

Uraanerts

Uraanerts bevat uraanoxide (U_3O_8). In U_3O_8 komen onder andere U^{4+} ionen voor.

- 2p 1 Hoeveel protonen en hoeveel elektronen bevat een U^{4+} ion?
Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: ...
aantal elektronen: ...

Behalve U^{4+} ionen komen in U_3O_8 ook uraanionen voor met een andere lading.

- 2p 2 Leid uit de formule U_3O_8 af of dit U^{3+} ionen of U^{6+} ionen zijn. Ga er daarbij van uit dat U_3O_8 bestaat uit uraanionen en oxide-ionen.

Een belangrijk tussenproduct bij de bereiding van uraan uit uraanerts is uranyl nitraat. Deze stof bestaat uit uranylionen en nitraationen. De formule van het uranylion is UO_2^{2+} .

- 1p 3 Geef de formule van uranyl nitraat.

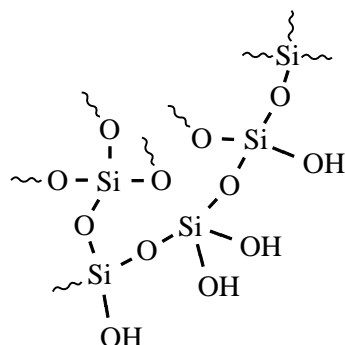
Vochtvreters

Calciumchloride is een zout dat gebruikt wordt om waterdamp uit de lucht op te nemen. Het water wordt daarbij opgenomen in het kristalrooster van het zout, waardoor een zogenoemd hydraat ontstaat: $CaCl_2 \cdot 6H_2O$.

- 3p 4 Bereken hoeveel gram water kan worden opgenomen door 15 gram $CaCl_2$.

Silicagel is een andere vaste stof die, meestal in korrelvorm, gebruikt wordt om waterdamp uit de lucht te binden. Op de website van een fabrikant van silicagel staat over de werking van deze stof onder andere het volgende:

“Silicagel is een polymeer, dat bestaat uit een groot poreus netwerk van siliciumatomen en zuurstofatomen. De adsorptie van water berust onder andere op vanderwaalsbinding.” Ook is de volgende afbeelding gegeven van een gedeelte van dit poreuze netwerk:



- 1p **5** Geef de naam van het type binding tussen de Si atomen en de O atomen in silicagel.

Uit de afbeelding kan worden afgeleid dat bij het binden van water, behalve de vanderwaalsbinding, ook een ander type binding een rol speelt.

- 2p **6** Welk bindingstype is dat? Motiveer je antwoord aan de hand van de afbeelding.

- 2p **7** Beschrijf een werkplan voor een onderzoek om te bepalen hoeveel gram water door één gram silicagel kan worden opgenomen.

Silicagel heeft als voordeel dat het kan worden hergebruikt. Daarom wordt silicagel onder andere toegepast in de zogenoemde vochtslurpende pinguïn. Deze pinguïn is gevuld met silicagel en kan bijvoorbeeld worden gebruikt om waterdamp uit een vochtige kast te verwijderen. Op de buik van de pinguïn is een vilten hartje aangebracht. Dit vilten hartje bevat de stof kobaltchloride. Wanneer de silicagel in de pinguïn verzadigd is met water, neemt het vilten hartje vocht op. Daardoor verkleurt het van blauw naar rood. Dit is het signaal om de pinguïn 5 minuten in de magnetron op 600 Watt te zetten. Dan verdampt het gebonden water en wordt het hartje weer blauw. De pinguïn kan daarna opnieuw worden gebruikt.



- 2p **8** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt wanneer het vilten hartje in de magnetron van rood naar blauw verandert. Maak daarbij gebruik van gegevens uit Binas-tabel 65B.

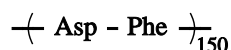
Synthetisch dipeptide

Een dipeptide is een stof waarvan de moleculen zijn ontstaan door koppeling van twee aminozuurmoleculen. Hierbij wordt een peptidebinding gevormd. Wanneer men in een oplossing asparaginezuur (Asp) en fenylalanine (Phe) laat reageren, ontstaat een groot aantal verbindingen, waaronder vier dipeptiden. Een van die dipeptiden kan worden weergegeven als Asp – Phe. Dit dipeptide is een belangrijk tussenproduct bij de bereiding van aspartaam, een kunstmatige zoetstof.

- 3p **9** Geef de structuurformule van het dipeptide Asp – Phe. Maak daarbij gebruik van Binas-tabel 67C.
- 2p **10** Geef de formules van de drie andere dipeptiden die ontstaan wanneer men in een oplossing Asp en Phe laat reageren. Gebruik daarbij de drie-letter-symbolen om de aminozuren weer te geven.

Omdat er zoveel andere stoffen ontstaan wanneer men in een oplossing Asp en Phe laat reageren, zoekt men naar andere manieren om het dipeptide Asp – Phe te bereiden.

Onderzoekers zijn er onlangs in geslaagd om uit een oplossing waarin Asp en Phe voorkomen, uitsluitend het dipeptide Asp – Phe te bereiden. Zij maakten daarbij onder andere gebruik van genetisch veranderde bacteriën. Deze bacteriën maken uit een oplossing waarin Asp en Phe voorkomen, een polymeer dat als volgt kan worden weergegeven:



De onderzoekers hebben het gevormde polymeer vervolgens onder invloed van een enzym gehydrolyseerd. Daarbij verkregen ze het dipeptide Asp – Phe.

- 1p **11** Geef een reden waarom een enzym wordt gebruikt bij de hydrolyse van het polymeer.

S-39

Om bij het solderen een goede hechting tussen metaal en soldeer te verkrijgen, wordt gebruik gemaakt van een zogenoemd vloeimiddel. Een voorbeeld van zo'n vloeimiddel is 'soldeerwater': een oplossing van zinkchloride (ZnCl_2) in zoutzuur. Soldeerwater kan gemaakt worden door vaste stukjes zink te laten reageren met een overmaat geconcentreerd zoutzuur. Hierbij ontstaat ook waterstofgas.

- 3p 12 Geef de vergelijking van de reactie van zink met zoutzuur waarbij soldeerwater en waterstofgas ontstaan.

Soldeerwater kan gebruikt worden voor het solderen van blik. Blik bestaat uit ijzer met daarop een laagje tin. Door de reactie van tin met zuurstof uit de lucht is de buitenkant van het tin bedekt met een laagje tin(II)oxide. Wanneer soldeerwater op blik wordt gebracht, zal het tin(II)oxide reageren met de H^+ die in het soldeerwater voorkomt. Dit is een zuur-base reactie.

- 3p 13 Geef de vergelijking van de reactie van tin(II)oxide met H^+ .

Een ander vloeimiddel is een product met de afkorting S-39 (**S**chiedam-19**39**). Dit product is een oplossing die onder andere zinkchloride bevat. Thomas heeft de opdracht gekregen om het aantal gram opgelost zinkchloride in een potje met 80,0 mL S-39 te bepalen. Hij kiest ervoor de zinkionen neer te laten slaan als zinkcarbonaat. Hiervoor kan beter geen oplossing van natriumcarbonaat worden gebruikt. In een oplossing die carbonaationen bevat komen namelijk ook altijd hydroxide-ionen voor. De zinkionen reageren dan zowel met carbonaationen als met hydroxide-ionen.

- 2p 14 Laat met behulp van een reactievergelijking zien dat in een oplossing die carbonaationen bevat, ook hydroxide-ionen aanwezig zullen zijn.

Wanneer een oplossing van natriumwaterstofcarbonaat wordt gebruikt, ontstaat wel alleen een neerslag van zinkcarbonaat. Voor zijn bepaling brengt Thomas 10,0 mL S-39 in een bekeerglas. Vervolgens voegt hij natriumwaterstofcarbonaat-oplossing toe totdat juist alle zinkionen zijn neergeslagen als zinkcarbonaat. Er ontstaat een witte suspensie. Tot zijn verbazing ziet Thomas dat het mengsel ook gaat bruisen. Hij vraagt zich af of het ontstane gas koolstofdioxide of waterstof is.

- 2p 15 Met welk proefje kan Thomas onderzoeken of het gas koolstofdioxide of waterstof is? Noem daarbij een waarneming waaruit hij de conclusie kan trekken.

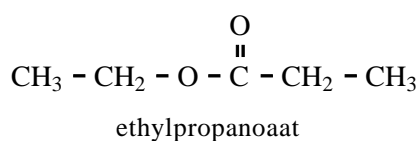
Uit het onderzoek van Thomas blijkt dat met 10,0 mL S-39 3,54 gram ZnCO_3 ontstaat.

- 3p 16 Bereken hoeveel gram opgelost ZnCl_2 aanwezig was in een potje met 80,0 mL S-39.

Waterbepaling

Bij sommige processen kan de aanwezigheid van water ongewenste (neven)reacties veroorzaken. Zo kan het bijvoorbeeld gebeuren dat tussenproducten met water reageren, in plaats van volledig te worden omgezet tot het gewenste eindproduct. Bij dergelijke processen kan het belangrijk zijn regelmatig het watergehalte van een oplosmiddel te controleren.

Voorbeelden van (mogelijk ongewenste) reacties met water zijn de hydrolyse van een ester of de additiereactie met een onverzadigde verbinding. Hieronder is de structuurformule van de ester ethylpropanoaat weergegeven.

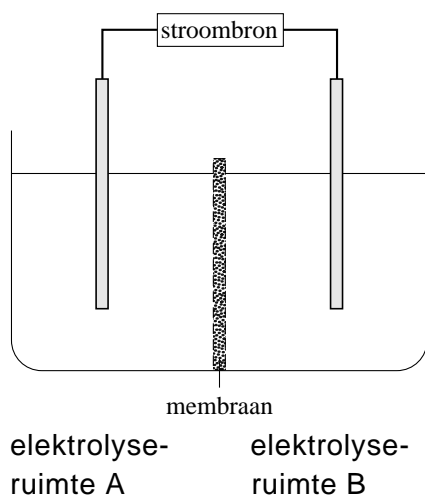


- 3p **17** Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van ethylpropanoaat. Geef de koolstofverbindingen weer in structuurformules.

Een voorbeeld van een onverzadigde verbinding is 2-buteen.

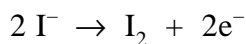
- 2p **18** Geef de structuurformule van het product dat ontstaat wanneer water via een additiereactie met 2-buteen reageert.

Om het watergehalte van een oplosmiddel te bepalen, wordt gebruik gemaakt van een elektrolysecel die hieronder vereenvoudigd is weergegeven.



De elektrolysecel bestaat uit twee ruimtes die gescheiden zijn door een membraan. Alleen ionen kunnen dit membraan passeren. In beide ruimtes bevindt zich watervrije methanol waarin onder andere SO_2 en NaI zijn opgelost. In methanol is NaI gesplitst in ionen.

Wanneer elektrische stroom door de elektrolysecel gaat, treedt aan de elektrode in ruimte A de volgende halfreactie op:

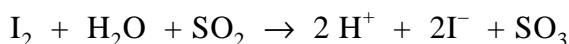


- 2p **19** Leg uit of deze halfreactie aan de positieve of aan de negatieve elektrode optreedt.

Om het massapercentage water in een oplosmiddel te bepalen, wordt een kleine hoeveelheid van dit oplosmiddel toegevoegd aan het mengsel in ruimte A.

Daarna wordt de elektrolyse gestart.

Het I_2 dat gedurende de gehele elektrolyse wordt gevormd bij de elektrode in ruimte A reageert direct met SO_2 en het water dat in het oplosmiddel aanwezig is. Deze vervolgreactie kan met de volgende vergelijking worden weergegeven.



Op het moment dat al het water uit het oplosmiddel heeft gereageerd, kan deze vervolgreactie niet meer verlopen en verkleurt het mengsel van kleurloos naar bruin. De elektrolyse wordt onmiddellijk gestopt op het moment dat de oplossing van kleur verandert. Door de stroomsterkte tijdens de elektrolyse en de tijdsduur van de elektrolyse te meten, kan worden bepaald hoeveel elektronen door de I^- ionen zijn afgegeven bij de elektrode in elektrolyseruimte A. Hieruit kan vervolgens het massapercentage water van het onderzochte oplosmiddel worden berekend.

Van een bepaald oplosmiddel werd 5,295 g in de elektrolysecel gebracht. Op het moment van de kleurverandering zijn door de I^- ionen $4,855 \cdot 10^{-3}$ mol elektronen afgegeven bij de elektrode.

- 2p **20** Wordt de bruine kleur die zichtbaar wordt op het moment dat alle water uit het oplosmiddel heeft gereageerd, veroorzaakt door I_2 of door I^- ? Geef een verklaring voor je antwoord.

- 3p **21** Bereken het massapercentage water van het onderzochte oplosmiddel.

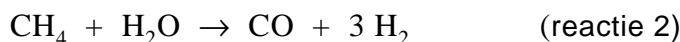
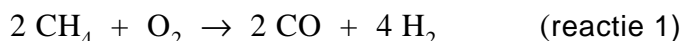
GTL (gas to liquid)

GTL-technologie maakt aardgasvelden rendabel

- 1 Gazprom gaat GTL-technologie van het Amerikaanse bedrijf Syntroleum
 2 inzetten bij de exploitatie van nieuwe Russische gasvelden. Hierbij wordt
 3 aardgas omgezet tot synthetische olie.
 4 In de eerste stap van dit zogenoemde Syntroleum-proces worden aardgas,
 5 samengeperste lucht en stoom samengebracht in een reactor. In deze
 6 reactor vinden verschillende reacties plaats waarbij een gasmengsel
 7 ontstaat dat voornamelijk bestaat uit stikstof, koolstofmono-oxide en
 8 waterstof.
 9 Het ontstane gasmengsel wordt naar een tweede reactor geleid.
 10 In deze tweede reactor ontstaat volgens het zogenoemde Fisher-Tropsch-
 11 proces onder invloed van een katalysator een mengsel van vloeibare
 12 alkanen, waarvan de moleculen meer dan 33 koolstofatomen bevatten.
 13 Dit paraffine-achtige product is zeer geschikt om er in een derde reactor
 14 dieselolie (met moleculen met 13 tot 22 koolstofatomen) van prima kwaliteit
 15 van te maken.
 16 Gazprom gaat twaalf nieuwe aardgasvelden exploiteren. Per dag zal
 17 45 miljoen m³ aardgas verwerkt worden tot 140.000 vaten synthetische
 18 dieselolie.

naar: Technisch Weekblad

De twee reacties die voornamelijk plaatsvinden in de eerste reactor zijn:



De molverhouding CO : H₂ in het gasmengsel dat uit de eerste reactor komt, wordt bepaald door de verhouding waarin de reacties 1 en 2 plaatsvinden.

- 3p **22** Leid af wat de molverhouding CO : H₂ in het gasmengsel is dat uit de eerste reactor komt, wanneer de helft van de CH₄ moleculen reageert volgens reactie 1 en de andere helft volgens reactie 2.

Geef de afleiding en noteer je antwoord als:

aantal mol CO : aantal mol H₂ = 1,0 : ...

Bij de vorming van de alkanen in de tweede reactor ontstaat waterdamp als bijproduct.

- 4p **23** Geef de reactievergelijking van de vorming van het alkaan met 35 koolstofatomen per molecuul uit koolstofmono-oxide en waterstof.

De tweede reactor moet voortdurend worden gekoeld om de temperatuur op 400 °C te houden.

- 2p **24** Is het proces in de tweede reactor een endotherm of een exotherm proces? Verklaar je antwoord.

Uit de regels 13 tot en met 15 wordt niet duidelijk wat er precies in de derde reactor gebeurt. In deze reactor vindt een ontledingsproces plaats dat bekend is uit de aardolie-industrie. Hierbij ontstaat, behalve een mengsel van alkanen, nog een andere soort koolwaterstoffen. Om ervoor te zorgen dat uitsluitend een mengsel van alkanen uit de reactor komt, moet H_2 in de reactor worden geleid.

- 2p **25** Geef de naam van het ontledingsproces dat in de derde reactor plaatsvindt. Geef ook de algemene naam van de andere soort koolwaterstoffen die bij dit ontledingsproces ontstaat.
Noteer je antwoord als volgt:
ontledingsproces: ...
andere soort koolwaterstoffen: ...

Door ervan uit te gaan dat het gebruikte Russische aardgas voor 80 volumeprocent uit methaan bestaat en dat methaan de enige koolstofbevattende verbinding hierin is, kan berekend worden dat $1,9 \cdot 10^7$ kg koolstof aanwezig is in het aardgas dat per dag wordt omgezet tot synthetische dieselolie.

- 3p **26** Geef deze berekening. Maak daarbij gebruik van Binas-tabel 12.

De synthetische dieselolie die per dag uit het aardgas wordt gemaakt, bevat $1,5 \cdot 10^7$ kg koolstof.

- 1p **27** Bereken het rendement van de omzetting van aardgas tot synthetische dieselolie op basis van de hoeveelheid koolstof.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen staat een blokschema waarmee het Syntroleum-proces vereenvoudigd kan worden weergegeven. Hierin ontbreken de bijschriften bij de pijlen. Met behulp van informatie uit het artikel en deze opgave kan het blokschema worden voltooid.

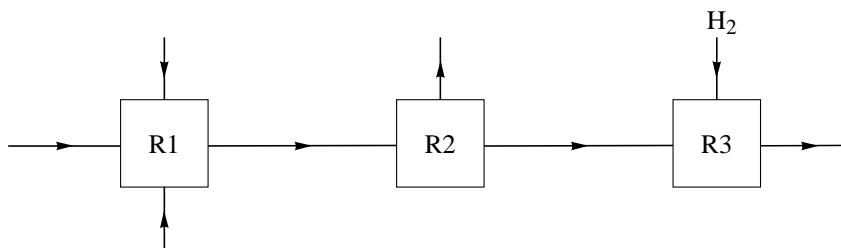
- 3p **28** Schrijf op de uitwerkbijlage de volgende stoffen bij de juiste pijlen:

- aardgas;
- alkanen (meer dan 33 C atomen per molecuul);
- CO en H_2 ;
- dieselolie (13 tot 22 C atomen per molecuul);
- lucht;
- stikstof;
- stoom;
- waterdamp.

Elke stof moet één keer worden vermeld, met uitzondering van stikstof. Stikstof moet twee keer worden vermeld. Het is mogelijk dat bij een pijl meer dan één stof moet worden vermeld.

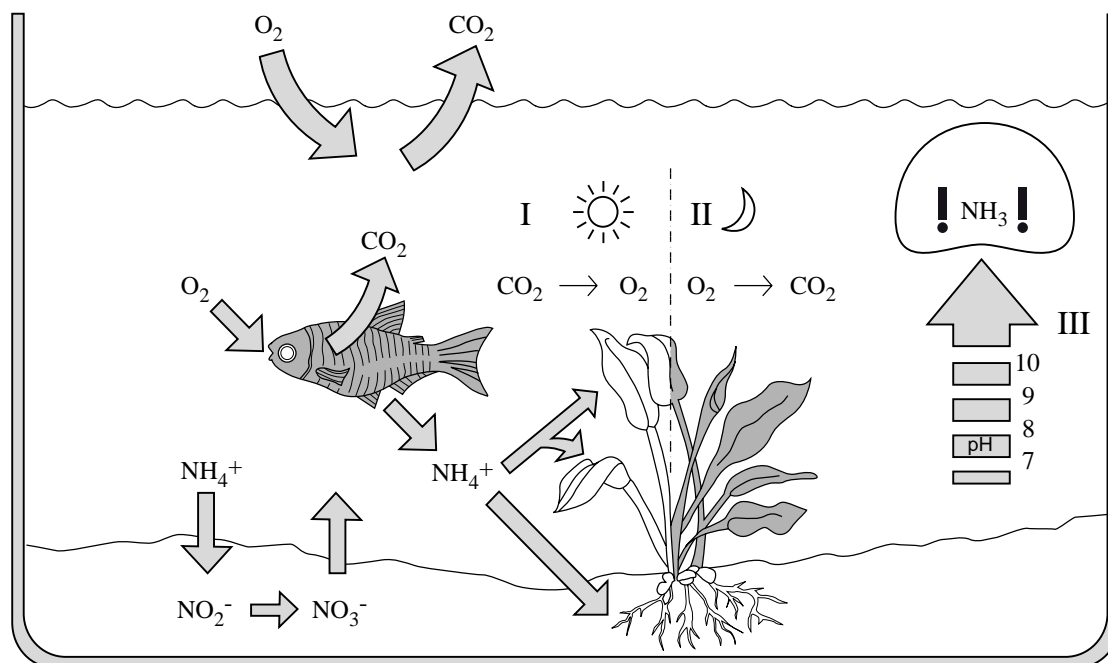
uitwerkbijlage

28



Aquarium

Hieronder staat een tekening uit een boek over het houden van een aquarium. De tekening geeft onder andere een aantal chemische processen in een aquarium vereenvoudigd weer. Bekijk de tekening en beantwoord vervolgens de vragen.



Onder I, in het midden van de tekening, is de reactievergelijking van de fotosynthese onvolledig weergegeven: zowel voor de pijl als na de pijl ontbreekt de formule van een stof en zijn de coëfficiënten weggelaten.

- 2p **29** Neem deze onvolledige vergelijking over, voeg de ontbrekende formules toe en maak de vergelijking kloppend door de juiste coëfficiënten in te vullen.

In de tekening zijn, behalve de aanwezigheid van CO_2 en water, nog twee voorwaarden weergegeven die noodzakelijk zijn voor de fotosynthese.

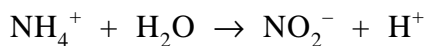
- 2p **30** Noem deze twee voorwaarden.

Zoals uit de tekening blijkt, komen er door de vissen ammoniumionen in het water terecht. Deze ionen kunnen door planten worden opgenomen. Ammoniumionen zijn een belangrijke stikstofbron voor planten.

- 3p **31** Bereken het massapercentage stikstof in een ammoniumion. Geef je antwoord in vier significante cijfers.

Linksonder in de tekening is weergegeven dat in de grond NH_4^+ ionen worden omgezet tot NO_2^- ionen. Dit is een bacterieel proces.

De reactie waarbij NH_4^+ ionen worden omgezet tot NO_2^- ionen is een redox-reactie. De vergelijking van de halfreactie van de reductor is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen (e^-) en de coëfficiënten zijn weggelaten.



- 3p **32** Neem deze onvolledige vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

In de tekening is bij III afgebeeld dat toenemende pH (in het weergegeven pH-gebied) leidt tot de vorming van het schadelijke NH_3 uit NH_4^+ .

- 2p **33** Leg uit waardoor bij de weergegeven pH-stijging de vorming van NH_3 uit NH_4^+ toeneemt.

Voor een goed functionerend aquarium is het belangrijk dat de pH van het aquariumwater tussen de 6,0 en 7,5 ligt. Als de pH te hoog wordt, kan men aan het water een scheutje zogenoemd 'pH-minus' toevoegen. Dit is een oplossing die door een fabrikant van aquariumbenodigdheden op de markt is gebracht. De oplossing bevat 5,1 gram H_2SO_4 per 100 mL oplossing.

- 3p **34** Bereken het aantal mol H^+ dat maximaal geleverd kan worden door 15 mL 'pH-minus'.

Op het etiket van 'pH-minus' staat onder andere vermeld dat eerst de $[\text{HCO}_3^-]$ van het aquariumwater moet worden bepaald, voordat 'pH-minus' kan worden gebruikt. De hoeveelheid 'pH-minus' die moet worden toegevoegd voor een gewenste pH-daling, bijvoorbeeld van 8,3 naar 7,2, is ook afhankelijk van de $[\text{HCO}_3^-]$ van het aquariumwater.

- 2p **35** Moet bij een hogere $[\text{HCO}_3^-]$ meer of minder 'pH-minus' aan aquariumwater worden toegevoegd, om de pH te laten dalen van 8,3 naar 7,2, dan bij een lagere $[\text{HCO}_3^-]$? Geef een verklaring voor je antwoord.