

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 de vragen 1 en 15 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.

## Waterproof papier

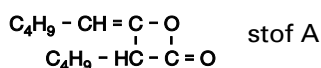
Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose. In cellulosemoleculen komen veel OH groepen voor. Daardoor kan papier gemakkelijk water opnemen. Schrijfpapier moet zo worden gemaakt dat het zo weinig mogelijk water opneemt. Tijdens het fabricageproces van dit soort papier worden daarom stoffen toegevoegd om het papier 'waterproof' te maken. Bij een methode om papier waterproof te maken gebruikt men de stof abieetzuur. Abieetzuur kan worden weergegeven met de schematische structuurformule die op de bijlage is afgedrukt. In deze schematische structuurformule zijn de C atomen van de zesringen niet getekend; de H atomen die aan die C atomen zijn gebonden, zijn weggelaten.

- 2p 1  Teken in de structuurformule op de bijlage alle ontbrekende H atomen.

In het vervolg van deze opgave wordt abieetzuur weergegeven met de formule HR. Bij het waterproofmaken van papier wordt het abieetzuur eerst omgezet tot het matig oplosbare natriumzout van abieetzuur (NaR). De  $R^-$  ionen uit dit zout reageren met  $Al(H_2O)_6^{3+}$  ionen afkomstig van opgelost aluminiumsulfaat, dat tijdens het fabricageproces van papier wordt toegevoegd. Om abieetzuur om te zetten tot het natriumzout van abieetzuur, laat men het abieetzuur reageren met een oplossing van een stof X.

- 2p 2  Geef de naam van een stof X die daarvoor geschikt is.

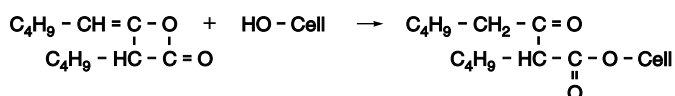
Bij een andere methode om papier waterproof te maken, gebruikt men de stof met de volgende structuurformule:



Stof A wordt gevormd door dimerisatie van butylketen,  $C_4H_9 - CH = C = O$ . Bij deze reactie treedt koppeling op van twee moleculen butylketen. De reactie is op te vatten als een additiereactie, waarbij het C atoom en het O atoom van het ene molecuul zich hechten aan de C atomen van de  $C = C$  binding van het andere molecuul. Als de additie op deze manier plaatsvindt, kunnen twee dimeren ontstaan. Eén ervan is stof A. Het andere dimeer is een structuurisomeer van stof A.

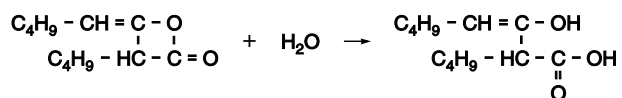
- 2p 3  Geef de structuurformule van dat andere dimeer van butylketen. Gebruik de notatie  $C_4H_9$  om de butylgroep weer te geven.

Bij het waterproofmaken van papier met behulp van stof A treedt een reactie op tussen moleculen van stof A en de OH groepen van cellulose. Deze reactie kan als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven (hierin is het cellulosemolecuul weergegeven met HO - Cell):



Men kan zich voorstellen dat deze reactie in drie stappen verloopt:

- in de eerste stap reageert een molecuul van stof A met een watermolecuul:



- in de tweede stap reageert een cellulosemolecuul met een molecuul van het product van de reactie tussen stof A en water;
- in de derde stap treedt in een molecuul van de stof die in de tweede stap is gevormd uitsluitend een inwendige verhuizing op van een H atoom waarbij een molecuul van het reactieproduct wordt gevormd.

- 3p 4  Geef de tweede en derde stap in reactievergelijkingen met structuurformules weer. Gebruik de notatie HO - Cell voor een cellulosemolecuul en C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> voor de butylgroep.

## Chitosan

Een garnaal bestaat uit een pantser en een week gedeelte. De (in water onoplosbare) stof die stevigheid aan het pantser geeft, heet chitine. Verder bestaat het pantser uit eiwitten en calciumcarbonaat.

Als men het chitine in zuivere vorm wil verkrijgen, worden de pantsers van de gepelde garnalen eerst vermalen. Vervolgens wordt het fijngemalen mengsel ontdaan van de eiwitten (met behulp van verdunde loog). Men houdt dan chitine met daaraan vastgehecht calciumcarbonaat over. Om het calciumcarbonaat te verwijderen voegt men een overmaat verdund zoutzuur toe. Het zoutzuur reageert niet met chitine, wel met het calciumcarbonaat. Tenslotte wordt met behulp van een scheidingsmethode uit het ontstane mengsel de chitine verkregen.

Men kan, gebruikmakend van bovenstaande gegevens, een werkwijze bedenken om te bepalen hoe groot het massapercentage van chitine in garnalenpantsers is.

- 3p 5  Beschrijf die werkwijze. Geef daarbij ook de naam van de gebruikte scheidingsmethode.

Uit chitine kan chitosan worden gemaakt. Chitosan wordt onder andere gebruikt voor het houdbaar maken van vruchten. De vruchten worden daartoe voorzien van een afsluitende laag chitosan.

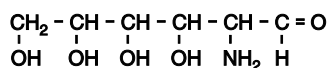
Bij de bereiding van chitosan uit chitine laat men het chitine reageren met geconcentreerd natronloog.

De structuurformule van chitine staat in Binas-tabel 67A3. Bij de reactie van chitine met geconcentreerd natronloog wordt een aantal van de  $\text{NH} - \overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}} - \text{CH}_3$  groepen omgezet tot NH<sub>2</sub> groepen.

De ontstane stof is chitosan. Bij deze reactie ontstaan chitosanmoleculen en nog één andere soort deeltjes.

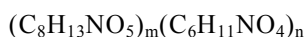
- 2p 6  Geef de structuurformule van die andere soort deeltjes.

Bij de afbraak van chitosan in het menselijk lichaam ontstaat onder andere een verbinding met de volgende structuurformule:



- 4p 7  Geef de systematische naam van dit afbraakproduct.

De molecuulformule van chitosan kan bij goede benadering als volgt worden weergegeven:



Hierin stelt  $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{NO}_5$  de eenheid voor met de  $\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$  groep en  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4$  de eenheid met de  $\text{NH}_2$  groep.

De kwaliteit van een folie van chitosan hangt onder andere af van de verhouding tussen het aantal  $\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$  groepen en het aantal  $\text{NH}_2$  groepen in de chitosanmoleculen.

Ter bepaling van deze verhouding voegt men aan een afgewogen hoeveelheid chitosan een overmaat opgelost salpeterigzuur ( $\text{HNO}_2$ ) toe. Bij de reactie die dan plaatsvindt, reageren  $\text{NH}_2$  groepen uit de chitosanmoleculen met  $\text{HNO}_2$  moleculen, onder vorming van onder andere stikstof. Men bepaalt de hoeveelheid gevormd stikstofgas.

Bij het uitvoeren van deze bepaling blijkt uitgaande van 0,38 gram chitosan  $35 \text{ cm}^3$  stikstofgas gevormd te worden. Het volume van het stikstofgas is gemeten onder omstandigheden waarbij een mol gas het volume  $25 \text{ dm}^3$  heeft.

- 5p **8** □ Bereken de  $x$  in de verhouding  $1,0 : x$  tussen het aantal  $\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$  groepen en het aantal  $\text{NH}_2$  groepen in de chitosanmoleculen. Neem daarbij aan dat bij de reactie tussen salpeterigzuur en chitosan per  $\text{NH}_2$  groep die reageert, één molecuul stikstof wordt gevormd.

## Bepaling van vitamine C

Veel methoden om het gehalte aan vitamine C (ascorbinezuur,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) te bepalen berusten op het feit dat ascorbinezuur in een redoxreactie kan worden omgezet tot dehydroascorbinezuur ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ ).

Bij dit soort bepalingen moet vermeden worden dat opgelost zuurstof met vitamine C reageert. Om opgelost zuurstof te verwijderen kookt men het water dat gebruikt wordt voor het maken van oplossingen ten behoeve van zo'n bepaling.

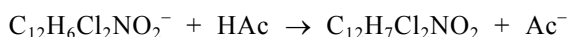
- 4p **9** □ Geef van de reactie van ascorbinezuur met zuurstof in zuur milieu de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

Bij één van die methoden wordt gebruikgemaakt van de reactie van vitamine C met een éénwaardig zwak zuur met de molecuulformule  $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{Cl}_2\text{NO}_2$ . Een oplossing van  $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{Cl}_2\text{NO}_2$  is roze gekleurd.

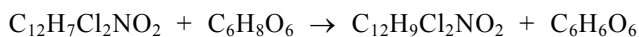
Bij de bedoelde bepaling wordt een vitamine C oplossing getitreerd met een oplossing van het natriumzout van  $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{Cl}_2\text{NO}_2$ . In oplossing is dit zout gesplitst in natriumionen en zuurrestionen  $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NO}_2^-$ . Deze oplossing heeft een blauwe kleur. In het vervolg van deze opgave wordt de oplossing van het natriumzout van  $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{Cl}_2\text{NO}_2$  een DCPIP oplossing genoemd.

Omdat de titratie in zuur milieu moet plaatsvinden, wordt voorafgaand aan de titratie aan de vitamine C oplossing in de erlenmeyer een overmaat azijnzuur (HAc) toegevoegd.

Tijdens de titratie van de vitamine C oplossing met de DCPIP oplossing treden na elkaar de volgende twee reacties op:



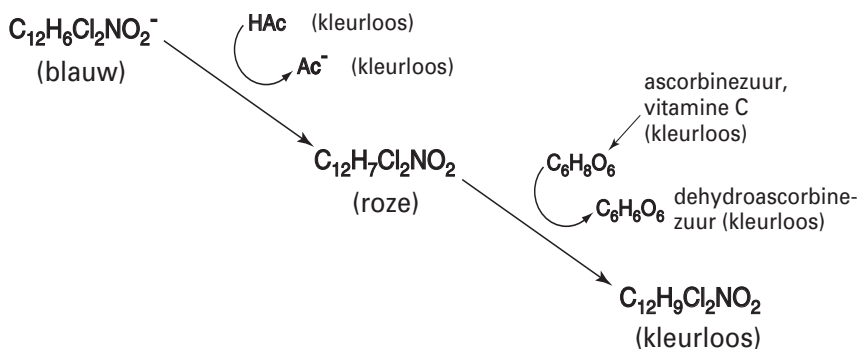
en



Beide reacties zijn snel en aflopend.

Schematisch is één en ander weergegeven in figuur 1. De kleuren die de verschillende deeltjes in oplossing veroorzaken staan tussen haakjes.

figuur 1



- 3p **10** □ Leg uit welke kleurverandering van de oplossing in de erlenmeyer plaatsvindt wanneer bij deze bepaling het eindpunt van de titratie wordt bereikt.

Als praktische opdracht gaat een groepje leerlingen de hoeveelheid vitamine C in appelsap bepalen. Van het onderzochte merk appelsap bestaan twee soorten. Het enige verschil tussen de soorten is de hoeveelheid vitamine C. Aan één van de twee soorten is namelijk extra vitamine C toegevoegd. De leerlingen gaan bepalen hoeveel gram vitamine C er in deze soort appelsap extra aanwezig is.

De DCPIP oplossing waarmee zij gaan titreren moet eerst worden geijkt. Daartoe wordt 125,0 mg vitamine C afgewogen en opgelost tot 500,0 mL.

Van de vitamine C oplossing wordt 10,00 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. De oplossing wordt aangezuurd met azijnzuur. Het blijkt dat voor de titratie van 10,00 mL van de vitamine C oplossing 25,10 mL DCPIP oplossing nodig is.

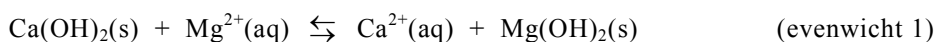
Hierna worden de twee soorten appelsap onderzocht. Voor 10,00 mL appelsap zonder extra toegevoegde vitamine C is 0,30 mL DCPIP oplossing nodig. Voor 10,00 mL appelsap mét extra toegevoegde vitamine C, blijkt 32,10 mL DCPIP oplossing nodig te zijn.

- 4p **11** □ Bereken hoeveel mg vitamine C per 100,0 mL extra aanwezig is in het appelsap waaraan extra vitamine C is toegevoegd.

## Magnesiumwinning

Magnesium wordt dikwijls in een continu proces bereid uit zeewater en dolomiet. Dolomiet is een mineraal dat voorkomt in gesteenten. De formule van dolomiet is  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Tijdens dit proces wordt dolomiet bevattend gesteente eerst fijn gemalen en vervolgens verhit. Het dolomiet wordt daarbij omgezet tot een mengsel van calciumoxide en magnesiumoxide. Hierbij ontstaat ook koolstofdioxide.

Het calciumoxide en magnesiumoxide worden afgescheiden van de restanten van het gesteente (afvalgesteente) en met zeewater gemengd. Het calciumoxide wordt daardoor omgezet tot calciumhydroxide en het magnesiumoxide tot magnesiumhydroxide. Zeewater bevat calciumionen en magnesiumionen. In het ontstane mengsel stelt zich een heteroog evenwicht in:



De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht is:  $K_1 = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{[\text{Mg}^{2+}]}$

De evenwichtsconstante  $K_1$  heeft de waarde  $8,4 \cdot 10^5$ . Deze waarde kan berekend worden met behulp van de evenwichtsconstanten van de volgende heterogene evenwichten van  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  in water:



De evenwichtsvoorwaarden voor de evenwichten 2 en 3 zijn:  $K_2 = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2$  en  $K_3 = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2$ .

De evenwichtsconstanten voor de evenwichten 2 en 3 staan vermeld in Binas-tabel 46.

- 2p **12** □ Leid met behulp van de evenwichtsvoorwaarden van de evenwichten 2 en 3 af dat voor evenwicht 1 geldt  $K_1 = 8,4 \cdot 10^5$ .

Evenwicht 1 ligt zo sterk rechts, dat de vaste stof die zich in het ontstane reactiemengsel bevindt wanneer het evenwicht zich heeft ingesteld, vrijwel zuiver magnesiumhydroxide is. Dit wordt afgescheiden. Het afvalwater wordt teruggevoerd naar zee. Vervolgens laat men het magnesiumhydroxide reageren met zoutzuur. De oplossing van magnesiumchloride die zo ontstaat, wordt ingedampd. De temperatuur is daarbij zo hoog dat het magnesiumchloride vloeibaar is. Het vloeibare magnesiumchloride wordt in een elektrolyseruimte gebracht. Hier ontstaat aan de negatieve elektrode vloeibaar magnesium en aan de positieve elektrode chloorgas. Beide producten worden continu uit de elektrolyseruimte afgevoerd. Indien niet het gesmolten magnesiumchloride wordt gebruikt bij de elektrolyse, maar de magnesiumchloride-oplossing, dan ontstaat bij de elektrolyse aan de negatieve elektrode geen magnesium, maar een andere stof.

- 3p **13** □ Leg uit welke andere stof in dat geval aan de negatieve elektrode ontstaat. Betrek in je uitleg getalwaarden uit Binas.

Het chloorgas laat men met waterstof reageren tot waterstofchloride. Dit wordt gemengd met water dat bij het indampen van de magnesiumchloride-oplossing vrijkomt. Het zoutzuur dat ontstaat wanneer waterstofchloride in water oplost, wordt gebruikt om magnesiumhydroxide om te zetten tot een oplossing van magnesiumchloride.

Om de bovenbeschreven bereiding van magnesium als een continu proces te laten plaatsvinden, moet een gedeelte van het water dat bij het indampen van de magnesiumchloride-oplossing vrijkomt, worden afgevoerd. De oorzaak daarvan is dat bij één van de reacties die tijdens het proces plaatsvinden, water wordt gevormd.

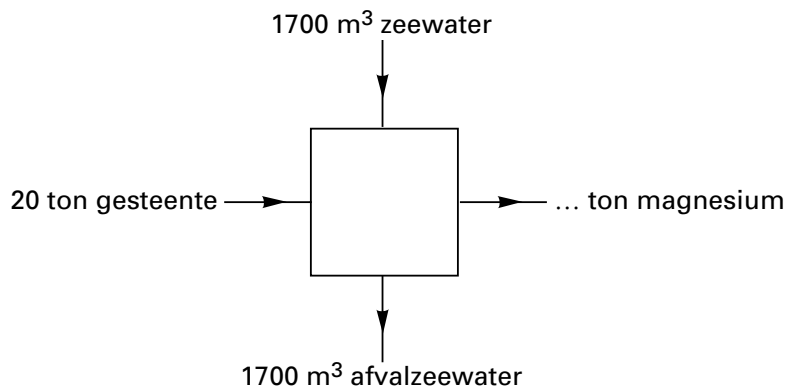
- 2p **14** □ Geef de vergelijking van de reactie waarbij in dit proces water wordt gevormd.

Het beschreven continue proces om magnesium te bereiden uit zeewater en dolomiet kan in een blokschema met zeven blokken worden weergegeven. Een deel van dit blokschema is op de bijlage afgebeeld.

- 5p **15** □ Maak op de bijlage het blokschema af door het plaatsen van de vier ontbrekende blokken en lijnen met pijlen. Zet bij alle zelf getekende lijnen de namen van de bijbehorende stoffen (*chlor, magnesium, magnesiumchloride, water, waterstof, waterstofchloride, zoutzuur*).

Wanneer 20 ton gesteente, met een dolomietgehalte van 84 massaprocent, wordt gebruikt om magnesium te bereiden, is daarvoor  $1700 \text{ m}^3$  zeewater nodig. De hoeveelheid afvalzeewater die wordt teruggevoerd naar zee mag gelijk worden gesteld aan  $1700 \text{ m}^3$ . Het gehele proces kan worden samengevat in het volgende schema:

schema



In het afvalzeewater, dat naar zee wordt teruggevoerd, gaat een geringe hoeveelheid magnesium, in de vorm van  $\text{Mg}^{2+}$  ionen, verloren. Omdat evenwicht 1 sterk rechts ligt, is de hoeveelheid magnesium die zo verloren gaat, verwaarloosbaar klein ten opzichte van de hoeveelheid magnesium die uit 20 ton gesteente en  $1700 \text{ m}^3$  zeewater wordt geproduceerd. Mede met behulp van dit schema en een gegeven uit Binas-tabel 43 is te berekenen hoeveel ton magnesium maximaal kan worden geproduceerd uit 20 ton gesteente, met een dolomietgehalte van 84 massaprocent, en  $1700 \text{ m}^3$  zeewater.

- 4p **16** □ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
- de massa van een mol dolomiet is 184,4 g;
  - een ton is  $10^3$  kg.

*Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.*

## No NO

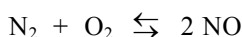
In een dieselmotor wordt dieselolie verbrand. In de cilinders van de motor wordt deze brandstof toegevoegd aan een overmaat lucht. Bij de temperatuur die in de cilinders heerst, verbrandt de dieselolie tot voornamelijk koolstofdioxide en water.

Daarnaast wordt bij deze temperatuur stikstofmonoxide gevormd.

Het NO molecuul is een radicaal. Dit is af te leiden uit de elektronenconfiguraties van beide atoomsoorten. Van het NO molecuul kan een aantal elektronenformules (grensstructuren) worden getekend. In elke elektronenformule is slechts voor één atoom voldaan aan de octetregel.

- 2p **17**  Leid met behulp van Binas-tabel 104 af dat het NO molecuul een radicaal is.  
2p **18**  Geef een elektronenformule van het NO molecuul waarin een dubbele binding voorkomt tussen het N atoom en het O atoom.

De vorming van stikstofmonoxide in de cilinders van de dieselmotor is een evenwichtsreactie:



Wanneer het gasmengsel waarin bovenvermeld evenwicht heerst langzaam wordt afgekoeld, neemt de hoeveelheid NO af.

- 3p **19**  Leg uit aan de hand van een gegeven uit Binas-tabel 57A dat de hoeveelheid NO afneemt wanneer dit gasmengsel wordt afgekoeld. Vermeld in je uitleg de getalwaarde van dit gegeven. Ga ervan uit dat dit gegeven ook geldt onder de omstandigheden die in de dieselmotor heersen.

De temperatuur van het gasmengsel dat uit de uitlaat van een dieselmotor komt, is veel lager dan de temperatuur die in de cilinders heerst. Het gasmengsel dat de cilinders verlaat, wordt dus in korte tijd sterk afgekoeld. Tijdens deze snelle afkoeling neemt de hoeveelheid NO in het gasmengsel niet merkbaar af. Uit de uitlaat komt dus meer NO dan wanneer het gasmengsel uit de cilinders langzaam zou worden afgekoeld tot de temperatuur die buiten de cilinders heerst. Ook als het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten langere tijd bij deze lagere temperatuur bewaard blijft, verandert de hoeveelheid NO niet meer.

- 2p **20**  Verklaar waarom ook na langere tijd de hoeveelheid NO in het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten niet meer verandert.

Het NO draagt onder meer bij aan smogvorming en het ontstaan van zure regen. Daarom is aan de uitstoot van NO een maximumgrens gesteld.

De NO uitstoot van dieselmotoren kan worden verminderd door een oplossing van ureum ( $\text{CH}_4\text{ON}_2$ ) in het gasmengsel te spuiten dat de cilinders verlaat.

Een katalysator in het uitlaatsysteem zorgt ervoor dat reacties optreden tussen ureum, NO en nog een stof die in het gasmengsel aanwezig is dat vanuit de cilinders in de uitlaat komt. Deze reacties kunnen worden weergegeven in één reactievergelijking. Als reactieproducten komen in deze reactievergelijking uitsluitend  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor.

In deze vergelijking komen ureum en NO voor in de molverhouding  $\text{CH}_4\text{ON}_2 : \text{NO} = 1 : 2$ .

- 4p **21**  Geef deze reactievergelijking.

Een dieselmotor van een groot schip zonder voorziening waarmee de NO uitstoot wordt verminderd, produceert 53 kg NO per uur.

Deze scheepsmotor wordt uitgerust met de beschreven voorziening. Per seconde wordt 150 mL ureumoplossing (80 g ureum per L) ingespoten.

- 5p **22**  Bereken met hoeveel procent de NO uitstoot afneemt. Ga ervan uit dat alle ureum reageert volgens de boven vraag 21 beschreven reactie.

Einde