

Examen VWO
2013

tijdvak 1
vrijdag 24 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

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.

Ammoniet

Ammoniet is een verzamelnaam voor schelpvormige fossielen die soms een goudachtige glans hebben. De goudachtige glans wordt veroorzaakt door de stof pyriet. Met pyriet, ook wel markasiet genoemd, wordt een stof bedoeld met de formule FeS_2 . In deze stof komen zogenoemde disulfide-ionen voor: S_2^{2-} . Deze ionen zijn ontstaan uit het gas waterstofsulfide (H_2S), waarna ze met aanwezige ijzer(II)ionen een neerslag vormden.

De omzetting van moleculen waterstofsulfide tot disulfide-ionen is een redoxreactie.

- 3p 1 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van H_2S tot S_2^{2-} . In de vergelijking van deze halfreactie komt behalve H_2S en S_2^{2-} ook H^+ voor.

Ammonieten in musea kunnen in de loop der tijd vervallen tot een grijs poeder. In onderstaand tekstfragment wordt het verval van de ammonieten in musea verklaard.

tekstfragment

Als markasiet reageert met waterdamp uit de lucht, ontstaat het blauwgrijze mineraal melanteriet waarin veel kristalwater is opgenomen. De reactie kan in woorden als volgt worden weergegeven: markasiet met water en zuurstof vormt melanteriet en zwavelzuur. Door de opname van het kristalwater wordt het volume groter en gaat het fossiel barsten. Een boosdoener is het zwavelzuur dat het bijproduct is in de reactie van markasiet naar melanteriet. Dit zwavelzuur tast niet alleen het meubilair en de bijgevoegde etiketten aan maar zou ook de reactie zelf versnellen. Nu is het inderdaad zo dat veel pyrietfossielen zijn ingebed in kalksteen dat aangetast kan worden door zwavelzuur.

In het tekstfragment wordt een reactie beschreven (regel 4). De formule van melanteriet is $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Het water dat voor de reactie nodig is, is als waterdamp in de lucht aanwezig.

- 3p 2 Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van melanteriet uit markasiet.
- 3p 3 Bereken hoeveel maal zo groot de massa van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet. Geef de uitkomst van de berekening in drie significante cijfers.
- 1p 4 Welke gegevens heb je nog meer nodig om te berekenen hoeveel maal zo groot het volume van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet?

In het tekstfragment wordt ook de rol van zwavelzuur beschreven (zie de regels 7 tot en met 11).

- 2p **5** Geef de vergelijking van de reactie die in de regels 10 en 11 van het tekstfragment wordt bedoeld. Gebruik eventueel gegevens uit Binas-tabel 66A.

Asbjørn Følling en de ontdekking van PKU

In 1934 bezocht de moeder van twee kinderen met een verstandelijke beperking de Noorse arts Asbjørn Følling. De moeder vond dat de urine van haar kinderen een afwijkende geur had en ze vermoedde dat die geur iets met de beperking van de kinderen te maken had. Vanwege de geur, die mogelijk op suikerziekte wees, voegde Følling aan de urine een paar druppels toe van een oplossing van ijzer(III)chloride (FeCl_3), een standaardtest voor suikerziekte. Indien iemand aan suikerziekte lijdt, kleurt de urine paars-rood. Følling nam echter een groene kleur waar, die na enkele minuten verdween.

Følling isoleerde uit de urine een witte vaste stof (stof X). Hij toonde vervolgens aan dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakte en dat stof X niet aanwezig was in de urine van gezonde mensen.

- 2p **6** Beschrijf hoe Følling te werk kan zijn gegaan om aan te tonen dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakt en dat stof X niet aanwezig is in de urine van gezonde mensen.

Om te achterhalen wat de molecuulformule van stof X is, deed Følling twee bepalingen.

- Hij voerde eerst een titratie uit met natronloog. Hij nam hierbij aan dat stof X een éénwaardig zuur is. Deze aanname bleek later geheel juist te zijn. Uit de titratie leidde hij af dat de molaire massa van stof X 164 g mol^{-1} bedraagt.
- Hij liet 4,69 mg van stof X volledig verbranden. Hierbij ontstond uitsluitend 11,2 mg CO_2 en 2,08 mg H_2O .

Met behulp van de gegevens uit deze twee bepalingen berekende Følling dat de molecuulformule van stof X $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_3$ is.

- 4p **7** Geef deze berekening.

Om de structuurformule van stof X te achterhalen, deed Følling nog enige andere experimenten. Toen hij stof X liet reageren met een sterke oxidator, ontstonden daaruit twee reactieproducten. Bij nader onderzoek bleken dat benzeencarbonzuur en ethaandizuur te zijn.

Følling trok uit deze waarneming de conclusie dat stof X was ontstaan uit het aminozuur fenylalanine. Later in het onderzoek bleek ook deze conclusie geheel juist te zijn.

- 2p **8** Geef een mogelijke structuurformule voor stof X. Houd daarbij ook rekening met eerder in deze opgave verstrekte gegevens.

Bij gezonde mensen wordt fenylalanine in het lichaam grotendeels omgezet tot een ander aminozuur doordat in een molecuul fenylalanine een OH groep wordt aangebracht (hydroxyleren).

- 1p **9** Geef de naam van het aminozuur dat ontstaat wanneer bij gezonde mensen fenylalanine door hydroxylering wordt omgezet.

Bij de kinderen vond de hydroxylering van fenylalanine kennelijk niet plaats. Følling vermoedde dat dit kwam door een genetische afwijking (mutatie) waardoor een voor de omzetting noodzakelijk enzym niet werkte. Het fenylalanine werd bij de kinderen kennelijk omgezet tot stof X. Omdat deze omzetting langzaam verloopt, hoopt fenylalanine zich op in het lichaam. Een gevolg daarvan is dat de hersenen en het zenuwstelsel worden aangetast. Deze genetische afwijking wordt reeds vele jaren phenylketonurie (PKU) genoemd.

Følling deed tot slot een onderzoek om na te gaan of gezonde mensen fenylalanine omzetten zonder dat daarbij stof X ontstaat. Hij kocht synthetisch gemaakte fenylalanine en nam een kleine hoeveelheid in. Toen hij daarna een test met ijzer(III)chloride uitvoerde, kleurde zijn urine tegen zijn verwachting in groen. Ook bij geteste medewerkers kleurde de urine groen na het toevoegen van enkele druppels ijzer(III)chloride-oplossing. De verklaring voor deze waarneming kwam enige tijd later. Er zijn twee vormen van fenylalanine.

- 2p **10** Leg aan de hand van de structuurformule van fenylalanine uit dat er twee vormen van deze stof bestaan.
- 3p **11** Geef een mogelijke verklaring voor de groenkleuring van de urine van Følling en zijn medewerkers na inname van synthetisch gemaakte fenylalanine.

Styreen-butadieen-rubber

Voor het maken van autobanden is jaarlijks een enorme hoeveelheid rubber nodig. Omdat er onvoldoende natuurrubber is, wordt op grote schaal synthetische rubber gemaakt.

Hierbij is 1,3-butadieen ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) een belangrijke grondstof. 1,3-butadieen ontstaat bij het stoomkraken van mengsels van verzadigde koolwaterstoffen. Uit het hierin aanwezige heptaan worden 1,3-butadieen, propaan en nog één andere stof gevormd.

- 3p 12 Ga met een berekening na of deze reactie exotherm of endotherm is. De vormingswarmte van heptaan bedraagt $-1,88 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Bij condensatie van het ontstane mengsel wordt een aantal fracties opgevangen. Elke fractie bevat een mengsel van verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. Om 1,3-butadieen te scheiden van de andere koolwaterstoffen in de betreffende fractie maakt men gebruik van extractie. Door het relatief lage kookpunt (269 K) is 1,3-butadieen vervolgens af te scheiden uit de ontstane oplossing.

- 2p 13 Geef de namen van twee stoffen die zich in dezelfde fractie als 1,3-butadieen zullen bevinden en leg uit waarom deze stoffen zich in dezelfde fractie bevinden. Licht je antwoord toe met getalswaarden uit Binas.

De meest gebruikte rubbersoort voor autobanden is het zogeheten styreen-butadieen-rubber (SBR), een zogenoemd copolymeer van 1,3-butadieen en styreen (fenyletheen). 1,3-Butadieen kan op twee manieren polymeriseren met styreen:

- 1,4-additie. In het polymerisatieproces worden de koolstofatomen nummer 1 en 4 van 1,3-butadieen elk verbonden met een andere monomeereenheid. De hierbij in elke gepolymeriseerde monomeereenheid 1,3-butadieen gevormde dubbele binding tussen koolstofatomen nummer 2 en 3 kan zowel de *cis*- als de *trans*-configuratie aannemen;
- 1,2-additie. De reactie verloopt via koolstofatomen nummer 1 en 2 van 1,3-butadieen.

- 4p 14 Geef een fragment uit het midden van een SBR-polymeer weer met behulp van structuurformules. Dit fragment moet bestaan uit twee styreen-eenheden, één butadieen-eenheid met de *trans*-structuur die is ontstaan na 1,4-additie en één butadieen-eenheid die is ontstaan na 1,2-additie.

De productie van SBR is hieronder vereenvoudigd beschreven. Styreen, 1,3-butadieen, water, een emulgator en hulpstoffen worden in een reactor gemengd. Als 60% van de monomeren is omgezet, wordt de reactor geleegd in ruimte S1.

In S1 wordt 1,3-butadien afgescheiden uit het mengsel dat uit de reactor komt. Het resterende mengsel wordt naar een zogenoemde stoomstripper geleid. Hier wordt stoom door het mengsel geleid. De stoom neemt het resterende styreen mee. Het mengsel van stoom en styreen wordt daarna in ruimte S3 gecondenseerd en gescheiden.

Aan het overblijvende mengsel van onder andere water en SBR wordt in ruimte S4 een zuur toegevoegd. Het SBR klontert daardoor samen en kan worden afgescheiden.

In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een onvolledig blokschema afgebeeld voor de productie van SBR. Bij deze productie wordt zo efficiënt mogelijk omgegaan met grondstoffen.

- 4p 15 Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven. Gebruik lijnen met pijlen voor de ontbrekende stofstromen. Geef de stofstromen in het schema aan met cijfers:

- | | | | |
|---|--------------------------|---|-----------------|
| 1 | 1,3-butadien | 4 | stoom |
| 2 | emulgator en hulpstoffen | 5 | styreen |
| 3 | SBR | 6 | vloeibaar water |

Hergebruik van stoffen afkomstig uit S4 en hergebruik van water hoeft niet te worden aangegeven.

Voor de productie van een autoband wordt vloeibaar SBR gemengd met zwavel en enkele andere hulpstoffen. De band wordt opgebouwd uit een aantal lagen van dit mengsel, waartussen versterkende staaldraden aanwezig zijn. Aan het eind van het proces laat men de gehele band enige tijd in een mal uitharden bij 290 °C. Tijdens het uitharden worden de SBR ketens op een beperkt aantal plaatsen onderling verbonden door zwavelatomen. Het resultaat is een stevige, elastische rubber band. Rubber afkomstig van oude autobanden kan niet worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden.

- 2p 16 Leg uit hoe rubber van een autoband er op deeltjesniveau uitziet en leg uit:
- waarom dit rubber niet kan worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden;
 - waarom dit rubber elastisch is.

Een manier om autobanden nuttig te gebruiken is door ze in korrelvorm in cementovens te verbranden. Bij de verbranding ontstaan H_2O en CO_2 en twee andere oxides. Deze twee andere oxides worden in het cement opgenomen. De beide oxides vormen een nuttige grondstof voor het cement. In vergelijking met gewone verbranding, kan zo milieuoverlast door één van deze oxides worden voorkomen.

- 2p 17 Geef de formules van de twee oxides die ontstaan naast H_2O en CO_2 bij de volledige verbranding van een autoband. Geef aan welk milieuvoordeel wordt bereikt doordat één van de oxides in het cement wordt opgenomen. Gebruik Binas-tabel 97A.

Fluoride in tandpasta

Twee leerlingen gaan voor hun profielwerkstuk het fluoridegehalte bepalen van een bepaald merk tandpasta. Ze hebben op internet een bepaling gevonden waarbij het aanwezige fluoride als PbClF wordt neergeslagen. Door daarna de massa van het PbClF te wegen, kan het fluoridegehalte in de tandpasta worden berekend.

De leerlingen wegen een hoeveelheid tandpasta af en lossen dit in verdund salpeterzuur op. Terwijl zij dit doen, nemen zij een gasontwikkeling waar. Omdat in de tandpasta calciumcarbonaat aanwezig is als polijst- en schuurmiddel, vermoeden ze dat dit gas koolstofdioxide is. Ze leiden het gas daarom door kalkwater.

- 3p **18** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als koolstofdioxide door kalkwater wordt geleid. Geef de waarneming die de leerlingen zullen doen.

De oplossing die is ontstaan na de reactie van tandpasta met salpeterzuur wordt enige minuten verhit om het nog opgeloste koolstofdioxide te verwijderen. Daarna brengen de leerlingen de oplossing op een pH-waarde van ongeveer 5 door het toedruppelen van natronloog. Vervolgens voegen ze een NaCl oplossing toe, waarna ze onder voortdurend roeren een $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ oplossing toevoegen. Tijdens het toedruppelen ontstaat een suspensie doordat zich een heterogeen evenwicht instelt:

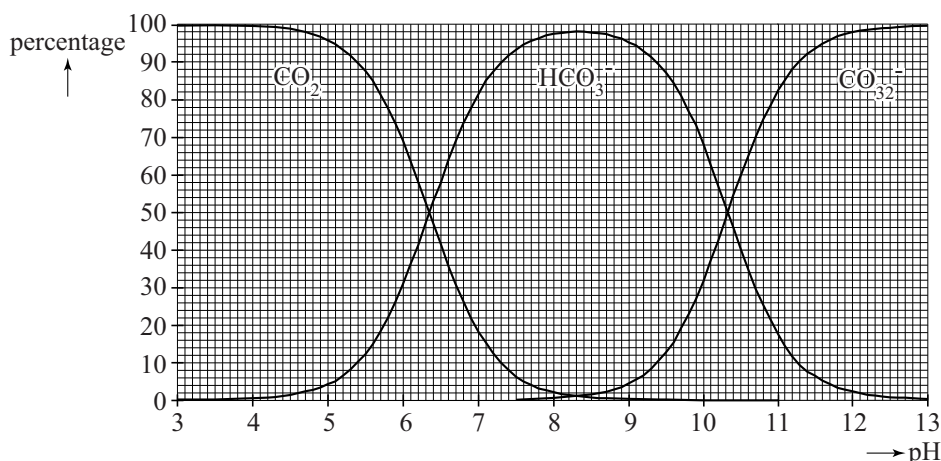


Doordat een overmaat NaCl oplossing en een overmaat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ oplossing is toegevoegd, is de $[\text{F}^-]$ in de vloeistof verwaarloosbaar klein.

- 2p **19** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1.
2p **20** Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit dat het gebruik van een overmaat NaCl oplossing en een overmaat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ oplossing ervoor zorgt dat de concentratie opgeloste F^- verwaarloosbaar klein kan worden.

Het verwijderen van de opgeloste koolstofdioxide is noodzakelijk om te voorkomen dat behalve PbClF ook PbCO_3 neerslaat; PbCO_3 is buitengewoon slecht oplosbaar. Om te voorkomen dat tijdens de bepaling ook PbCO_3 neerslaat, moet de $[\text{CO}_3^{2-}]$ beslist kleiner zijn dan $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$. De leerlingen vragen zich af of het uitkoken wel echt nodig is. Ze hebben in een scheikundeboek onderstaand diagram gevonden. Hierin staan hoeveelheden van de deeltjes CO_2 , HCO_3^- en CO_3^{2-} uitgezet als percentage van de totale hoeveelheid opgeloste koolstofdioxide, tegen de pH. Het diagram geldt voor oplossingen van 25°C . Een deel van dit diagram is hieronder weergegeven.

diagram



Volgens de leerlingen kun je uit dit diagram afleiden dat bij $\text{pH} = 5$ geen CO_3^{2-} voorkomt en dat uitkoken dus niet nodig is. Maar de leraar vindt dat de leerlingen daar iets te makkelijk over denken. Volgens de leraar is het best mogelijk dat in een oplossing van 25°C die verzadigd is aan koolstofdioxide, bij $\text{pH} = 5$ de $[\text{CO}_3^{2-}]$ groter is dan $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$. Onder deze omstandigheden bedraagt de totale hoeveelheid van de deeltjes CO_2 , HCO_3^- en CO_3^{2-} samen $1,10 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$.

- 4p 21 Laat door middel van een berekening zien of de $[\text{CO}_3^{2-}]$ groter kan zijn dan $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$ in een verzadigde oplossing van koolstofdioxide bij 25°C en $\text{pH} = 5,00$. Gebruik het diagram.

De leerlingen hebben een hoeveelheid tandpasta van $20,0143 \text{ g}$ afgewogen en het fluoride omgezet in PbClF . De verkregen suspensie wordt gefiltreerd over een vooraf gedroogd filter. De massa van het filter is bepaald: $7,1842 \text{ g}$. Het neerslag van PbClF wordt in het filter verzameld en gewassen. Hierna wordt het filter gedroogd en met het daarin verzamelde neerslag gewogen: $7,5836 \text{ g}$.

- 4p 22 Bereken het fluoridegehalte van de onderzochte tandpasta in massa-ppm. Neem aan dat al het fluoride is neergeslagen als PbClF .

Vuilnisbelt of goudmijn?

Mobiele telefoons, computers, accu's en elektronica worden tegenwoordig steeds vaker ingezameld en naar een recyclingbedrijf gebracht, zoals het Belgische bedrijf Umicore. In de materialen bevinden zich namelijk metalen zoals lood en koper, maar ook zeldzame edelmetalen. Om de metalen te kunnen recycleren, wordt het ingezamelde materiaal tot snippers vernalen. De snippers worden in een smeltreactor verhit, waarbij vooral vloeibaar koper en vloeibaar loodoxide (PbO) ontstaan.

Het vloeibare loodoxide mengt niet met het vloeibare koper, zodat de twee stoffen als aparte fracties kunnen worden afgevoerd naar de volgende stappen van het proces. Het onzuivere koper ondergaat vervolgens allerlei bewerkingen. Soms merkt de omgeving iets van de werkzaamheden, zoals in het volgende bericht in de 'Gazet van Antwerpen' van september 2010 te lezen is.

tekstfragment

Bij Umicore in Hoboken is even na de middag een bruine gaswolk opgestegen na een reactie van grondstoffen met een waterige oplossing. De wolk verplaatste zich richting Kruibeke. Het was van daaruit dat de hulpdiensten de eerste oproepen ontvingen.

„De nitreuze dampen zijn ontstaan nadat een oplossing over grondstoffen werd uitgegoten”, meldt milieucoördinator Jan Kegels. „Wat daarbij precies mis is gelopen, wordt nog onderzocht.”

„Gelukkig vielen er geen gewonden en is er geen schade voor het milieu”, zegt Kegels. Dat bevestigt de brandweer. „Doordat de wolk zich over de Schelde verplaatste, was ze sterk uitgedund vooraleer ze Kruibeke bereikte.”

In dit bericht wordt niet echt duidelijk wat er gebeurd is op het fabrieksterrein en of de bruine wolk gevaarlijk had kunnen zijn voor het milieu en de volksgezondheid. Een chemisch vakblad wil een kort artikel plaatsen over dit bedrijfsongeval. Uit het artikel moet duidelijk worden:

- welke 'waterige oplossing' gebruikt is en welke grondstoffen worden bedoeld;
- welke stoffen de nitreuze dampen bevatten;
- welke stof verantwoordelijk is voor de bruine kleur van de gaswolk;
- welke risico's er aan de genoemde nitreuze dampen zitten.

- 3p **23** Schrijf een artikel van maximaal 80 woorden, waarin je bovenstaande uitleg geeft. Gebruik onder andere gegevens uit Binas-tabellen 48, 66A, 66B en 97. Geef in de kantlijn aan hoeveel woorden je hebt gebruikt.

Het gevormde onzuivere loodoxide wordt in een hoogoven omgezet tot lood. Het onzuivere lood bevat onder andere arseen, antimoon en tin. Deze metalen worden via het zogenoemde Harris-proces verwijderd. Hierbij worden aan het mengsel gesmolten natriumhydroxide en natriumnitraat toegevoegd. Tin wordt hierbij omgezet tot natriumstannaat $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$. Deze stof en de andere reactieproducten kunnen worden afgeschept van het vloeibare lood.

- 3p 24 Geef de halfreactie voor de reactie van tin met natriumhydroxide waarbij $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-}$ ontstaat. In deze halfreactie komt onder andere OH^- voor.

Na de verwijdering van arseen, antimoon en tin zijn nog zilver en andere edelmetalen aanwezig in het lood. Om zilver van het lood af te scheiden wordt in het Parkes-proces vloeibaar zink aan het onzuivere vloeibare lood toegevoegd. Omdat vloeibaar zink niet mengt met vloeibaar lood, vormen zich twee lagen. Het aanwezige zilver lost veel beter op in zink dan in lood. Na afscheiding van het lood wordt het zilver-zink mengsel in een vacuümoven verhit, zodat zilver achterblijft.

- 2p 25 Welke twee scheidingsmethodes worden in het Parkes-proces toegepast?

Umicore beschikt over een groot laboratorium om de zuiverheid van de geproduceerde metalen te kunnen bepalen. Voor veel toepassingen is een hoge zuiverheid van de metalen gewenst. De voor bestek veel gebruikte legering 'Sterling silver' bevat uitsluitend zilver en 7,5 massa% koper. Twee leerlingen vragen zich af of ze zelf middels een eenvoudig experiment het massapercentage zilver in een monster Sterling silver kunnen controleren.

Ze stellen daartoe het volgende onvolledige werkplan op:

- laat een monster van 1,0 g Sterling silver reageren met een geschikt zuur, zodat het gehele monster in oplossing gaat;
- neutraliseer de ontstane oplossing.

- 2p 26 Leg uit wat ze vervolgens moeten doen om het massapercentage zilver in het gebruikte monster te kunnen bepalen.
- Beschrijf globaal de experimentele handeling(en).
 - Geef aan welke chemicaliën daarbij nodig zijn.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.