

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 22 vragen.  
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.  
Voor de uitwerking van vraag 18 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

## Hypochloriet in drinkwater

Een oplossing van natriumhypochloriet bevat hypochlorietionen ( $\text{ClO}^-$ ).

- 3p **1**  Geef van  $\text{ClO}^-$  de elektronenformule. Zet de minlading in de elektronenformule bij het juiste atoom.

Een oplossing van natriumhypochloriet is een ontsmettingsmiddel.

Als het leidingennet voor drinkwater besmet is geraakt met bacteriën, kan men dit leidingennet ontsmetten door het te spoelen met een oplossing van natriumhypochloriet. Daarna wordt het leidingennet doorgespoeld met schoon drinkwater. Na enige tijd doorspoelen wordt gecontroleerd of het drinkwater niet te veel hypochloriet bevat. In een handboek voor onderzoek aan drinkwater staat een voorschrift voor het bepalen van het gehalte aan hypochloriet. Daarin staat het volgende:

„Men bepaalt na aanzuren van het drinkwater de hoeveelheid hypochloriet door titratie met een oplossing van methyloranje. Dit is mogelijk omdat hypochloriet in zuur milieu hypochlorigzuur ( $\text{HClO}$ ) vormt. Methyloranje wordt door hypochlorigzuur onmiddellijk ontleurd.”

De ontkleuring is een redoxreactie waarbij methyloranje als reductor werkt en het hypochlorigzuur als oxidator. Uit  $\text{HClO}$  ontstaat hierbij  $\text{Cl}^-$ .

- 2p **2**  Geef van deze redoxreactie de vergelijking van de halfreactie van hypochlorigzuur als oxidator.

Gedurende de gehele titratie is (door het aanzuren) de pH van de oplossing 2.

Bij het bereiken van het eindpunt van de titratie, wanneer al het  $\text{HClO}$  is omgezet, vindt een kleuromslag plaats. De pH van de oplossing is dan nog steeds 2.

- 2p **3**  Geef de kleuromslag die aan het eind van de titratie optreedt.  
Noteer je antwoord als volgt:  
kleur vóór het eindpunt: .....  
kleur bij het eindpunt: .....

In het hierboven genoemde voorschrift voor het bepalen van het gehalte hypochloriet staat verder het volgende:

„De bepaling wordt als volgt uitgevoerd. Voeg aan 100 mL drinkwater 2 druppels geconcentreerd zoutzuur toe en titreer met een  $6,0 \cdot 10^{-4}$  M methyloranje-oplossing.”

Vervolgens staat in het voorschrift vermeld hoe men het aantal mg hypochloriet ( $\text{ClO}^-$ ) per liter drinkwater moet berekenen. Dit kan men doen door het aantal mL methyloranje-oplossing dat voor de titratie nodig was te vermenigvuldigen met een bepaalde factor. Deze factor kan men berekenen uit bovenstaande gegevens en het gegeven dat  $\text{HClO}$  en methyloranje reageren in de molecuulverhouding 4 : 1.

- 4p **4**  Bereken de genoemde factor.

## Zilver poetsen

Zilveren sieraden en bestek worden op den duur zwart. Door inwerking van waterstofsulfide en zuurstof ontstaat een dun laagje zilversulfide ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ). Daarnaast ontstaat uitsluitend water.

3p **5**  Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij het zwart worden van zilver.

Zilversulfide is een zeer slecht oplosbaar zout. Met behulp van het oplosbaarheidsproduct kan worden berekend hoeveel mg zilversulfide per liter water kan oplossen.

4p **6**  Geef deze berekening. Neem als waarde voor het oplosbaarheidsproduct  $1,6 \cdot 10^{-49}$ .

Een eenvoudige manier om zwart geworden zilver weer schoon te krijgen, wordt beschreven in onderstaand krantenartikel:

artikel

### Dure poets

Een toonaangevend distributeur van keukengerei brengt voor 25 piek een dunne metaalplaat in de handel, waarmee zilver poetsen een fluitje van een cent wordt. Als de plaat in een bak warm water wordt gelegd en er wat keukenzout bij wordt gestrooid, fleuren ondergedompelde voorwerpen van zilver, koper, roestvrij staal

en goud in een oogwenk op. De werking berust op een chemische reactie, waarbij de plaat als katalysator fungeert. Sinds jaar en dag echter werkt het kunstje ook met een vel aluminiumfolie. Aluminiumfolie is te koop in elke supermarkt en kost slechts enkele guldens per rol.

naar: *Deventer Dagblad*

In de gebruiksaanwijzing van zo'n plaat staat onder andere het volgende:

tekst

Leg de wonderplaat in een glazen of plastic bak gevuld met heet water. Los per liter een lepel keukenzout op. Leg uw schoon te maken zilveren voorwerpen op de plaat, ondergedompeld in het water.

Alle voorwerpen dienen direct of indirect (via andere voorwerpen die op de plaat liggen) contact te maken met de wonderplaat.

De in het artikel beschreven plaat bestaat uit aluminium. Ten onrechte wordt in het artikel beweerd dat deze plaat als katalysator fungeert. In werkelijkheid wordt het aluminium van de plaat omgezet.

Stel, je wilt via een experiment bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

2p **7**  Beschrijf het experiment dat je zou gaan uitvoeren om te bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

De werking van de aluminiumplaat kan verklaard worden door aan te nemen dat hier sprake is van een elektrochemische cel: de aluminiumplaat vormt de ene pool en de schoon te maken zilveren voorwerpen de andere pool.

3p **8**  Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens het 'poetsen' optreedt aan het oppervlak van de schoon te maken zilveren voorwerpen.

2p **9**  Leg uit of het voorschrift met betrekking tot het directe of indirecte contact juist is.



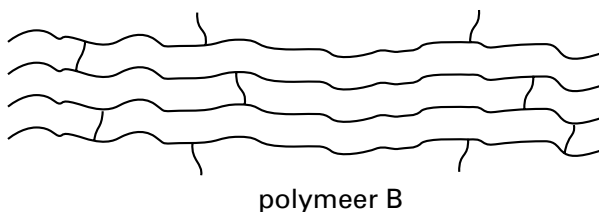
Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Eén van deze monomeren heeft de molecuulformule  $C_{10}H_{14}O_4$ . Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p **11** □ Geef de structuurformule van dit monomeer.

Het netwerkpolymeer heeft een zodanige hardheid dat door slijpen en polijsten een lens met de juiste vorm gemaakt kan worden.

Na het slijpen en polijsten van de lens wordt het polymeer van de lens tenslotte omgezet in een netwerkpolymeer dat minder dwarsverbindingen heeft (polymeer B). Hierdoor krijgt de lens de gewenste soepelheid. Een stukje van polymeer B is hieronder schematisch weergegeven (figuur 4).

figuur 4

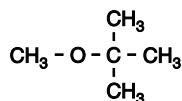


Polymeer B moet tevens zodanig zijn opgebouwd dat het vrije OH groepen bevat, zodat het water kan binden. Daartoe wordt polymeer A omgezet in polymeer B door de lens in een basische oplossing te leggen. Er treedt een verzepingsreactie op van de estergroepen in polymeer A. Als voldoende estergroepen zijn verzeept, wordt een overmaat zuur aan het reactiemengsel toegevoegd; de verzeping stopt dan. Er is uiteindelijk een mengsel ontstaan van een zure oplossing en vast polymeer B. In de zure oplossing bevinden zich drie opgeloste koolstofverbindingen. Deze drie koolstofverbindingen worden door spoelen verwijderd.

3p **12** □ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

## MTBE

Bij het maken van benzine wordt vaak de stof methyl-*tert*-butylether, MTBE, toegevoegd. MTBE is een alkoxyalkaan met de volgende structuurformule:



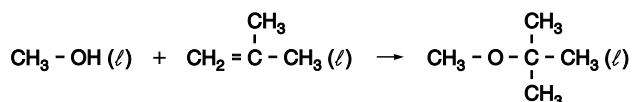
Er zijn nog andere alkoxyalkanen met dezelfde molecuulformule als MTBE.

- 5p **13**  Geef de structuurformules van die andere alkoxyalkanen. Laat daarbij stereo-isomerie buiten beschouwing.

Toevoeging van MTBE aan benzine zorgt onder andere voor een verhoging van het zogenoemde octaangetal van de benzine. Daarnaast zorgen zuurstofhoudende verbindingen ook voor een meer volledige verbranding van de benzine, waardoor de uitstoot van koolstofmonoxide afneemt. Om die reden is men in de VS gedurende de wintermaanden verplicht zoveel zuurstofhoudende verbindingen aan de benzine toe te voegen dat er 2,7 massaprocent O in de benzine zit.

- 4p **14**  Bereken hoeveel liter MTBE nodig is om  $1,0 \cdot 10^6$  liter benzine te maken die aan deze eis voldoet. Neem hierbij aan dat de oorspronkelijke benzine geen zuurstofhoudende verbindingen bevat en dat de dichtheden van de oorspronkelijke benzine, van MTBE en van het mengsel dat daaruit gevormd wordt alle drie de waarde  $0,72 \cdot 10^3 \text{ g L}^{-1}$  hebben.

MTBE wordt gemaakt door een reactie tussen methanol en 2-methylpropeen. De omstandigheden waaronder de reactie wordt uitgevoerd, zijn zodanig dat alle bij de reactie betrokken stoffen vloeibaar zijn:



De bereiding van MTBE via deze reactie vindt plaats volgens een continu proces. Bij het ontwerp van dit proces hebben onder andere de eigenschappen van de drie stoffen een rol gespeeld. Een aantal eigenschappen staat in onderstaande tabel vermeld:

tabel	kookpunt	vormingsenthalpie (onder de omstandigheden die in de reactor heersen)
methanol	65,0 °C	$-2,40 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ methanol( $\ell$ )
2-methylpropeen	-6,9 °C	$-0,34 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ 2-methylpropeen( $\ell$ )
MTBE	55,2 °C	$-2,78 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ MTBE( $\ell$ )

Uit deze gegevens valt onder andere af te leiden of de reactor gekoeld dan wel verwarmd moet worden om de temperatuur in de reactor constant te houden.

- 3p **15**  Bereken uit bovenstaande gegevens de enthalpieverandering in joule per mol methanol voor de reactie methanol( $\ell$ ) + 2-methylpropeen( $\ell$ )  $\rightarrow$  MTBE( $\ell$ ).
- 2p **16**  Leg uit of de reactor gekoeld dan wel verwarmd moet worden om de temperatuur in de reactor constant te houden.

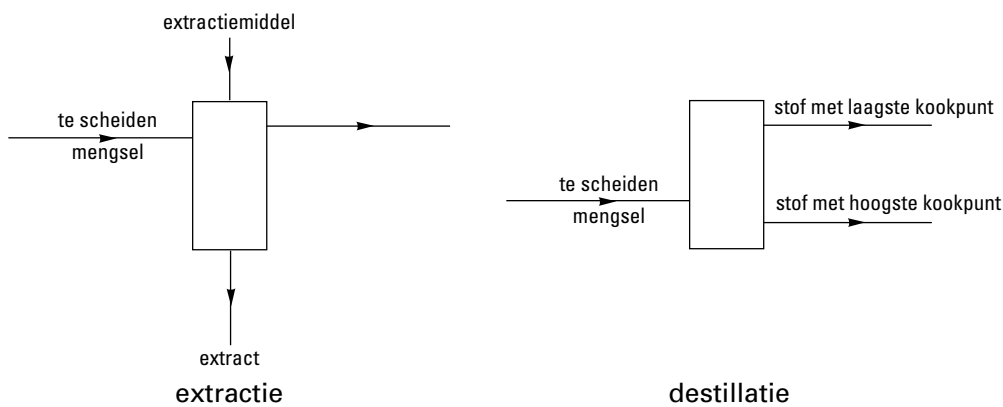
Bij de uitvoering van het genoemde continue proces worden 2-methylpropeen en een overmaat methanol in de reactor geleid. Het mengsel dat de reactor verlaat, bevat behalve MTBE en methanol ook nog wat 2-methylpropeen. Dit mengsel wordt vervolgens via een aantal stappen gescheiden. Bij de eerste scheiding wordt methanol door extractie verwijderd. Het extractiemiddel dat bij deze extractie wordt gebruikt, moet onder andere aan de volgende twee voorwaarden voldoen:

- het extract moet behalve het extractiemiddel alleen de te verwijderen stof bevatten;
- het mengsel van extractiemiddel en opgeloste stof moet gemakkelijk door destillatie zijn te scheiden.

- 2p **17** □ Leg aan de hand van eigenschappen van de te scheiden stoffen uit dat bij bovengenoemde extractie water als extractiemiddel aan beide voorwaarden voldoet.

Behalve de genoemde extractie vinden in het continue proces ook twee destillaties plaats. In het continue proces zijn dus in totaal drie scheidingsruimten nodig: één ruimte voor de extractie en twee ruimten voor de destillaties. MTBE en 2-methylpropeen worden elk apart afgevoerd. Methanol wordt gerecirculeerd. De hoeveelheid gerecirculeerd methanol is niet voldoende om het proces continu te laten verlopen. Daarom moet aanhoudend extra methanol worden toegevoerd. Dit extra methanol wordt samen met het gerecirculeerde methanol in de reactor geleid.

In een blokschema van een continu proces worden een extractie en een destillatie als volgt weergegeven:



Op de bijlage is een klein deel van het blokschema van de bereiding van MTBE weergegeven; met name de scheidingsruimten ontbreken.

- 4p **18** □ Maak het blokschema op de bijlage af door het tekenen van de drie scheidingsruimten en door het plaatsen van lijnen en pijlen. Houd je daarbij aan de volgende aanwijzingen:
- teken in je blokschema de scheidingsruimten op de manier zoals hierboven is weergegeven;
  - zet bij de zelf getekende lijnen (in plaats van de aanduidingen „te scheiden mengsel”, „extractiemiddel”, „extract”, „stof met laagste kookpunt” en „stof met hoogste kookpunt”) de namen van de bijbehorende stoffen (methanol, 2-methylpropeen, MTBE en water); het is mogelijk dat sommige namen daarbij meerdere keren gebruikt moeten worden;
  - de recirculatie van het water dat bij de scheiding wordt gebruikt, hoeft niet te worden getekend.

*Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.*

## Eiwitbepaling

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur ( $C_2H_5O_2N$ ) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NH_4^+$  en  $H_2O$ .

- 6p **19** □ Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

De bovenbeschreven reactie treedt op soortgelijke wijze op als warm, geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd aan eiwit; alle stikstofatomen in het eiwit worden dan omgezet in ammoniumionen. Men kan met behulp van deze reactie het eiwitgehalte van diervoeding vaststellen. Daartoe bepaalt men eerst het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding. Dit is het aantal mmol stikstofatomen in het eiwit per gram diervoeding. Deze bepaling wordt als volgt uitgevoerd.

- Aan 1,0 gram diervoeding wordt 4 mL geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd. Na enige tijd verwarmen wordt het mengsel volledig overgebracht in een maatkolf en met gedestilleerd water aangevuld tot een volume van 50,0 mL.
- Van de ontstane oplossing wordt 5,0 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Vervolgens wordt aan de inhoud van de erlenmeyer een overmaat natronloog toegevoegd. Het  $NH_4^+$  wordt daardoor volledig omgezet in  $NH_3$ .
- Daarna wordt door verhitting al het  $NH_3$  uit de oplossing verwijderd. Al het  $NH_3$  wordt geleid in 5,0 mL 0,10 M zoutzuur. Het opgeloste HCl is in overmaat aanwezig. Het  $NH_3$  wordt door reactie met zoutzuur volledig omgezet in  $NH_4^+$ .
- Tenslotte wordt de oplossing teruggetitreerd met natronloog.

Bij deze terugtitratie mag het  $NH_4^+$  niet worden omgezet. Om die reden voert men de titratie zodanig uit dat de pH bij het bereiken van het eindpunt van de titratie niet boven 5,7 uitkomt. Bij deze pH is de verhouding  $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$  zo klein dat de omzetting van  $NH_4^+$  in  $NH_3$  te verwaarlozen is.

- 3p **20** □ Bereken de verhouding  $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$  bij pH = 5,7.

Men voert bovenbeschreven bepaling uit aan een diervoeding A. Voor de genoemde terugtitratie blijkt 7,7 mL 0,030 M natronloog nodig te zijn.

- 3p **21** □ Bereken het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding A.

Uit het aantal mmol eiwit-N is het aantal mg eiwit-N te berekenen. Vervolgens kan men hieruit het aantal mg eiwit berekenen door gebruik te maken van de volgende omrekeningsformule:

$$\text{aantal mg eiwit (per gram diervoeding)} = \text{aantal mg eiwit-N (per gram diervoeding)} \times 6,3$$

Van een diervoeding B heeft men vastgesteld dat het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding 1,9 is.

- 3p **22** □ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Einde