

Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

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.

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 voorruit 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 ($S_2O_8^{2-}$) 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 persulfaatooplossing 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.

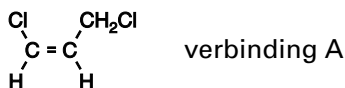
2p **2** ☐ Welke test moet men in het laboratorium tevens uitvoeren om meer zekerheid te krijgen of dit systeem in de praktijk nauwkeurig zal zijn? Geef een verklaring voor je antwoord.

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.

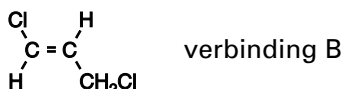
2p **3** ☐ Geef een mogelijke aanpassing van het systeem waardoor men dit kan bereiken.

Grondontsmetting

Jaar in jaar uit aardappelen verbouwen op hetzelfde stuk grond is niet goed omdat in de grond het aantal organismen (aaltjes) die de aardappelen aantasten, toeneemt. Door gebruik te maken van grondontsmettingsmiddelen worden de aaltjes bestreden, zodat men wel vaker aardappelen kan telen op hetzelfde stuk grond. Een grondontsmettingsmiddel dat men tegen aaltjes kan gebruiken, heeft de volgende structuurformule:



Van verbinding A bestaan verscheidene isomeren. Eén van die isomeren, verbinding B, verschilt alleen in ruimtelijke structuur van verbinding A:



- 4p **4** ☐ Geef de systematische naam van verbinding A, zodanig dat daaruit blijkt in welk opzicht verbinding A van verbinding B verschilt.

Verbinding A en verbinding B worden gevormd als Cl_2 onder bepaalde omstandigheden met $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ reageert.

- 2p **5** ☐ Leg uit of de reactie tussen Cl_2 en $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ waarbij verbinding A ontstaat, een substitutiereactie is.

Hoewel alleen verbinding A werkzaam is tegen aaltjes, werd jarenlang een mengsel van verbinding A en verbinding B gebruikt als grondontsmettingsmiddel tegen aaltjes. Verbinding A en verbinding B zijn onderzocht op giftigheid voor de mens. Hierbij is gebleken dat beide stoffen een zekere mate van mutageniteit bezitten. Op basis hiervan zou het gebruik van beide stoffen verboden moeten worden. De mutagene eigenschappen zijn echter zo gering dat men het risico voor gebruikers en omwonenden verwaarloosbaar klein acht. Daarom heeft men besloten om het gebruik van verbinding A in ieder geval tot het jaar 2002 toe te staan. Het gebruik van mengsels van verbinding A en verbinding B is sinds 1 augustus 1997 echter verboden.

Mengsels van verbinding A en verbinding B die bij de bereiding van het ontsmettingsmiddel ontstaan, moeten dus sinds 1 augustus 1997 gescheiden worden. Destillatie is een scheidingsmethode die men vaak kan toepassen om een mengsel van verbindingen te scheiden. Er bestaan echter mengsels van stereo-isomeren die men niet kan scheiden door middel van destillatie.

- 2p **6** ☐ Leg uit bij welke soort stereo-isomeren een mengsel zeker niet door middel van destillatie te scheiden is.
- 2p **7** ☐ Leg uit of verwacht mag worden dat een mengsel van verbinding A en verbinding B door middel van destillatie te scheiden is.
- 2p **8** ☐ Geef op basis van bovenstaande gegevens een argument dat de wetgever gebruikt kan hebben om het gebruik van mengsels van verbinding A en verbinding B te verbieden.

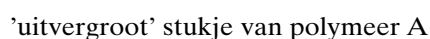
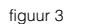
██████████

figuur 1



2p **9** ☐ Leg uit welke methode *niet* geschikt is.

figuur 2



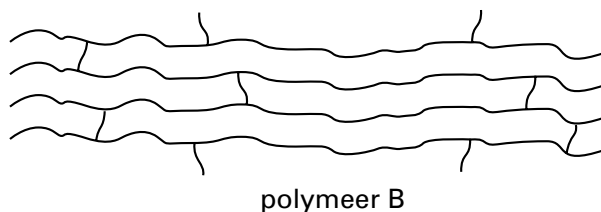
Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Eén van deze monomeren heeft de molecuulformule $C_{10}H_{14}O_4$. Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p **10** ☐ 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 **11** ☐ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

Eiwitbepaling

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan CO_2 , SO_2 , NH_4^+ en H_2O .

- 6p **12** □ 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 getitreerd met natronloog. Bij deze titratie reageert alleen het overgebleven H^+ (H_3O^+).

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

- 3p **13** □ 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 **14** □ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Tanden en cariës

Tanden en kiezen zijn bedekt met glazuur. Dit glazuur bestaat vrijwel geheel uit hydroxy-apatiet, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Hydroxy-apatiet kan beschouwd worden als een mengsel van de zouten calciumfosfaat en calciumhydroxide.

- 4p **15** ☐ Leid af in welke molverhouding (calciumfosfaat : calciumhydroxide) deze zouten in hydroxy-apatiet aanwezig zijn.

Hydroxy-apatiet is erg hard, maar het is kwetsbaar als het met zure oplossingen in contact komt. In het volgende tekstfragment wordt de aantasting van hydroxy-apatiet door zure oplossingen beschreven.

tekstfragment

Cariës

Een zwak zuur (pH 6-4) zoals melkzuur, dat bacteriën in tandplak uit suikers vormen, diffundeert tussen de apatietkristalletjes de tand binnen, waardoor elke twee protonen (H^+) telkens één calciumion (Ca^{2+}) verdrijven; deze langzame ontkalking maakt de tand in eerste instantie poreus en veroorzaakt uiteindelijk gaten.

Erosie

Een sterk zuur (pH 3-1) dat bijvoorbeeld in de vorm van azijn of citrusvruchten in de mond terechtkomt, heeft geen diffusie-bepaalde ontkalking met porositeiten tot gevolg, maar leidt telkens tot etsing en verlies van een buitenste dunne laag.

uit: Melk en Zuivelproducten in Relatie tot Tandgezondheid

Melkzuur is de triviale naam van 2-hydroxypropaanzuur.

Een voorbeeld van een suiker waaruit melkzuur kan ontstaan, is sacharose. Voor deze omzetting van sacharose tot melkzuur is ook water nodig.

- 4p **16** ☐ Geef van de omzetting van sacharose tot melkzuur de reactievergelijking in molecuulformules. Neem hierbij aan dat melkzuur de enige koolstofverbinding is die gevormd wordt.

Van melkzuur bestaan twee stereo-isomeren.

De vorming van melkzuur uit suikers door bacteriën vindt plaats onder invloed van enzymen. Een enzym werkt stereospecifiek. Toch ontstaan bij de hierboven beschreven vorming van melkzuur uit suikers beide stereo-isomeren.

- 2p **17** ☐ Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat bij de bovenbeschreven vorming van melkzuur uit suikers beide stereo-isomeren van melkzuur ontstaan.

Het tekstfragment geeft als definitie van een sterk zuur: pH tussen 3 en 1. Deze definitie wijkt af van gangbare definities. Volgens die gangbare definities is azijnzuur een zwak zuur.

- 4p **18** ☐ Laat door berekening zien dat azijn een pH tussen 3 en 1 heeft. Neem aan dat azijn 40 gram opgelost azijnzuur per liter bevat en dat de waarde van K_z $1,8 \cdot 10^{-5}$ is.

Uit het tekstfragment kan worden opgemaakt dat in het geval van erosie door reactie van H^+ met ionen in het hydroxy-apatiet niet alleen Ca^{2+} vrijkomt, maar het kristalrooster volledig wordt afgebroken. Bij deze reactie reageren twee ionsoorten van het hydroxy-apatiet.

- 3p **19** ☐ Geef van deze reactie van hydroxy-apatiet met H^+ de vergelijking.

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

Ammoniak en verzuring

Deze opgave gaat over het artikel „Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen”, dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt. 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 **20** ☐ Geef de reactievergelijking van deze omzetting van zwaveldioxide.

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

2p **21** ☐ 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 **22** ☐ 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 **23** ☐ 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 ammoniak-emissie in Nederland, teruggedraaid moet worden.

2p **24** ☐ Welke maatregel is dat?

2p **25** ☐ Welk argument tegen jouw standpunt wordt in het artikel genoemd?

Einde