 – $x$	0,39 – $x$	0,81 + $x$	0,10 + $x$
	1,54	0,31	0,89	0,18

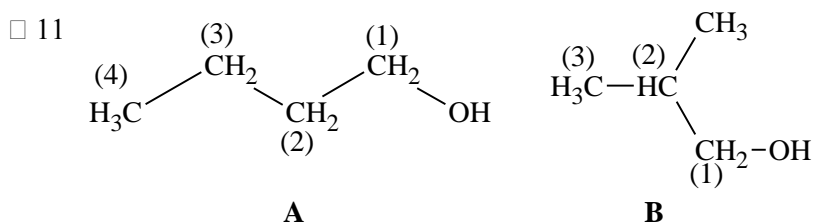
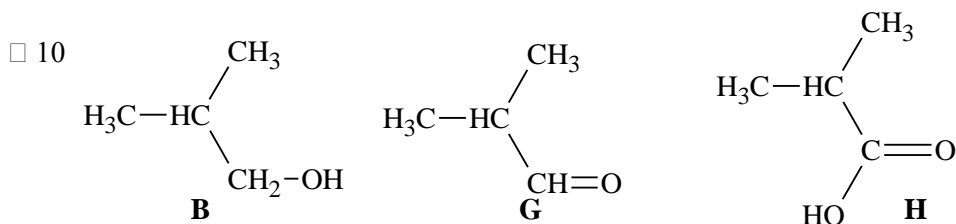
$$0,081 + 0,91x + x^2 = 0,335(0,632 - 2,01x + x^2)$$

$$0,665x^2 + 1,583x - 0,131 = 0$$

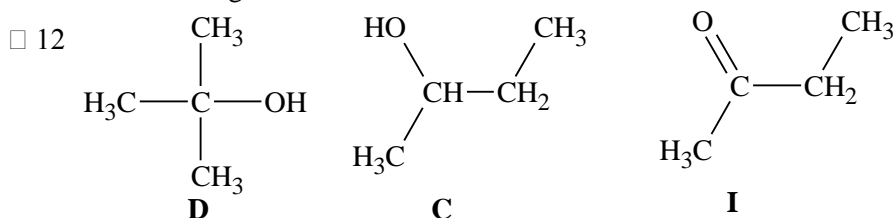
$$x = \frac{-1,583 + \sqrt{1,583^2 - 4 \cdot 0,665 \cdot (-0,131)}}{2 \cdot 0,665} = 8,01 \cdot 10^{-2}$$

## Opgave 3 Van sommige alcoholen krijg je het zuur

- 9
- [3]  $\text{H}_2\text{O} + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
- [2]  $14 \text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$
- 
- $$3 \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + 2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} + 4 \text{Cr}^{3+} + 11 \text{H}_2\text{O}$$



Als je kijkt naar de C-atomen hebben in **A** alle 4 atomen een andere chemische omgeving (let op nummering); er zijn dus 4 signalen. In **B** hebben twee C-atomen dezelfde chemische omgeving. Dit levert drie signalen.



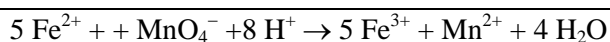
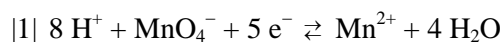
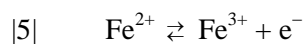
□ 13 Alcohol **C** (heeft een asymmetrisch C-atoom) is optisch actief.

## ■ Opgave 4 De bleekgroene zuurstofreter

□ 14 
$$\frac{9,830 \text{ g}}{(151,9 + 7 \cdot 18,02) \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,2500 \text{ L}} = 0,1414 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

□ 15 Oxidator zuurstof(g) wordt omgezet in water(l). Er ontstaat dus een onderdruk.

□ 16



□ 17 
$$\frac{26,20 \text{ mL} \cdot 0,02000 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 5}{25,00 \text{ mL}} = 0,1048 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

□ 18 geoxideerd: 
$$\frac{0,1414 - 0,1048}{0,1414} = 0,2588 \text{ ofwel } 25,88 \%$$



## Opgave 5 Een heel gedoe in een halfcel

□ 19 Er ontstaat een suspensie (van wit zilverchloride).

$$\square 20 [\text{Cl}^-] = \frac{18,5}{20} \cdot 0,200 = 0,185 \text{ mol}$$

$$\square 21 [\text{Ag}^+]_{\text{B}} \ll [\text{Ag}^+]_{\text{A}}$$

dus de zilverelektrode in halfcel B is minpool

$$\square 22 0,47 = \frac{0,059}{1} \log \frac{0,100}{x}$$

$$\frac{0,100}{x} = 9,25 \cdot 10^7$$

$$x = [\text{Ag}^+]_{\text{B}} = 1,08 \cdot 10^{-9}$$

$$\square 23 K_s = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 2,00 \cdot 10^{-10}$$

## Opgave 6 Oplosbaarheidsquotient?

$$\square 24 \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \quad K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 5,0 \cdot 10^{-9}$$



$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} = \frac{5,0 \cdot 10^{-9}}{2,3 \cdot 10^{-9}} = 2,2 \quad (2,17)$$

$$\square 25 [\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 3,17[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

$$\frac{1}{3,17} [\text{Ca}^{2+}]^2 = 2,3 \cdot 10^{-9}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \sqrt{7,29 \cdot 10^{-9}} = 8,5(4) \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

## Opgave 7 De koolzuurkringloop

$$\square 26 5 \text{ jaar} \cdot \frac{365 \text{ dag}}{\text{jaar}} \cdot 75 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ van krill} = 10 \cdot 1,4 \cdot 10^5 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ van diatomeeën} = 10 \cdot 1,4 \cdot 10^6 \text{ kg} = 1,4 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

$$1,4 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g}} \cdot \frac{6 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \cdot \frac{22,4 \text{ L CO}_2}{\text{mol}} = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ L CO}_2$$

$$\square 27 \frac{1,0 \cdot 10^{10} \text{ L} \cdot \frac{297}{273}}{0,23 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} = 4,7 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

(De factor 297/273 zorgt voor omrekening van het aantal L CO<sub>2</sub> van 0 °C naar 24 °C.)

$$\square 28 \frac{4,7 \cdot 10^{10} \text{ m}^3 \cdot 1000}{1,37 \cdot 10^{18} \text{ m}^3} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ van het totale oceaantvolume}$$

$$\square 29 \text{ massa C per walvis} = 0,18 \cdot 9,1 \cdot 10^4 \text{ kg} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

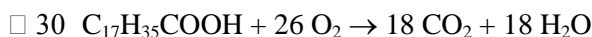
$$\text{mol C} = \text{mol CO}_2 = \frac{1,6 \cdot 10^4 \text{ kg}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

$$\text{mol verweerd CaSiO}_3 = \frac{1 \text{ mol CaSiO}_3}{2 \text{ mol CO}_2} \cdot 1,3 \cdot 10^6 \text{ mol} = 6,5 \cdot 10^5 \text{ mol CaSiO}_3$$

$$\text{massa CaSiO}_3 \text{ verweerd per walvis} = 6,5 \cdot 10^5 \text{ mol} \cdot 116 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,5 \cdot 10^7 \text{ g}$$

$$\text{massa CaSiO}_3 \text{ verweerd door de dood van } 1 \cdot 10^3 \text{ walvissen} = 7,5 \cdot 10^7 \frac{\text{g}}{\text{walvis}} \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ walvis} = 7,5 \cdot 10^{10} \text{ g}$$

## Opgave 8 Beetje kier is beter



□ 31 berekening molvolume:  $pV = nRT \Rightarrow \frac{V}{n} = \frac{RT}{p} = \frac{8,3145 \cdot 294,15}{98 \cdot 10^3} = 0,0250 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$

berekening aantal mol stikstof, zuurstof en argon:  $(0,781 \times 19,0) / 0,0250 = 593,6$  mol stikstof en  $(0,210 \times 19,0) / 0,0250 = 159,6$  mol zuurstof en  $(0,0090 \times 19,0) / 0,0250 = 6,84$  mol argon

berekening aantal mol stearinezuur:  $\frac{8 \cdot 58,0 \text{ g}}{284,47 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,63$  mol stearinezuur

Dit levert na volledige verbranding  $18 \times 1,63 = 29,34$  mol  $\text{CO}_2$

Hiervoor is nodig:  $26 \times 1,63 = 42,38$  mol  $\text{O}_2$

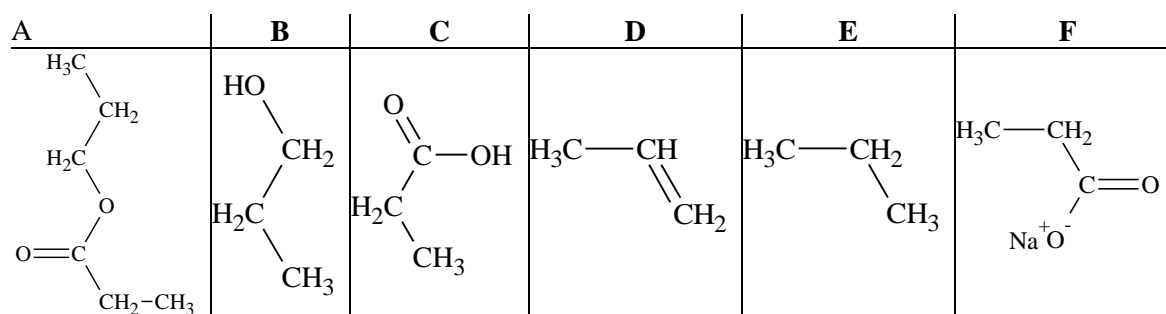
er blijft dan  $159,6 - 42,38 = 117,2$  mol zuurstof over

bepaling totaal aantal mol gas na verbranding:  $593,6 + 6,84 + 29,34 + 117,2 = 747,0$  mol

Vol % zuurstof (= molpercentage)  $(117,2 / 747,0) \times 100 = 15,7$  en vol % koolstofdioxide =  $(29,34 / 747,0) \times 100 = 3,93$

## Opgave 9 A verEFFenen

□ 32



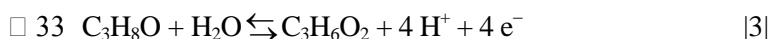
**(Uitleg:** Verbinding **A** heeft een molecuulformule in overeenstemming met een zuur of een ester.

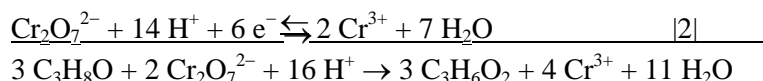
Reactie met natronloog levert twee organische verbindingen: een hydrolyse. **A** moet dus een ester zijn. Bij verzeping van deze ester ontstaat natriumalkanoaat **F** en alkanol **B**.

Alkanol **B** reageert met de oxidator dichromaat tot een zuur **C**. Het moet dus een primaire alkanol zijn.

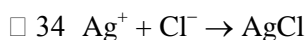
Dit zuur reageert met de base carbonaat tot een natriumalkanoaat **F** en het kleurloze gas koolstofdioxide.

De primaire alkanol ondergaat dehydratatie met gec. zwavelzuur en levert een alkeen **D**. Dit alkeen kan gehydrogeneerd worden tot een alkaan **E**)





## Opgave 10 Zeewaterneerslag



□ 35  $16,4 \text{ mL} \cdot 0,1000 \text{ M} = 1,640 \text{ mmol Ag}^+$

$$1,640 \text{ mmol Cl}^- / 5,00 \text{ mL} = 0,328 \text{ mol L}^{-1}$$

□ 36  $1,04 \text{ g chromaatopl} \hat{=} \frac{5,00}{100} \cdot 1,04 = 0,0520 \text{ g K}_2\text{CrO}_4$

$$\frac{0,0520 \text{ g}}{194,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,68 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Volume} = 5,00 + 20,00 + 1,00 + 16,4 = 42,4 \text{ cm}^3$$

$$\frac{2,68 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{42,4 \text{ cm}^3 \cdot \frac{\text{L}}{1000 \text{ cm}^3}} = 6,32 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

□ 37 Totaal volume bij equivalentiepunt:  $5,00 + 20,00 + 1,00 + 16,4 = 42,4 \text{ cm}^3$

$$K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-12} \text{ en } [\text{CrO}_4^{2-}] = 6,3 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{Ag}^+] = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

□ 38  $\sqrt{1,8 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5}$

## Opgave 11 Structuur uit loog, zuur en vriespunt

□ 39 De molaire vriespuntsdaling in het oplosmiddel water = 1,86 K

$$\text{De gemeten vriespuntsdaling} = 0,00 - (-1,48) = 1,48 \text{ K}$$

$$\text{Er is dus } \frac{1,48}{1,86} = 0,796 \text{ mol opgeloste stof per kg oplosmiddel}$$

$$\frac{12,5 \text{ g opgeloste stof}}{100 \text{ g oplossing}} = \frac{12,5 \text{ g opgeloste stof}}{87,5 \text{ g oplosmiddel}} = \frac{142,9 \text{ g opgeloste stof}}{\text{kg oplosmiddel}}$$

$$M = \frac{142,9 \text{ g}}{0,796 \text{ mol}} = 180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Natriumhydroxide bindt  $\text{CO}_2$  en gec. zwavelzuur bindt  $\text{H}_2\text{O}$

0,8640 g **A** levert bij volledige verbranding 0,5184 g  $\text{H}_2\text{O}$  en 1,2672 g  $\text{CO}_2$

0,8640 g **A** bevat dus  $\frac{2}{18} \cdot 0,5184 = 0,0576 \text{ g H}$  en  $\frac{12}{44} \cdot 1,2672 = 0,3456 \text{ g C}$  en

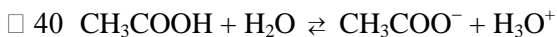
0,8640 - 0,0576 - 0,3456 = 0,4608 g O

$$180 \text{ g A (1 mol) bevat } \frac{180}{0,8640} \cdot 0,0576 = 12 \text{ g H (= 12 mol)}, \frac{180}{0,8640} \cdot 0,3456 = 72 \text{ g C (= 6 mol)}$$

en 96 g O (= 6 mol); de molecuulformule van **A** =  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

**A** komt in de natuur voor, geeft een neutrale oplossing en voldoet aan de formule  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$  en is dus een koolhydraat. **A** heeft 6 C-atomen en is dus een hexose. **A** heeft in zijn niet-cyclische vorm 3 chirale centra, is dus geen aldehyd. **A** moet een ketohexose zijn en heeft dus de structuurformule  $\text{CH}_2\text{OHCO}(\text{CHOH})_3\text{CH}_2\text{OH}$  (bv. D-fructose).

## Opgave 12 Zuur plus zuur blijft zuur



$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{-3}$$

Op elke 17  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ -deeltjes zijn er dus 1000  $\text{CH}_3\text{COOH}$ -deeltjes.

Het percentage geïoniseerd azijnzuur is  $\frac{17}{1017} \cdot 100\% = 1,67\%$

- 41 Stel de concentratie van beide zuren is  $c$ . In het mengsel zal dus de beginconcentratie van beide zuren  $c/2$  zijn.

Stel dat er per L  $x$  mol  $\text{HCOOH}$  ioniseert en  $y$  mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$x + y = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ ofwel } y = 1,0 \cdot 10^{-3} - x$$

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-3} \cdot x}{\frac{1}{2}c - x}$$

$$10^{-3}x = 0,90 \cdot 10^{-4}c - 1,8 \cdot 10^{-4}x$$

$$11,8 \cdot 10^{-4}x = 0,90 \cdot 10^{-4}c$$

$$11,8x = 0,90c$$

$$(\times 8,62) 101,7x = 7,757c$$

$$8,607c = 0,1017 \Rightarrow c = 0,012 \text{ mol L}^{-1}$$

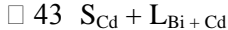
$$1,7 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-3} \cdot (10^{-3} - x)}{\frac{1}{2}c - (10^{-3} - x)}$$

$$10^{-6} - 10^{-3}x = 0,85 \cdot 10^{-5}c - 1,7 \cdot 10^{-8} - 1,7 \cdot 10^{-5}x$$

$$101,7 \cdot 10^{-5}x = 101,7 \cdot 10^{-8} - 0,85 \cdot 10^{-5}c$$

$$101,7x = 0,1017 - 0,85c$$

## Opgave 13 De 2<sup>e</sup> fase



- 44 40 massa % Cd dus 100 g mengsel bevat 40 g Cd en 60 g Bi

$$\frac{40 \text{ g Cd}}{112,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,356 \text{ mol Cd en } \frac{60 \text{ g Bi}}{209,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,287 \text{ mol Bi}$$

$$\text{Totaal aantal mol } 0,356 + 0,287 = 0,643 \text{ mol, dus molfractie Cd} = \frac{0,356}{0,643} = 0,554$$

- 45 Punt E schuift dan op langs de lijn AB naar rechts  $\Rightarrow$  De linkerkromme CE zal minder steil verlopen en de rechter ED juist steiler.
- 46 Dat is een mengsel met de eutectische samenstelling (40 massa % (of 55,4 mol %) Cd)
- 47 Dan schuift men in horizontale richting vanuit F naar links. Pas als deze horizontale lijn kromme BE snijdt (bij ongeveer 19 massa % Cd = 81 massa % Bi), zal er vast Bi gevormd gaan worden. Het snijpunt geeft dus de maximale oplosbaarheid van Bi in  $\text{L}_{\text{Bi} + \text{Cd}}$  aan bij 220 °C.
- 48 Bij H ontstaat er voor het eerst vast, zuiver bismut  $\text{S}_{\text{Bi}}$  (volgens het hefboomprincipe nog oneindig weinig). Naarmate het mengsel verder afkoelt ontstaat er steeds meer zuiver bismut terwijl het vloeistofmengsel steeds minder Bi gaat bevatten. (De maximale oplosbaarheid van Bi in L neemt namelijk steeds verder af.) De vaste stof kan verwijderd worden (uitsmelten).
- 49 De lijn CE schuift steeds verder naar rechts op, de oplosbaarheid van Bi in L neemt dus af.
- 50 Verhouding S/L = 4/1

$$\frac{4}{5} \cdot 200 \text{ g} = 160 \text{ g } \text{S}_{\text{Bi}} \text{ en } \frac{1}{5} \cdot 200 \text{ g} = 40 \text{ g } \text{L}_{\text{Bi} + \text{Cd}}$$

In oplossing: alle Cd (5 massa %) = 10 g en  $40 - 10 = 30$  g Bi

## Opgave 14 Met ladingen zonder lading

- 51  $K_z(\text{glycine}) > K_b(\text{glycine})$

zuur is sterker dan base  
oplossing in water reageert zuur

- 52  $K_z(-\text{NH}_3^+) = 1,6 \cdot 10^{-10} \Rightarrow K_b(-\text{NH}_2) = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-10}} = 6,25 \cdot 10^{-5}$

$$K_b(-\text{COO}^-) = 2,5 \cdot 10^{-12}$$

$K_b(-\text{NH}_2) \gg K_b(-\text{COO}^-) \Rightarrow -\text{NH}_2$  neemt sneller proton op

- 53 Door toevoegen zuur zal evenwicht  $\rightleftharpoons$  naar links gaan  $\Rightarrow$  minder (III)

en evenwicht  $\rightleftharpoons$  naar rechts  $\Rightarrow$  meer (IV)

- 54 Een oplossing van glycine in water reageert zuur (zie □ 51) en bevat dus meer III dan IV

Om evenveel III en IV te krijgen moet je dus aanzuren (zie □ 53)

- 55 Bij IEP geldt  $[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-] = [{}^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}]$

$$\frac{1,6 \cdot 10^{-10} \cdot [{}^+\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COO}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{2,5 \cdot 10^{-12} \cdot [{}^+\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COO}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$\frac{1,6 \cdot 10^{-10}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{2,5 \cdot 10^{-12} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{1,0 \cdot 10^{-14}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = \frac{1,6 \cdot 10^{-24}}{2,5 \cdot 10^{-12}} = 6,4 \cdot 10^{-13} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 8,0 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} = 6,10$$

- 56 Bij titratie van (I) met base zou er een reactie plaatsvinden met  $-\text{COOH}$ -groep, men zou dan veeleer een titratiecurve verwachten volgens 3 waar ook een  $-\text{COOH}$ -groep reageert

Bij titratie van (II) reageert de zure  $-\text{NH}_3^+$ -groep met de base, zoals dat ook in titratie 1 het geval is  
Glycine bevat dus een  $-\text{NH}_3^+$ -groep en lijkt dus op (II)

## Opgave 15 Geef genoeg gas!

- 57  $2 \text{NaN}_3 \rightarrow 2 \text{Na} + 3 \text{N}_2$

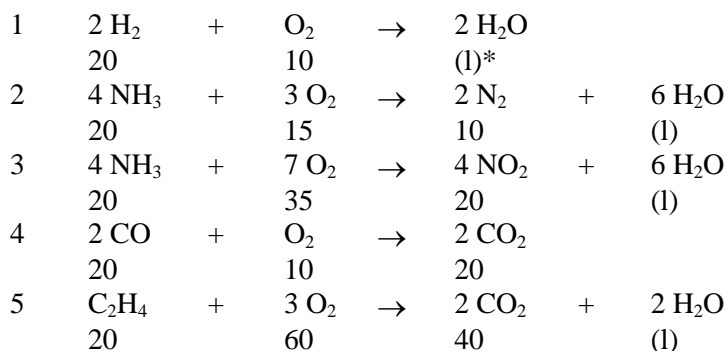
(in een airbag zitten andere stoffen die met natrium ongevaarlijke stoffen leveren)

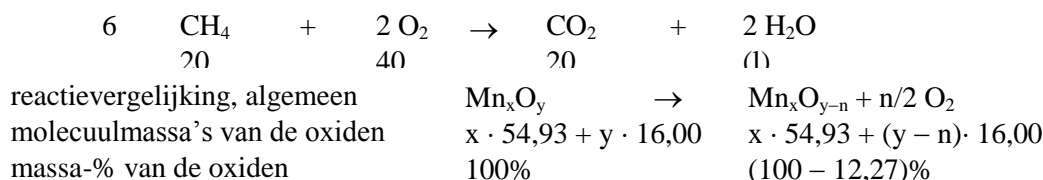
- 58  $n(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{1,300 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 393 \text{ K}} = 1,99 \text{ mol}$

$$n(\text{NaN}_3) = 2/3 \cdot n(\text{N}_2) = 1,33 \text{ mol}$$

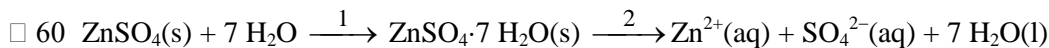
$$\text{massa: } 1,33 \text{ mol} \cdot 65,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 86,2 \text{ g}$$

- 59 Volumes in  $\text{cm}^3$





## Opgave 16 Warmte uit en in water



Uit het experiment volgt na berekening  $\Delta H_{1+2}$  voor het volledige oplosproces en  $\Delta H_2$  voor het tweede gedeelte.

$$\Delta H = (-\Delta T \cdot 0,900 \text{ kJ/K})/n \text{ met } n = m/M$$

$$M(\text{ZnSO}_4) = 161,46 \text{ g} \text{ en } M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}) = 287,57 \text{ g/mol}$$

$$\Delta H_{1+2} = \frac{-0,97 \cdot 0,900}{7,8/161,46} = -18,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_2 = \frac{0,31 \cdot 0,900}{12,3/287,57} = 6,52 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_1 = \Delta H_{1+2} - \Delta H_2 \Rightarrow \Delta H_1 = -25 \text{ kJ/mol}$$

□ 61 Maak gebruik van de Clausius-Clapeyronvergelijking.

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta_{\text{verd}}H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$p_1 = 0,316 \text{ atm}; p_2 = 1,013 \text{ atm}; T_1 = 70,0 + 273 = 343,0 \text{ K}; \quad T_2 = 100,3 + 273 = 373,3 \text{ K}$$

$$\Delta_{\text{verd}}H = \frac{\ln \frac{p_2}{p_1} \cdot R}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{(\ln 1,013/0,316) \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{(1/343,0 - 1/373,3) \text{ K}^{-1}} = \frac{9,685}{2,366 \cdot 10^{-4}} \frac{\text{J}}{\text{mol}} =$$

$$4,09 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1} = 40,9 \text{ kJ mol}^{-1}$$

## Opgave 17 Verhouding is zoek

□ 62 n.b. x, y en n zijn gehele getallen!

$$\frac{x \cdot 54,93 + (y - n) \cdot 16,00}{x \cdot 54,93 + y \cdot 16,00} = 1 - 0,1227$$

$$\frac{x \cdot 54,93 + y \cdot 16,00}{x \cdot 54,93 + y \cdot 16,00} - \frac{n \cdot 16,00}{x \cdot 54,93 + y \cdot 16,00} = 1 - 0,1227$$

$$\frac{(x \cdot 54,93 + y \cdot 16,00) \cdot 0,1227}{16,00} = n \text{ ofwel } n = 0,4212 x + 0,1227 y$$

Maak nu een tabel met n-waarden bij verschillende waarden voor x en y, dan levert dat x = 3 en y = 6, bij n = 2.d.w.z.  $\text{Mn}_x\text{O}_y = \text{Mn}_3\text{O}_6 (= 3 \text{MnO}_2)$  en bij verhitten levert dat  $\text{Mn}_x\text{O}_{y-n} = \text{Mn}_3\text{O}_4$   
De gevraagde formules zijn dus  $\text{MnO}_2$  en  $\text{Mn}_3\text{O}_4$

□ 63 1,800 g A bevat  $\frac{12}{44} \cdot 2,640 = 0,720 \text{ g C}$ ,  $\frac{2}{12} \cdot 1,081 = 0,120 \text{ g H}$

$$1,800 - (0,720 + 0,120) = 0,960 \text{ g H.}$$

$$\text{Verhouding C : H : O} = \frac{0,720 \text{ g C}}{12,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{0,120 \text{ g H}}{1,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{0,960 \text{ g O}}{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 1$$

De experimentele formule van A luidt:  $\text{CH}_2\text{O}$  of  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  met n = 1,2,3...

□ 64 1° geval n = 1 A<sub>1</sub> = (HCHO) methanal

- 2<sup>e</sup> geval      n = 2    A<sub>2</sub> = (CH<sub>3</sub>COOH) ethaanzuur;  
 A<sub>3</sub> = (HCOOCH<sub>3</sub>) methylmethanoaat;  
 A<sub>4</sub> = (HOCH=CHOH) 1,2-etheendiol ⇌ (CH<sub>2</sub>OHCHO) hydroxyethanal

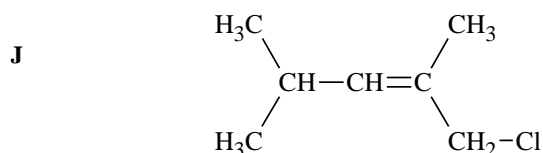
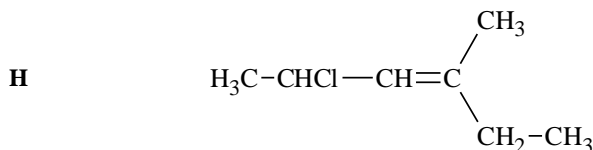
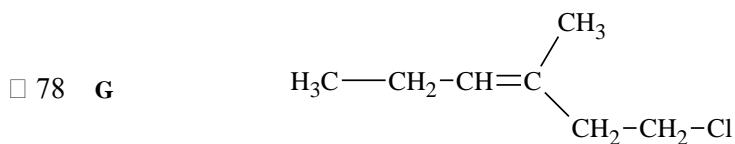
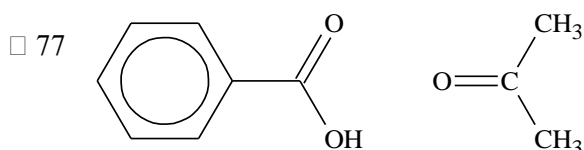
## ■ Opgave 18 IJzersterke verzuring

- 65  $[\bar{\text{S}}-\bar{\text{S}}]^{2-}$
- 66  $2 \text{FeS}_2(\text{s}) + 7 \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4 \text{H}^+(\text{aq})$
- 67  $4 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4 \text{FeO}(\text{OH})(\text{s}) + 8 \text{H}^+(\text{aq})$
- 68  $[\text{H}^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$
- $1 \text{FeS}_2 \rightarrow 4 \text{H}^+ \Rightarrow \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{4} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol pyriet.}$
- 69 In 2 jaar stroomt  $2,10 \cdot 10^7 \text{ L}$  water in de vijver
- Daarin zit  $2,10 \cdot 10^7 \cdot 8,35 \cdot 10^{-3} = 1,76 \cdot 10^5 \text{ mol Fe}^{2+}$   
 Daaruit ontstaat  $0,75 \cdot 1,76 \cdot 10^5 = 1,32 \cdot 10^5 \text{ mol Fe}^{3+}$   
 Neerslag:  $\frac{1}{2} \cdot 1,32 \cdot 10^5 \cdot 159,7 = 1,05 \cdot 10^7 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$

## ■ Opgave 19 Parende pieken

- 70  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br}$
- 71  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\ddot{\text{Br}} \cdot \xrightarrow[-2e^-]{+e^-} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\oplus}{\ddot{\text{Br}}}$
- 72 Br kent twee natuurlijk voorkomende isotopen: Br-79 (50,5%) en Br-81 (49,5%). Ze komen dus voor in ongeveer gelijke hoeveelheden.
- Het molecuulion en de fragmentionen vertonen dus een piekenpaar met massaverschil 2 en bijna gelijke intensiteit.
- 73 De beide pieken van het piekenpaar zijn ongeveer even hoog: in het deeltje zit dus één broomatoom. De massa van het piekenpaar is massa Br + 1.
- Het gevraagde deeltje moet dus HBr<sup>+</sup> zijn.  $\text{H}-\overset{\oplus}{\ddot{\text{Br}}}$
- 74  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\oplus}{\ddot{\text{Br}}}$   $\xrightarrow{-\ddot{\text{Br}}}$   $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2^{\oplus}$
- 75 C kent twee natuurlijk voorkomende isotopen (C-12 (98,89%) en C-13 (1,11%))
- Een fragment met n C-atomen vertoont dan een piekenpaar F en F+1 met intensiteitsverhouding  $100 : n \cdot \frac{1,11}{98,89} = 100 : n \cdot 1,12$ . Dit fragmention moet dus 3 C-atomen bevatten.
- 76 Een piek bij  $m/z = 15$  wijst op het fragmention CH<sub>3</sub><sup>+</sup>
- Dit ion ontstaat in zeer kleine hoeveelheden uit het fragmention C<sub>3</sub>H<sub>7</sub><sup>+</sup>. De +-lading van dit fragmention kan dus niet op het tweede koolstof gezeten hebben.
- Het ging dus om isomeer 1-broompropaan.

## Opgave 20 O, zo'n dubbele binding toch!



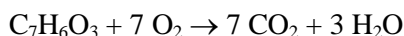
□ 79 **G**: rond de dubbele binding *cis-trans*isomerie: 2 isomeren

**H**: het gechloreerde C-atoom is asymmetrisch en *cis-trans* bij de dubbele binding: 4 isomeren

**J**: alleen *cis-trans*isomerie bij de dubbele binding: 2 isomeren

## Opgave 21 Verontreiniging slechts licht door licht

□ 80 ( $C_6H_4OHCOOH = C_7H_6O_3$   $M = 138 \text{ g mol}^{-1}$ )



□ 81 (De volgende resultaten zijn steeds ogenblikkelijk omgerekend naar de niet-verdunde oplossing)

Volgens de wet van Lambert-Beer geldt  $E = \epsilon cd$

$$c_o = 7,24 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}, E = 0,259$$

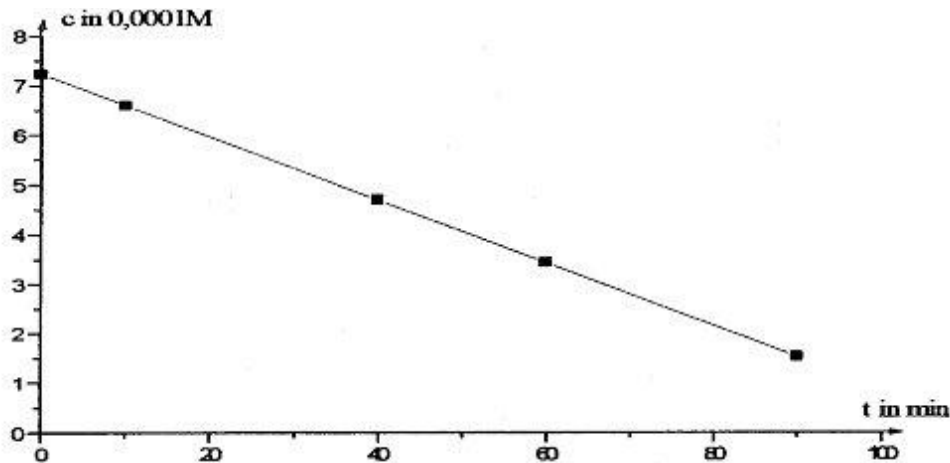
$$\epsilon d = \frac{E_o}{c_o} = 358 \text{ L mol}^{-1}$$

Dit levert met  $c = \frac{E}{\epsilon d}$  de volgende afzonderlijke waarden

$\frac{t}{\text{min}}$	0	10	20	60	90
$\frac{c(\text{salicylzuur})}{10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}}$ *	7,24	6,60	4,70	3,44	1,54

\* niet-verdunde oplossing





Als men  $c$  uitzet als functie van  $t$  geeft dit een recht evenredig verband:  $c = c_0 - kt$   
 Er is dus sprake van een 0<sup>e</sup> orde reactie.

- 82 De hellingshoek levert een gemiddelde waarde voor  $k$  op van  $6,39 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L min}}$

de gevraagde concentratie  $c_{30} = 7,24 \cdot 10^{-4} - 30 \cdot 6,39 \cdot 10^{-6} = 5,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

- 83 De zuurstofconcentratie in de oplossing is tot 1/5 gedaald, dus ook de reactiesnelheidsconstante die op de salicylzuurconcentratie betrokken is:

$k(\text{lucht}) = 0,2 \cdot k(\text{zuivere zuurstof})$

$c_{40} = 7,24 \cdot 10^{-4} - 40 \cdot 0,2 \cdot 6,39 \cdot 10^{-6} = 6,73 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ .

## ■ Opgave 22 Allerhande

- 84  $\text{C}_4\text{Cl}_2\text{N}_2\text{S}_4$
- 85  $5 \text{SO}_2(\text{g}) + 2 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 5 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}^+(\text{aq})$
- 86 NaOH, NaAc, NaCl, HAc, HCl
- 87 koper en zilver
- 88
- $$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\overset{*}{\text{C}}\text{H}-\text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{alanine} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\overset{*}{\text{C}}\text{H}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H}-\overset{*}{\text{C}}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \\ \text{isoleucine} \end{array}$$

## ■ Opgave 23 Eutrofiëring

- 89 toestroom nitraat:  $16 \frac{\mu\text{mol}}{\text{L}} \times 500 \text{ km}^3 = \frac{16 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} \times 500 \cdot 10^9 \text{ m}^3 = 8,0 \cdot 10^9 \text{ mol NO}_3^- (\text{N})$

$$8,0 \cdot 10^9 \text{ mol N} \times 14,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{10^{-6} \text{ g}}{\text{ton}} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ ton N}$$

- 90 toename fosfaat per liter =  $(1,0 - 0,7) \mu\text{mol} / \text{L} = 0,3 \mu\text{mol} / \text{L}$

jaarlijkse toestroom rivierwater:  $500 \text{ km}^3$

$$500 \text{ km}^3 \times \frac{0,3 \mu\text{mol}}{\text{L}}$$

$$500 \cdot (10^3 \text{ m}^3)^3 \times \frac{0,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ mol PO}_4^{3-} \text{ (P)}$$

$$1,5 \cdot 10^8 \text{ mol P} \times 30,97 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{10^{-6} \text{ g}}{\text{ton}} = 1 \cdot 10^5 \text{ ton P}$$

- 91 Bij  $\text{pH} = \text{p}K_z(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 7,2$  zijn er evenveel  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en  $\text{HPO}_4^{2-}$  deeltjes

In de toestroom bij  $\text{pH} = 5,0$  zijn er dus veel meer (ongeveer 100-maal zoveel) zure  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  deeltjes ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  komt pas in redelijke hoeveelheden voor bij  $\text{pH} = \text{p}K_z(\text{H}_3\text{PO}_4) + 1 = 3,2$ )

Bij de  $\text{pH} = 8,2$  in de Oostzee zijn er veel meer (ongeveer 10-maal zoveel basische)  $\text{HPO}_4^{2-}$  deeltjes. ( $\text{PO}_4^{3-}$  komt pas in redelijke hoeveelheden voor bij  $\text{p}K_z(\text{HPO}_4^{2-}) - 1 = 11,2$ )

- 92 Voor het evenwicht  $\text{Fe}^{3+} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{FePO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$  geldt

$$K = \frac{1}{[\text{Fe}^{3+}][\text{HPO}_4^{2-}][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{PO}_4^{3-}][\text{HPO}_4^{2-}][\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_s(\text{FePO}_4)} \times \frac{1}{K_b(\text{PO}_4^{3-})}$$

$$\text{p}K_b(\text{PO}_4^{3-}) = 14 - \text{p}K_z(\text{HPO}_4^{2-}) = 14 - 12,2 = 1,8$$

$$K = \frac{1}{10^{-19,2}} \times \frac{1}{10^{-1,8}} = 1,0 \cdot 10^{-21}$$

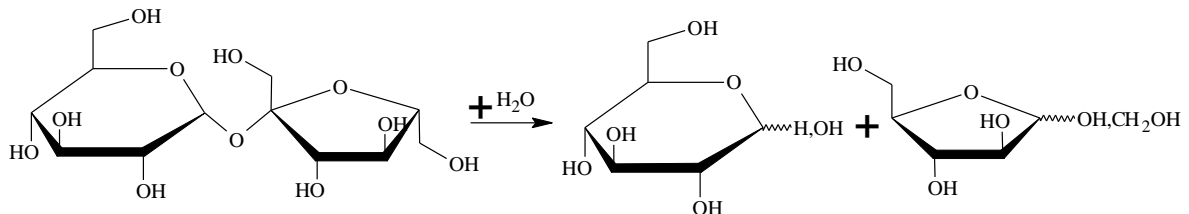
Op 10 m diepte is de concentratiebreuk van de reactie  $\text{Fe}^{3+} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{FePO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$

$$\frac{1}{[\text{Fe}^{3+}][\text{HPO}_4^{2-}][\text{OH}^-]} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-9} \times \frac{10}{11} \times 0,7 \cdot 10^{-6} \times 10^{-(14-8,2)}} = 1,0 \cdot 10^{-22}$$

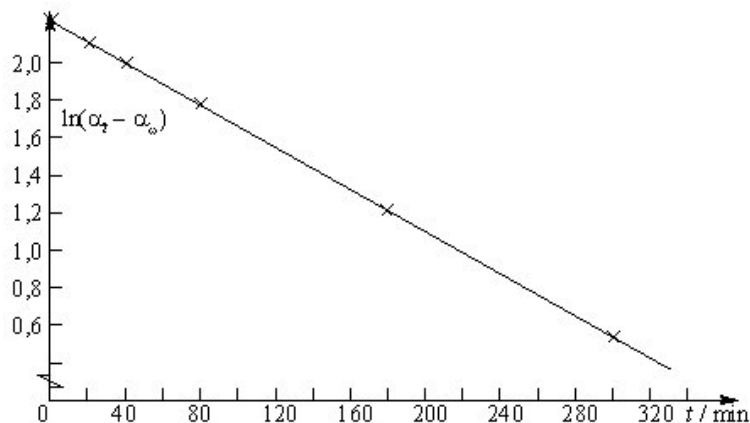
De concentratiebreuk is vrijwel even groot als de evenwichtsconstante. Deze reactie is dus op 10 m diepte ongeveer in evenwicht.

## ■ Opgave 24 Inversie van suiker

- 93



- 94



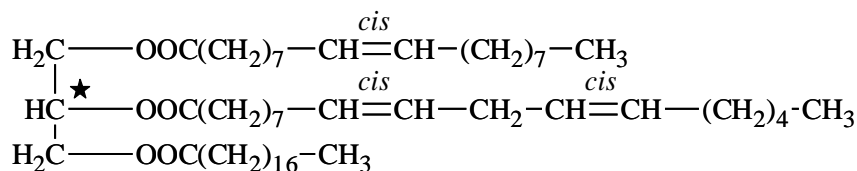
$t / \text{min}$	$(\alpha_t - \alpha_\infty)$	$\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$
0	8,58	2,15
10	8,15	2,10
20	7,77	2,05
40	6,98	1,94
80	5,69	1,74
180	3,38	1,22
300	1,74	0,55

De helling is  $-0,0053 \text{ min}^{-1}$ , dus  $k = 0,0053 \text{ min}^{-1} = 8,83 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

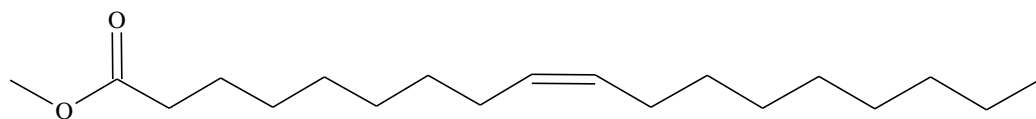
□ 95  $k = Ae^{\frac{-E_a}{R \times 298K}}$  en  $2k = Ae^{\frac{-E_a}{R \times 303K}}$   
 $\ln 2 = (1/298 K^{-1} - 1/303 K^{-1})E_a/R$   
 $E_a = 104 \text{ kJ mol}^{-1}$

## Opgave 25 Zonnebloemolie

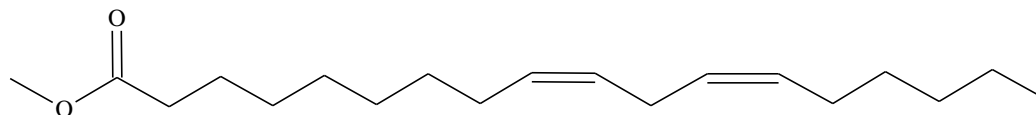
- 96 Het molecuul van bestanddeel **S** heeft twee enantiomeren



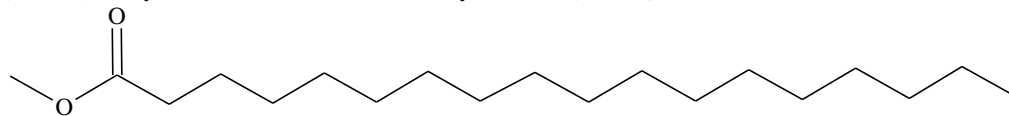
- 97 De structuurformules en namen van de methylesters zijn:



(Z)-methyl octadec-9-enoaat of methylester van (Z)-octadec-9-eenzuur

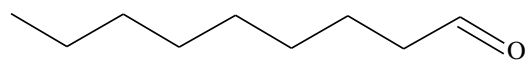


(9Z,12Z)-methyl octadec-9,12-dienoaat of methylester van (9Z,12Z)-octadec-9,12-dieenzuur

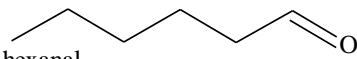


methyl octadecanoaat of methylester van octadeaanzuur

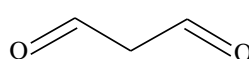
- 98 Ozonolyse van **S**, gevolgd door behandeling met zink geeft de volgende aldehyden:



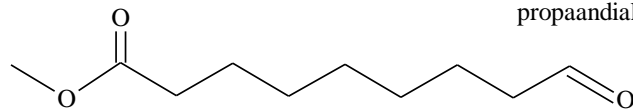
nonal



hexanal



propaandial



methyl nonaalaat of methylester van nonalaanzuur

- 99 berekening aantal mol **S**:  $n(\text{S}) = 10,0 \text{ g} / 885,40 \text{ g mol}^{-1} = 11,29 \text{ mmol}$

de hoeveelheid benodigd kaliumhydroxide is driemaal de hoeveelheid triacylglycerol **S** (een triglyceride) dus  $V(\text{KOH}) = 3 \times n/c = 3 \times 11,29 \text{ mmol} / 0,996 \text{ M} = 34,0 \text{ mL}$

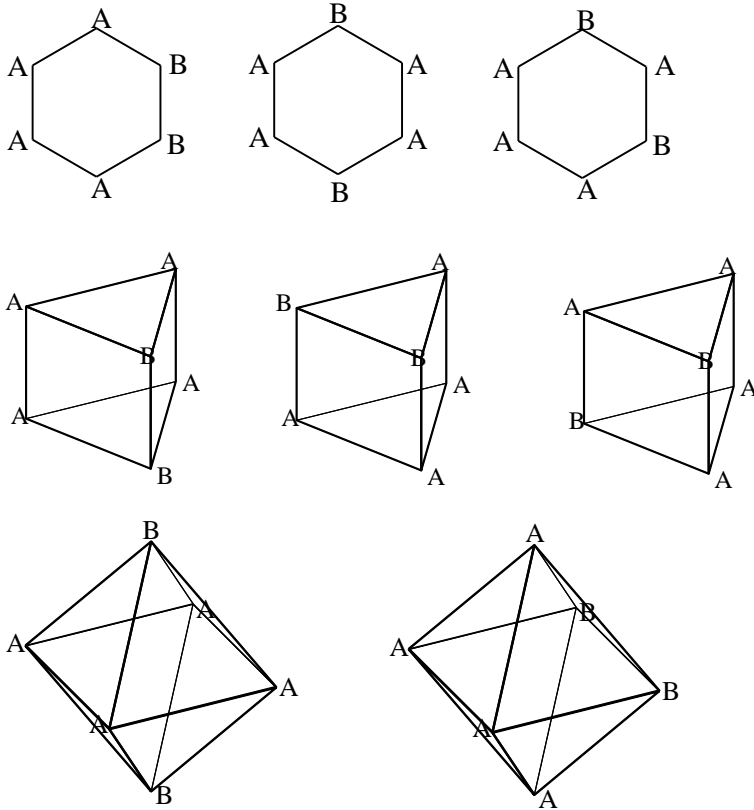
- 100 Het verzepingsgetal =  $3,40 \text{ mmol/g} \times 56,11 \text{ g mol}^{-1} = 191$

- 101  $100 \text{ g S} = 112,9 \text{ mmol S}$  en bevat  $3 \times 112,9 = 0,3388 \text{ mmol C=C}$  dubbele bindingen

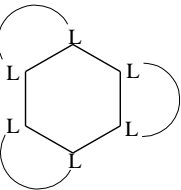
$$m(\text{I}_2) = 0,3388 \text{ mol} \times 253,8 \text{ g mol}^{-1} = 85,98 \text{ g}; \text{ joodgetal} = 86$$

## Opgave 26 Geometrie

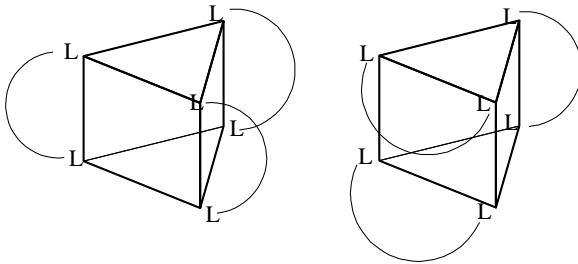
□ 102



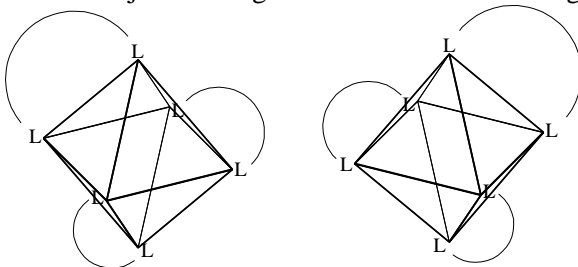
□ 103



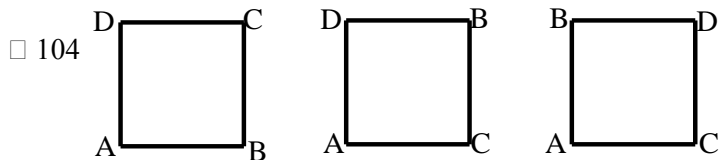
voor A1 is er slechts een mogelijk geometrisch isomeer, maar geen optisch



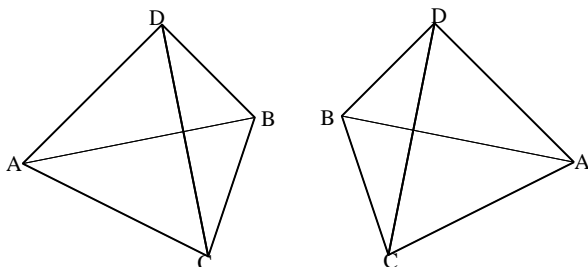
voor A2 zijn er twee geometrische isomeren en geen optische



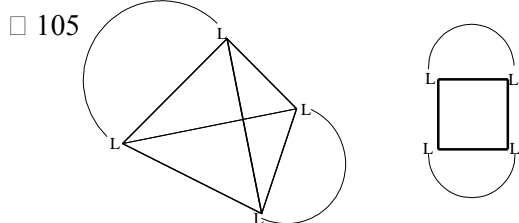
voor A3 zijn er twee optische isomeren (een enantiomerenpaar)



bij de vlakke vieromringing zijn er drie geometrische isomeren, geen ervan heeft optische isomeren



bij de tetraëdrische omringing zijn er twee optische isomeren (een enantiomeren paar)



beide geometrieën komen slechts in een vorm voor en hebben geen optische isomeren

## ■ Opgave 27 Wet van Beer

□ 106 Wet van Beer:  $E = \epsilon c$

$$\epsilon_X^{440} = \frac{0,096}{1,00 \times 8,00 \cdot 10^{-5}} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

$$\epsilon_X^{660} = \frac{0,373}{1,00 \times 8,00 \cdot 10^{-5}} = 4,67 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

$$\epsilon_Y^{440} = \frac{0,600}{1,00 \times 2,00 \cdot 10^{-5}} = 3,00 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

$$\epsilon_Y^{660} = \frac{0,030}{1,00 \times 2,00 \cdot 10^{-5}} = 1,50 \cdot 10^2 \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

□ 107 Extinctie =  $E_X + E_Y$

$$\text{Bij 520 nm: } E_X + E_Y = \frac{3,00 \cdot 10^{-5}}{8,00 \cdot 10^{-5}} \times 0,113 + \frac{5,00 \cdot 10^{-4}}{2,00 \cdot 10^{-4}} \times 0,433 = 1,125$$

$$\text{Bij 600 nm: } E_X + E_Y = \frac{3,00 \cdot 10^{-5}}{8,00 \cdot 10^{-5}} \times 0,264 + \frac{5,00 \cdot 10^{-4}}{2,00 \cdot 10^{-4}} \times 0,100 = 0,349$$

□ 108 Bij 440 nm:  $0,400 = 1,2 \cdot 10^3 c_X + 3,0 \cdot 10^3 c_Y$

$$\text{Bij 660 nm: } 0,500 = 4,67 \cdot 10^3 c_X + 1,5 \cdot 10^2 c_Y$$

Deze twee vergelijkingen kunnen worden opgelost voor  $c_X$  en  $c_Y$ :

$$c_X = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{ M en } c_Y = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

## ■ Opgave 28 Zeoliet

- 109 Zeoliet (I) ( $\text{Si}/\text{Al} = 1$ ) bevat meer aluminium dan zeoliet (II) ( $\text{Si}/\text{Al} = 2$ )

Zeoliet (I) heeft dus een groter aantal uitwisselbare kationplaatsen, dus Zeoliet (I) is het meest effectief

- 110 In zeolieten met een hoog Si-gehalte zijn er minder zure plaatsen dan in die met een laag Si-gehalte

Bovendien is de elektronegativiteit van Si een klein beetje groter dan die van Al. Hoe meer Si in het rooster, des te meer elektronegatief is dit rooster

Dan zal ook de sterkte van een zure plaats in zo'n rooster met hoge Si/Al aanmerkelijk groter zijn dan die in het andere rooster

- 111 Li is het kleinste alkali-kation

zijn ladingsdichtheid is heel groot

het zal een sterke interactie geven met watermoleculen, dus zeoliet met Li zal water het meest effectief absorberen