

**Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven
hoeveel punten met een goed antwoord
behaald kunnen worden.**

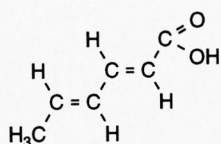
Als bij een vraag een verklaring, uitleg of berekening gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

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, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Opgave 1

Er bestaan vier stereoisomeren met de naam 2,4-hexadieenzuur. Eén daarvan heet trans,trans-2,4-hexadieenzuur. Deze stof wordt ook sorbinezuur genoemd.

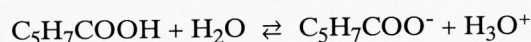
De structuurformule van sorbinezuur kan als volgt worden weergegeven:



Op dezelfde manier kan men de structuurformules van de andere drie stereoisomeren weergeven.

- 3p 1 ☐ Geef de structuurformules van de drie stereoisomeren van sorbinezuur op bovenstaande manier weer zodat duidelijk blijkt in welk opzicht de structuren van elkaar verschillen.

Sorbinezuur wordt als conserveermiddel aan bijvoorbeeld vruchtesappen toegevoegd. Sorbinezuur is een zwak éénwaardig zuur. In waterig milieu stelt zich het volgende evenwicht in:



De conserverende werking van sorbinezuur wordt toegeschreven aan uitsluitend de ongeïoniseerde sorbinezuurmolekulen. Hoe groter de concentratie aan ongeïoniseerd sorbinezuur is, des te sterker is de conserverende werking.

Iemand voegt de maximaal toelaatbare hoeveelheid sorbinezuur toe aan 1 liter perziksap van pH = 3,5. Hij voegt ook een even grote hoeveelheid sorbinezuur toe aan 1 liter perziksap van pH = 4,0.

- 3p 2 ☐ Leg uitgaande van het evenwicht van sorbinezuur in waterig milieu, uit in welk van de twee soorten perziksap de conserverende werking als gevolg van het toegevoegde sorbinezuur het sterkst zal zijn.

De K_z van sorbinezuur bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}$ (298 K).

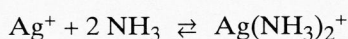
Bij toevoeging van de maximaal toelaatbare hoeveelheid sorbinezuur aan vruchtesap is de werking als conserveermiddel nog juist voldoende als nog 10% van het toegevoegde sorbinezuur in ongeïoniseerde vorm aanwezig is.

De pH waarbij dat het geval is, noemt men de pH-grenswaarde.

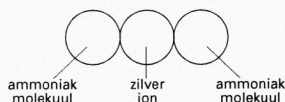
- 4p 3 ☐ Bereken de pH-grenswaarde van sorbinezuur (298 K).

Opgave 2

Ammonia is een oplossing van ammoniak in water. Als ammonia in overmaat wordt toegevoegd aan een oplossing van zilvernitraat, ontstaat een heldere oplossing waarin zich het volgende evenwicht tussen de in oplossing aanwezige deeltjes Ag^+ , NH_3 en $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ instelt:



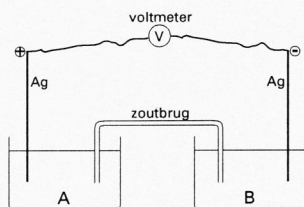
De binding tussen een ammoniakmolekuul en een zilverion in een $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ion kan men beschrijven op grond van elektrostatische aantrekking. In een $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ion liggen de ammoniakmolekulen en het zilverion op één lijn:



Een ammoniakmolekuul is met één bepaalde kant naar het zilverion gericht.

- 4p **4** ☐ Leg uit, uitgaande van een tekening van de ruimtelijke structuur van een ammoniakmolekuul, met welke kant een ammoniakmolekuul naar het zilverion is gericht.

Men kan de waarde van de evenwichtsconstante K (298 K) van het evenwicht $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ bepalen met behulp van de hieronder weergegeven elektrochemische cel:



Vat A bevat een 0,100 M zilvernitraatoplossing (298 K). In vat B is bij 298 K aan een zilvernitraatoplossing een overmaat ammonia toegevoegd. In de aldus ontstane oplossing heeft zich het evenwicht $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ingesteld.

Men mag aannemen dat het potentiaalverschil tussen de elektroden van zilver in de vaten A en B uitsluitend wordt veroorzaakt door het verschil in $[\text{Ag}^+]$ in beide vaten.

Voor het potentiaalverschil tussen de elektrode in vat A en de elektrode in vat B geldt bij 298 K de volgende betrekking:

$$\Delta V = 0,059 \log \frac{[\text{Ag}^+]_A}{[\text{Ag}^+]_B}$$

- 2p **5** ☐ Leid deze betrekking af.

De oplossing in vat B wordt als volgt gemaakt. In vat B wordt een oplossing gedaan waarin 7,50 mmol zilvernitraat is opgelost. Vervolgens wordt een oplossing toegevoegd die 22,35 mmol opgelost ammoniak bevat; dit is een overmaat.

Het evenwicht $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ stelt zich in. Het totale volume van de oplossing in vat B bedraagt 90,0 ml. Uit het gemeten potentiaalverschil tussen de elektroden in de vaten A en B kan men $[\text{Ag}^+]$ in vat B berekenen.

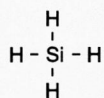
Het potentiaalverschil bedraagt 0,303 volt.

Het evenwicht $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ligt sterk rechts. De hoeveelheid Ag^+ die na instellen van het evenwicht is overgebleven is klein, maar niet gelijk aan nul. Bij de berekening van de hoeveelheid $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ die ontstaat, mag de overgebleven hoeveelheid Ag^+ worden verwaarloosd.

- 2p **6** ☐ Bereken $[\text{Ag}^+]$ in vat B (298 K).
 6p **7** ☐ Bereken, mede met behulp van voorgaande gegevens, de waarde van de evenwichtsconstante K (298 K) van het evenwicht $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met het feit dat een klein deel van het ammoniak met water is omgezet in NH_4^+ en OH^- .

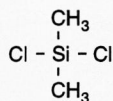
Opgave 3

De verbinding silaan heeft de volgende structuurformule:



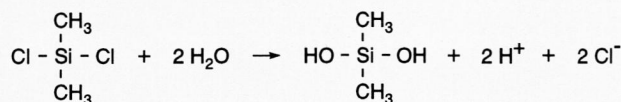
Verbindingen die afgeleid te denken zijn van silaan door per molecuul silaan één of meer H atomen te substitueren, noemt men gesubstitueerde silanen.

Een voorbeeld van een gesubstitueerd silaan is dichloordimethylsilaan:

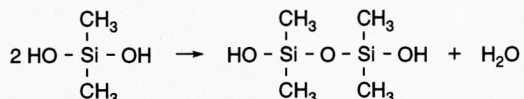


Dichloordimethylsilaan is de grondstof voor de bereiding van silicium-houdende polymeren.

Bij deze bereiding wordt dichloordimethylsilaan eerst met een overmaat water omgezet in dimethylsilaandiol:



In het ontstane zure milieu wordt uit dimethylsilaandiol een dimeer gevormd:



De vorming van dit dimeer verloopt in zuur milieu via de volgende vier stappen.

- Stap 1: Een H^+ ion hecht zich aan een OH groep van een molecuul dimethylsilaandiol, waarbij een ion $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})(\text{OH}_2)^+$ ontstaat.
- Stap 2: Het ion $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})(\text{OH}_2)^+$ splitst een H_2O molecuul af, waarbij een ion $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})^+$ overblijft.
- Stap 3: Het ion $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})^+$ hecht zich aan een ander molecuul dimethylsilaandiol, waarbij opnieuw een positief ion (met de positieve lading op de centrale O) gevormd wordt.
- Stap 4: Dit gevormde ion splitst een H^+ ion af, waarbij een molecuul van het dimeer van dimethylsilaandiol ontstaat.

- 5p **8** □ Geef de vergelijking van stap 3 in *elektronenformules* weer. Zet daarbij in elk van de elektronenformules van de positief geladen ionen de + lading bij het juiste atoom.

Een molecuul van het dimeer van dimethylsilaandiol kan overeenkomstig het beschreven mechanisme reageren met nog een molecuul dimethylsilaandiol.

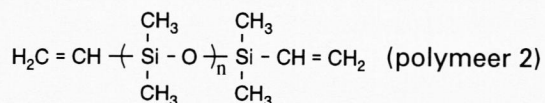
Hierbij ontstaat een molecuul van het trimeer $\text{Si}_3\text{C}_6\text{H}_{20}\text{O}_4$. Uit een molecuul van dit trimeer kan door waterafplitsing een molecuul $\text{Si}_3\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_3$ ontstaan; bij deze waterafplitsing zijn de twee OH groepen van het trimeermolecuul betrokken.

- 3p **9** □ Geef de structuurformule van de ontstane verbinding met de molecuulformule $\text{Si}_3\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_3$.

Uiteindelijk ontstaat een polymeer. De structuur van dit polymeer (polymeer 1) kan als volgt worden weergegeven:



Uitgaande van onder andere dichloordimethylsilaan kan men ook andere polymeren maken. Van één van die polymeren (polymeer 2) kan de structuur als volgt worden weergegeven:



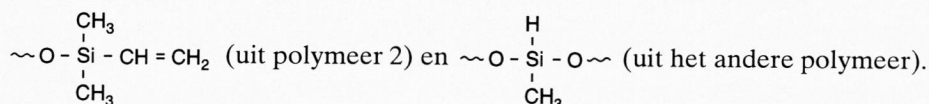
Polymeer 2 kan bereid worden door dichloordimethylsilaan in water te laten reageren in aanwezigheid van een kleine hoeveelheid van een verbinding A. Ook deze verbinding A is een gesubstitueerd silaan; één van de substituenten is chloor.

De gemiddelde waarde van n van polymeer 2 is kleiner naarmate de toegevoegde hoeveelheid van verbinding A groter is.

- 3p **10** ☐ Geef de structuurformule van verbinding A.
 3p **11** ☐ Leg uit waarom door het toevoegen van een grotere hoeveelheid van verbinding A de gemiddelde waarde van n van het ontstane polymeer kleiner wordt.

Polymeer 2 wordt gebruikt bij de bereiding van siliconenrubber. Daartoe laat men polymeer 2 reageren met een ander polymeer. De structuur van dat andere polymeer lijkt veel op de structuur van polymeer 1. Als in de molekulen van polymeer 1 enkele CH_3 groepen zijn vervangen door H atomen, treedt (onder invloed van een katalysator) een additiereactie op met polymeer 2; zonder die ingevoerde H atomen treedt geen reactie op met polymeer 2.

Bij de additiereactie worden de volgende twee groepen aan elkaar gehecht:



Bij de onderlinge aanhechting van deze twee groepen wordt de Si - H binding verbroken; vervolgens kunnen twee verschillende groepen $\text{Si}_2\text{C}_5\text{H}_{13}\text{O}_3$ ontstaan (stereoisomerie buiten beschouwing gelaten).

- 4p **12** ☐ Geef de twee groepen $\text{Si}_2\text{C}_5\text{H}_{13}\text{O}_3$ die daarbij kunnen ontstaan, in structuurformules weer.

Opgave 4

Sommige auto's gebruiken als brandstof (zuiver) propaan.

Propaan is bij 298 K en $p = p_0$ een gas. Door het gas samen te persen wordt het vloeibaar; in deze vorm wordt propaan opgeslagen en getransporteerd. De dichtheid van vloeibaar propaan bedraagt 493 g l^{-1} bij 298 K.

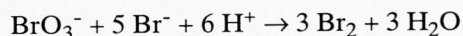
- 3p **13** ☐ Bereken het volume in dm^3 van het propaangas dat ontstaat als 1,00 liter vloeibaar propaan bij 298 K en $p = p_0$ verdampt. Maak hierbij onder andere gebruik van een gegeven uit Binas tabel 7.
 2p **14** ☐ Bereken met behulp van Binas tabel 55 de energie in joule die vrijkomt als het propaangas dat ontstaat uit 1,00 liter vloeibaar propaan, volledig verbrandt bij 298 K en $p = p_0$.

Verbrandingsenergieën kunnen worden opgegeven als bovenwaarden of als onderwaarden. Een bovenwaarde is de energie die wordt geleverd als het water dat bij de verbranding gevormd wordt, als vloeistof ontstaat. Als het water als waterdamp ontstaat, noemt men de geleverde energie de onderwaarde.

- 2p **15** ☐ Leg uit of de energie die door de verbranding van 1,0 mol propaangas in de motor van een rijdende auto wordt geleverd, een bovenwaarde of een onderwaarde is.
 4p **16** ☐ Bereken mede met behulp van een gegeven uit Binas het verschil (in joule) tussen de bovenwaarde en de onderwaarde van de volledige verbranding van 1,0 mol propaangas bij 298 K en $p = p_0$.

Opgave 5

Bij het samenvoegen van een oplossing van kaliumbromaat (KBrO_3), een oplossing van kaliumbromide (KBr) en zoutzuur treedt de volgende redoxreactie op:



- 5p 17 ☐ Geef de vergelijkingen van twee halfreacties waaruit de bovenstaande vergelijking afgeleid kan worden.

Als men aan de ontstane oplossing oxine ($\text{C}_9\text{H}_7\text{NO}$) toevoegt, treedt een substitutiereactie op waarbij als koolstofverbinding uitsluitend dibroomoxine ontstaat. De molverhouding waarin oxine met broom reageert is oxine : broom = 1 : 2.

- 4p 18 ☐ Geef de molecuulformule van dibroomoxine en de formules van de andere deeltjes die bij deze reactie ontstaan.

Sommige deodoranten bevatten opgelost Al^{3+} . Ter bepaling van het Al^{3+} gehalte in zo'n oplossing kan gebruik gemaakt worden van bovengenoemde reacties.

Bij zo'n bepaling werd aan 10,0 ml van de deodorant een overmaat natriumoxinaat ($\text{NaC}_9\text{H}_6\text{NO}$) in oplossing toegevoegd. Natriumoxinaat is een zout van het zwakke zuur oxine. Na toevoeging van het opgeloste natriumzout sloeg het zeer slecht oplosbare aluminiumoxinaat ($\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$) neer.

Het aluminiumoxinaat werd afgefilterd en daarna met zoutzuur omgezet in Al^{3+} en oxine.

Vervolgens werd 7,00 mmol kaliumbromaat in oplossing toegevoegd en tevens zoveel opgelost kaliumbromide dat alle bromaat werd omgezet in broom.

Het oxine reageerde met het aldus ontstane broom (in de molverhouding 1 : 2); het broom was een overmaat ten opzichte van oxine.

Tenslotte werd door middel van een titratie bepaald hoeveel mmol broom was overgebleven; dit bleek 0,660 mmol te zijn.

- 6p 19 ☐ Bereken het aantal mg Al^{3+} in 1,00 ml van de deodorant.

Opgave 6

Bauxiet is een erts met een hoog percentage aluminiumverbindingen. In sommige soorten bauxiet komen de aluminiumverbindingen uitsluitend als $\text{Al}(\text{OH})_3$ en $\text{AlO}(\text{OH})$ voor.

Uit bauxiet wordt aluminiumoxide gemaakt. Bij dat proces behandelt men bauxiet met een overmaat natronloog. De aluminiumverbindingen uit het bauxiet reageren met één of meer bestanddelen van de natronloog onder vorming van $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Andere verbindingen in bauxiet reageren niet met natronloog en blijven als vaste stof achter. $\text{Al}(\text{OH})_3$ reageert als volgt:



Ook bij de reactie van $\text{AlO}(\text{OH})$ met natronloog wordt uitsluitend $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ gevormd.

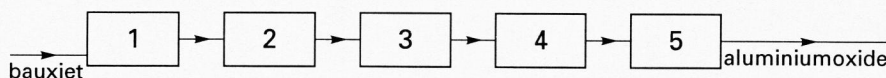
- 3p 20 ☐ Geef de vergelijking van de reactie van $\text{AlO}(\text{OH})$ met natronloog.

De industriële bereiding van aluminiumoxide uit bauxiet is een continu proces dat in een aantal achtereenvolgende stappen (in de hierna genoemde ruimten 1 tot en met 5) plaatsvindt.

- Ruimte 1: Bauxiet en natronloog worden in deze ruimte samengevoegd; de aluminiumverbindingen uit bauxiet reageren daarbij onder vorming van Al(OH)_4^- . Het ontstane mengsel wordt in zijn geheel in ruimte 2 geleid.
- Ruimte 2: De ontstane oplossing wordt gescheiden van de niet opgeloste bestanddelen van bauxiet. Deze niet opgeloste stoffen worden uit ruimte 2 als afval afgevoerd; het afval is vochtig zodat hierbij ook een beetje natronloog verloren gaat. De overgebleven heldere oplossing wordt in ruimte 3 geleid.
- Ruimte 3: In de uit ruimte 2 afkomstige oplossing slaat Al(OH)_3 neer; daarbij stelt zich het volgende evenwicht in: $\text{Al(OH)}_4^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Al(OH)}_3(\text{s}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. De temperatuur in ruimte 3 is zodanig dat vrijwel alle Al(OH)_4^- wordt omgezet in Al(OH)_3 . Het gehele mengsel wordt in ruimte 4 geleid.
- Ruimte 4: Het gevormde Al(OH)_3 wordt door filtratie afgescheiden; het Al(OH)_3 wordt in ruimte 5 geleid.
- Ruimte 5: Het Al(OH)_3 wordt verhit; hierbij ontstaan uitsluitend aluminiumoxide en waterdamp die beide via ruimte 5 de fabriek verlaten.

De hoeveelheid natronloog die bij ruimte 2 verloren gaat, wordt bij ruimte 1 weer aangevuld. Behalve deze hoeveelheid wordt in het proces verder geen natronloog verbruikt. In het onderstaande blokschema is dit continu proces onvolledig weergegeven: de stofstromen voor vast afval, waterdamp en natronloog ontbreken.

blokschema



- 6p **21** ☐ Neem het bovenstaande blokschema over en plaats daarin voor elke ontbrekende stofstroom een lijn met pijl. Zet bij elke lijn die je *erbij* plaatst, één of meer van de aanduidingen afval, waterdamp en natronloog.

Als men brokken bauxiet samenvoegt met 0,1 M natronloog, treedt nauwelijks een reactie op; de snelheid waarmee de aluminiumverbindingen reageren met de natronloog is dan laag. Om ervoor te zorgen dat de aluminiumverbindingen in ruimte 1 met een redelijke snelheid worden omgezet, neemt men een aantal maatregelen. Een katalysator om die snelheid te verhogen is niet bekend. Andere maatregelen die men in zulke gevallen neemt om reactiesnelheden te verhogen, blijken wel effect te hebben.

- 4p **22** ☐ Geef twee maatregelen die men kan nemen om de snelheid waarmee de aluminiumverbindingen in ruimte 1 reageren, te verhogen.

Men wil de opbrengst aan Al(OH)_3 in ruimte 3 zo hoog mogelijk maken. Hiertoe past men de temperatuur aan van de oplossing die afkomstig is uit ruimte 2. Van het evenwicht $\text{Al(OH)}_4^- \rightleftharpoons \text{Al(OH)}_3 + \text{OH}^-$ is de reactie naar rechts exotherm.

- 3p **23** ☐ Leg aan de hand van het gegeven dat deze reactie naar rechts exotherm is, uit of men de vloeistof die uit ruimte 2 in ruimte 3 komt, moet verwarmen of moet afkoelen.

Om het continu proces goed te laten verlopen, dient regelmatig de samenstelling van het bauxiet te worden bepaald.

Van een bepaalde soort bauxiet werd het aluminiumgehalte bepaald. Dit bauxiet bleek 195 gram aluminium per 1,000 kg te bevatten.

Uit 1,000 kg van dit bauxiet werd een hoeveelheid van 520 gram vast afval afgescheiden. Men mag aannemen dat de rest van het bauxiet bestond uit een mengsel van Al(OH)_3 en AlO(OH) .

Door het aantal gram Al(OH)_3 in 1,000 kg bauxiet op x te stellen, kan berekend worden hoeveel gram Al(OH)_3 en hoeveel gram AlO(OH) in deze hoeveelheid bauxiet aanwezig zijn.

- 5p **24** ☐ Geef deze berekening.

Einde