EXAMEN SCHEIKUNDE 2 (nieuwe stijl) VWO 2001, EERSTE TIJDVAK, opgaven

## Parkeerkaartje 2001S2-I(I)

In het volgende artikel wordt een voorbeeld gegeven van de manier waarop chemie ingezet kan worden om het alledaagse leven gemakkelijker te maken:

artikel Stel je het werk van een parkeerwachter voor die voortdurend op de parkeerkaartjes achter de voorruiten van auto's moet turen om proberen vast te stellen of de parkeertijd van twee uur al dan niet is verlopen.

Teamleider Dr. Kylie Singlett legt uit hoe ze dit probleem aanpakten.

“We zochten een manier om het verlopen van het parkeerkaartje zodanig zichtbaar te maken dat dit op een afstand te zien is. We besloten om gebruik te maken van het verschijnsel dat bij elke chemicus bekend is: de klokreactie van jood. Onze kaartjes zijn geïmpregneerd met een mengsel van zetmeel, jodide en thiosulfaat.

Als je je kaartje koopt, wordt dit in de kaartjesautomaat besproeid met een oplossing van persulfaat. Het persulfaat oxideert het jodide tot jood. In het begin reageert het jood met thiosulfaat. Na een bepaalde tijd, als het thiosulfaat is opgebruikt, reageert het jood met het zetmeel, en zie daar ... je kaartje wordt blauw!”

vertaald uit: Chem NZ, februari 1996

Bij de in het artikel genoemde klokreactie is in feite sprake van drie reacties.

De eerstgenoemde reactie is de reactie van opgelost persulfaat (S2O82) met jodide. Bij deze reactie wordt persulfaat omgezet in opgelost sulfaat.

3p 1 ❑ Geef de vergelijking van de reactie tussen persulfaat en jodide.

Het in het artikel beschreven systeem dient nauwkeurig te zijn. Dat wil zeggen dat een kaartje dat twee uur geldig is, na twee uur blauw zal kleuren. Men heeft het systeem in een laboratorium getest. Bij deze test heeft men tientallen op dezelfde wijze geïmpregneerde kaartjes met eenzelfde hoeveelheid persulfaatoplossing besproeid en voor elk kaartje gemeten na hoeveel minuten het blauw kleurt. De concentratie van de gebruikte oplossing en de omstandigheden waren bij elk van die proeven hetzelfde.

De gemeten tijden bleken onderling slechts enkele minuten te verschillen.

Deze test is niet voldoende om te concluderen dat het nieuwe systeem bij toepassing in auto's ook nauwkeurig zal zijn.

2p 2 ❑ Welke test moet men in het laboratorium tevens uitvoeren om meer zekerheid te krijgen of dit systeem in de praktijk nauwkeurig zal zijn? Geef een verklaring voor je antwoord.

Men kan door een aanpassing van het systeem ook maximale parkeertijden instellen die korter zijn dan twee uur. Het parkeerkaartje moet dus na een kortere tijd blauw kleuren.

2p 3 ❑ Geef een mogelijke aanpassing van het systeem waardoor men dit kan bereiken.

## Zilver poetsen 2001S2-I(II)

Zilveren sieraden en bestek worden op den duur zwart. Door inwerking van waterstofsulfide en zuurstof ontstaat een dun laagje zilversulfide (Ag2S).

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

**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:

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 4 ❑ 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 5 ❑ Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens het 'poetsen' optreedt aan het oppervlak van de schoon te maken zilveren voorwerpen.

2p 6 ❑ Leg uit of het voorschrift met betrekking tot het directe of indirecte contact juist is.

## Zachte contactlenzen 2001S2-I(III)

Contactlenzen worden tegenwoordig meestal van een soepele, zachte kunststof gemaakt. Bij het vervaardigen van zachte contactlenzen kan men een aantal stappen onderscheiden. Allereerst wordt uit een mengsel van monomeren door additiepolymerisatie een zogenoemd netwerkpolymeer gevormd. Hierbij ontstaan geen andere stoffen. Het ontstane netwerkpolymeer heeft een structuur met veel dwarsverbindingen. Het is een hard, watervrij product. Een stukje van zo'n polymeer (polymeer A) is hieronder (figuur 1) schematisch weergegeven.

 figuur 1 polymeer A

Er zijn verschillende methodes om een voorwerp te maken van een synthetisch polymeer. Twee van deze methodes zijn hieronder beschreven.

**Methode 1**

Men maakt eerst het polymeer in korrelvorm. Daarna wordt het polymeer vloeibaar gemaakt, waarna het voorwerp wordt gemaakt door het vloeibare polymeer in een mal te spuiten.

**Methode 2**

Men brengt het mengsel van monomeren in een mal. Daarna brengt men de polymerisatie op gang. Na afloop van de reactie is het voorwerp in de mal ontstaan.

Eén van deze methodes is *niet* geschikt om een voorwerp van polymeer A te maken.

2p 7 ❑ Leg uit welke methode *niet* geschikt is.

In figuur 2 is polymeer A nogmaals weergegeven. Het omcirkelde gedeelte daarin is 'uitvergroot' tot de structuurformule die daaronder staat (figuur 3).

polymeer A

 'uitvergroot' stukje van polymeer A

Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Een van deze monomeren heeft de molecuulformule C10H14O4. Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p 8 ❑ 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

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 9 ❑ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

## Ammoniak en verzuring 2001S2-I(IV)

Deze opgave gaat over het artikel „Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen" (zie pagina 7 verderop). Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

In het begin van het artikel wordt gesproken over ‘zure uitstoot van industrie en verkeer’ die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Zwaveldioxide is zo'n stof die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Deze stof wordt in de atmosfeer, door een reactie met andere stoffen, omgezet tot een (verdunde) oplossing van zwavelzuur.

3p 10 ❑ Geef de reactievergelijking van deze omzetting van zwaveldioxide.

De reactie van NO2 met water (reactie 1) is een redoxreactie.

3p 11 ❑ Geef de vergelijkingen van de halfreacties waaruit de vergelijking van reactie 1 kan worden afgeleid.

De schrijver beweert in zijn artikel dat de vorming van H+ door ‘bacteriële oxidatie’ van ammoniak niet altijd tot verzuring leidt.

2p 12❑ Welke twee oorzaken voert de schrijver aan om duidelijk te maken dat de vorming van H+ door ‘bacteriële oxidatie’ niet altijd tot verzuring leidt?

2p 13 ❑ Geef twee oorzaken waardoor het verzurende effect van een bepaalde hoeveelheid gevormd H+ van plaats tot plaats kan verschillen.

De schrijver verwijst in zijn betoog naar een veel gebruikte ammoniumhoudende kunstmest. Deze kunstmest wordt vaak in de vorm van een zogenoemde NPK-kunstmest toegepast. Een NPK-kunstmest bestaat uit een mengsel van zouten.

4p 14 ❑ Geef de formules van twee zouten die, als mengsel, aangeduid kunnen worden als NPK-kunstmest.

Stel je bent politicus en je bent er van overtuigd geraakt dat de boodschap die de schrijver van het artikel brengt, juist is. Daarom heb je het standpunt ingenomen dat een reeds genomen maatregel die te maken heeft met de belangrijkste bron van ammoniakemissie in Nederland, teruggedraaid moet worden.

2p 15 ❑ Welke maatregel is dat?

2p 16 ❑ Welk argument tegen jouw standpunt wordt in het artikel genoemd?

***artikel*** **'Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen'**

**Er bestaat nu in ons land een algemeen verbreide misvatting dat ammoniak, samen met de zure uitstoot van industrie en verkeer, bijdraagt tot het ontstaan van zure regen.**

**De misvatting over de rol van ammoniak bij zure regen is te wijten aan onjuiste interpretatie van publicaties over dit onderwerp. Ammoniak bereikt de bodem als ammonium-ionen, die**

**5 een zuur karakter hebben, maar men moet bedenken dat deze ontstaan zijn uit ammoniakgas plus H+ ionen, die op hun beurt afkomstig zijn van de reactie van zwavel- en stikstofoxiden met water. Ammoniakemissie is dus gunstig voor het tegengaan van zure regen**

**Voorts ontstaan er bij reactie met NO2 in de vochtige atmosfeer ammoniumnitriet en –nitraat**

**10 in gelijke hoeveelheden, waarbij nitriet ontleedt tot stikstof en water. De reacties zijn:**

**2 NO2 + H2O → HNO2 + HNO3 reactie 1
2 NH3 + HNO2 + HNO3 → NH4NO2 + NH4NO3 reactie 2
NH4NO2 → N2 + 2 H2O reactie 3**

**Hier worden dus een deel van de ammoniak en een deel van de stikstofoxiden in de atmosfeer samen vernietigd. Ook door deze reactie draagt ammoniak bij aan vermindering van zure regen. De mate waarin deze reactie optreedt is nog onvoldoende bekend, maar ze is waarschijnlijk niet verwaarloosbaar. Uiteindelijk komt de rest van de ammoniak, in de**

**15 vorm van NH4+ ionen, via de regen in de bodem terecht. Kan ze daar bijdragen aan verzuring? In de bodem worden ammonium-ionen in de zwak alkalische omgeving omgezet tot ammoniak, dat onder invloed van bacteriën in aeroob milieu wordt geoxideerd tot nitraat, waarbij inderdaad H+ ionen worden gevormd. De reacties waar het om gaat zijn dus:**

**atmosfeer (regendruppels): NH3 + H+ → NH4+ reactie 4
bodem (aeroob, bufferend): NH4+ + buffer → NH3 + buffer-H+ reactie 5
NH3 + 2 O2 → NO3− + 2 H2O reactie 6**

**We moeten deze beide effecten wel goed van elkaar onderscheiden.**

**20 Het neutraliserende effect van ammoniak op zure regen is algemeen verspreid. De bacteriële oxidatie van ammoniak in de bodem leidt weliswaar tot vorming van H+ ionen, maar of dit tot verzuring leidt, is afhankelijk van de plaatselijke bodemgesteldheid. In de eerste plaats zal in de bodem een verdere bufferwerking optreden en in de tweede plaats zullen NO3− ionen, waar deze in planten worden opgenomen, worden uitgewisseld tegen**

**25 OH− ionen. De totale omvang van een eventuele resterende verzuring is nog onvoldoende bekend. Opmerkelijk is overigens dat er reeds lange tijd op grote schaal**

**ammoniumhoudende kunstmest is gebruikt, zonder dat daarbij aanzienlijke verzuring is opgetreden.**

**Nu heeft ammoniak-emissie naast de vermeende verzuring wel een ander effect: verhoogde**

**30 stikstofbelasting van de bodem. Voor de stedelijke gebieden is dit van geen belang, voor agrarische gronden is dit in feite een voordeel (gratis bemesting), maar voor de zogenaamde 'natuurgebieden' kan dit verstorend werken.**

*naar: Chemisch Weekblad*

## MTBE 2001S2-I(V)

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 17 ❑ 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 koolstofmonoöxide 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 18 ❑ Bereken hoeveel liter MTBE nodig is om 1 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⋅103 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 | vormingsenergie (onder de omstandigheden die in de reactor heersen) |
| methanol | 65,0 °C | −2,40⋅105 J mol−1 methanol(l) |
| 2-methylpropeen | −6,9 °C | −0,34⋅105 J mol−1 2-methylpropeen(l) |
| MTBE | 55,2 °C | −2,78⋅105 J mol−1 MTBE(l) |

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.

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 19 ❑ 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 20 ❑ 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.

## Eiwitbepaling 2001S2-I(VI)

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur (C2H5O2N) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan CO2, SO2, NH4+ en H2O.

6p 21 ❑ 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 NH4+ wordt daardoor volledig omgezet in NH3.
* Daarna wordt door verhitting al het NH3 uit de oplossing verwijderd. Al het NH3 wordt geleid in 5,0 mL 0,10 M zoutzuur. Het opgeloste HCl is in overmaat aanwezig. Het NH3 wordt door reactie met zoutzuur volledig omgezet in NH4+
* Tenslotte wordt de oplossing teruggetitreerd met natronloog.

Bij deze terugtitratie mag het NH4+ 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 $\frac{\left[NH\_{3}\right]}{\left[NH\_{4}^{+}\right]}$ zo klein dat de omzetting van NH4+ in NH3 te verwaarlozen is.

3p 22 ❑ Bereken de verhouding $\frac{\left[NH\_{3}\right]}{\left[NH\_{4}^{+}\right]}$ 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 23 ❑ 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:

aantal mg eiwit (per gram diervoeding) = aantal mg eiwit-N (per gram diervoeding) × 6,3

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

3p 24 ❑ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Bijlage bij vraag 18

