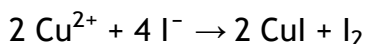
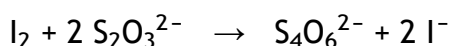


### Brons (2008-II)

Brons is een legering van koper en tin. Speelklokken in carillons worden van brons gegoten. De klank van zo'n klok hangt onder andere af van de samenstelling van het brons. Nadat de klok is gegoten, wordt hij gestemd. Dit gebeurt door aan de binnenkant van de klok wat brons weg te slijpen tot hij de juiste toonhoogte heeft. Het slijpsel dat daarbij ontstaat, wordt gebruikt om achteraf nog eens de samenstelling van het brons te bepalen. Bij zo'n bepaling laat men het slijpsel reageren met warm geconcentreerd salpeterzuur. Het koper wordt dan omgezet tot  $\text{Cu}^{2+}$ ; het tin wordt omgezet tot het zeer slecht oplosbare tinsteen ( $\text{SnO}_2$ ). Het tinsteen wordt door filtratie verwijderd en met koud water gespoeld. Het totale filtraat wordt kwantitatief overgebracht in een erlenmeyer. Vervolgens wordt de hoeveelheid  $\text{Cu}^{2+}$  bepaald. Daartoe wordt een overmaat van een oplossing van kaliumjodide toegevoegd. De volgende reactie treedt op:



De hoeveelheid jood wordt nu bepaald door een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Als indicator wordt zetmeel toegevoegd. De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie plaatsvindt, is:



Bij een bepaling werd 150 mg slijpsel van een bronzen klok afgewogen.

Om alle gevormde jood te laten reageren, was 18,3 mL 0,101 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

- 4p 1. Bereken het massapercentage koper in het brons van de klok.

De klank van oude klokken is vaak heel mooi. Men vermoedt dat deze mooie klank wordt veroorzaakt doordat in het brons van de klok, behalve koper en tin, ook nog lood aanwezig is.

In een klas wordt besproken of de hiervoor beschreven werkwijze om het massapercentage koper in brons te bepalen, ook kan worden toegepast als het brons lood bevat. Een leerling denkt dat de aanwezigheid van lood in het brons geen probleem is. Hij neemt aan dat lood bij de reactie met salpeterzuur wordt omgezet tot  $\text{PbO}_2$ . Om zijn veronderstelling te verduidelijken, wijst hij op BINAS-tabel 99.

- 2p 2. Geef een argument dat de leerling kan hebben gebruikt om, met behulp van BINAS-tabel 99, uit te leggen dat lood wordt omgezet tot  $\text{PbO}_2$ .

De leraar zegt dat de leerling een redelijke veronderstelling heeft gedaan, maar dat lood in salpeterzuur wordt omgezet tot  $\text{Pb}^{2+}$ . Een verdere omzetting van  $\text{Pb}^{2+}$  tot  $\text{PbO}_2$  vindt niet plaats. In BINAS-tabel 48 zijn daarover gegevens te vinden.

- 2p 3. Leg met behulp van gegevens uit BINAS-tabel 48 uit dat lood in salpeterzuur wordt omgezet tot  $\text{Pb}^{2+}$  en dat het gevormde  $\text{Pb}^{2+}$  daarna niet verder wordt omgezet tot  $\text{PbO}_2$ . Neem aan dat bij de omstandigheden waarbij de bepaling wordt uitgevoerd BINAS-tabel 48 gebruikt mag worden.

Een andere leerling merkt op dat bij de bepaling nu ook  $\text{Pb}^{2+}$  met  $\text{I}^-$  zal gaan reageren en dat daardoor de bepaling een onjuiste uitkomst krijgt.

- 2p 4. Geef de vergelijking van de reactie tussen  $\text{Pb}^{2+}$  en  $\text{I}^-$ .  
2p 5. Leg uit of de leerling gelijk heeft met zijn uitspraak dat de uitkomst van de bepaling onjuist wordt.

Tenslotte moeten de leerlingen een werkwijze bedenken om aan te tonen dat het brons van een oude kerkklok lood bevat.

- 3p 6. Beschrijf een werkwijze waarmee wordt aangetoond dat het brons van een oude kerkklok lood bevat. Geef in je beschrijving
- een globale aanduiding van de werkwijze;
  - de naam (namen) van de te gebruiken stof(fen) of oplossing(en);
  - de waarneming waaruit blijkt dat inderdaad lood in het brons aanwezig is.

#### Waterstof op aanvraag (2008-II)

---

Sinds 1998 wordt in auto's geëxperimenteerd met een brandstofcel, waarin de brandstof (waterstof) wordt geleverd door een oplossing van natriumboorhydride ( $\text{NaBH}_4$ ): het 'waterstof op aanvraag' systeem. Het natriumboorhydride kan worden gemaakt uit borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), een mineraal dat op vrij grote schaal in de natuur voorkomt. In de eerste stap van deze bereiding wordt  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  omgezet tot  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Via een aantal hierop volgende stappen wordt  $\text{H}_3\text{BO}_3$  omgezet tot  $\text{NaBH}_4$ .

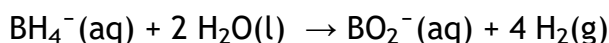
Om de omzetting van  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  tot  $\text{H}_3\text{BO}_3$  te laten verlopen, wordt aan borax een oplossing van een sterk zuur toegevoegd, bijvoorbeeld verdund zwavelzuur met  $\text{pH} = -0,15$ . Hierbij lost de  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  op. De  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  ionen reageren vervolgens met de zure oplossing. Bij deze reactie wordt uitsluitend  $\text{H}_3\text{BO}_3$  gevormd.

- 3p 7. Geef de vergelijking van de reactie waarin  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  met de zure oplossing wordt omgezet tot  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

In verdund zwavelzuur met  $\text{pH} = -0,15$  mag het  $\text{H}_2\text{SO}_4$  worden beschouwd als een eenwaardig zuur (een zuur dat per molecuul één  $\text{H}^+$  ion afstaat). Van het aantal  $\text{HSO}_4^-$  ionen is in deze oplossing namelijk een heel klein percentage omgezet tot  $\text{SO}_4^{2-}$  ionen.

- 3p 8. Bereken hoeveel procent van de  $\text{HSO}_4^-$  ionen in deze oplossing is omgezet tot  $\text{SO}_4^{2-}$  ionen.

Een oplossing van natriumboorhydride is stabiel. Wanneer een oplossing van natriumboorhydride met een bepaalde vaste katalysator in contact wordt gebracht, verloopt de volgende reactie:



Deze reactie is een redoxreactie.

- 3p 9. Geef de vergelijking van de halfreactie van  $\text{BH}_4^-$ . Hierin komen uitsluitend  $\text{BH}_4^-$ ,  $\text{BO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  en  $\text{e}^-$  voor.

In een artikel over dit ‘waterstof op aanvraag’ systeem komt het volgende tekstfragment voor:

#### tekstfragment 4

Opgelost in water kan de brandstof gemakkelijk en vooral veilig worden meegenomen in een auto; de tank hoeft niet onder druk te staan en uitgebreide veiligheidsmaatregelen zijn niet nodig. De waterstof komt pas vrij als men de oplossing met behulp van een pomp langs een platina-katalysator laat stromen, op het moment dat men het nodig heeft. Er bevindt zich nooit meer dan 2,5 gram waterstof in de brandstofleidingen, equivalent aan één glaasje benzine. Dit minimaliseert het brandgevaar.

naar: *Chemisch Weekblad*

- 3p 10. Ga door middel van een berekening na hoeveel mL benzine het bedoelde glaasje bevat, waarover in tekstfragment 4 wordt geschreven.
- Met equivalent wordt hier bedoeld: evenveel energie leverend.
  - Ga ervan uit dat in de brandstofleidingen geldt:  $T = 273 \text{ K}$  en  $p = p_0$ .
  - Gebruik bij de berekening onder andere gegevens uit BINAS-tabel 28B en neem aan dat de gegevens uit deze tabel met betrekking tot benzine ook gelden bij 273 K.

Tijdens de ontwikkeling van het ‘waterstof op aanvraag’ systeem heeft men een aantal factoren onderzocht die van invloed zijn op de hoeveelheid waterstof die per seconde kan worden geproduceerd. Eén van die factoren is de snelheid waarmee de  $\text{NaBH}_4$  oplossing langs de platina katalysator wordt gepompt.

- 3p 11. Welke drie factoren, die van invloed zijn op de waterstofproductie, zal men ook hebben onderzocht?

Een auto die rijdt op het ‘waterstof op aanvraag’ systeem tankt dus geen benzine, maar een oplossing van  $\text{NaBH}_4$ . Van een bepaald type auto die wordt aangedreven door een waterstof brandstofcel, is gegeven dat hij op 1,0 kg waterstof 70 km kan rijden. Wanneer de waterstof wordt geproduceerd via reactie 1 uit een  $\text{NaBH}_4$  oplossing, is uit te rekenen hoeveel km zo’n auto per 1,0 liter  $\text{NaBH}_4$  oplossing kan rijden.

- 5p 12. Geef deze berekening. Gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de  $\text{NaBH}_4$  oplossing bevat 20,0 massaprocent  $\text{NaBH}_4$ ;
  - de dichtheid van de oplossing bedraagt  $1,03 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ;
  - alle  $\text{NaBH}_4$  wordt omgezet.

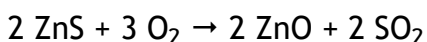
## Zink (2009-II)

Zink wordt onder andere toegepast als bescherming van ijzeren voorwerpen zoals hekken, vuilcontainers, vangrails en auto's. Op de website van een bedrijf dat zink produceert, staat beschreven hoe zink en diverse bijproducten worden gemaakt, uitgaande van zinkerts. De tekstfragmenten die in deze opgave voorkomen, zijn ontleend aan deze website.

### tekstfragment 1

#### Concentraatontvangst, -opslag en roosting

De Zinifex Century Mine in Australië produceert een concentraat met een hoog zinkgehalte. Het concentraat bestaat voornamelijk uit zinksulfide (sphaleriet) en bevat 58% zink en daarnaast kleine hoeveelheden andere metaalverbindingen. Dit concentraat wordt naar Nederland vervoerd en opgeslagen. Uit de opslag wordt het materiaal naar de afdeling roosting getransporteerd. In deze afdeling wordt het concentraat met lucht verbrand (geroost). Hierbij ontstaan onzuiver zinkoxide (ZnO), ook wel roostgoed genoemd, en zwaveldioxidegas (SO<sub>2</sub>):



Met de warmte die tijdens de reactie ontstaat, wordt stoom opgewekt. Met deze stoom worden diverse apparaten aangedreven en wordt voorzien in de warmtebehoefte van een deel van de fabriek.

- 3p 13. Bereken de verbrandingswarmte van zinksulfide in J mol<sup>-1</sup>.  
Neem aan dat de gegevens uit BINAS die je voor deze berekening nodig hebt, mogen worden gebruikt bij de omstandigheden waarbij de roosting plaatsvindt.
- 3p 14. Bereken hoeveel energie, in J, kan worden opgewekt bij de roosting van 1,0 ton concentraat. Ga ervan uit dat bij de roosting alleen zinksulfide wordt verbrand en dat alle zink aanwezig is in de vorm van zinksulfide (1,0 ton = 1,0 · 10<sup>3</sup> kg).

### tekstfragment 2

#### Loging en zuivering

Bij de loging wordt het zinkoxide uit het roostgoed opgelost in verdund zwavelzuur. Behalve zinkoxide gaan tijdens het logingsproces ook oxiden van cadmium en koper in oplossing.

Bij de zuivering wordt de ruwe zinksulfaatoplossing van de loging gezuiverd van cadmium en koper. Er wordt een vaste stof X aan de oplossing toegevoegd. Stof X gaat in oplossing terwijl koper en cadmium als metaal neerslaan.

Op de website wordt uiteraard de vaste stof niet met stof X aangeduid, maar met de naam van die stof. Wanneer zinkoxide 'oplost' in verdund zwavelzuur, treedt een reactie op.

- 2p 15. Geef de vergelijking van de reactie van zinkoxide met verdund zwavelzuur.

In de ruwe zinksulfaatoplossing komen cadmium en koper voor in de vorm van de metaalionen Cd<sup>2+</sup> en Cu<sup>2+</sup>.

De fabriek stelt de volgende eisen aan stof X:

- 1 Stof X moet  $\text{Cd}^{2+}$  en  $\text{Cu}^{2+}$  kunnen omzetten tot Cd respectievelijk Cu.
- 2 Stof X mag geen reactieproducten opleveren die later een extra scheiding noodzakelijk maken.

1p **16.** Geef de naam van stof X.

2p **17.** Leg uit waarom stof X aan beide gestelde eisen voldoet.

### tekstfragment 3

#### Elektrolyse

Bij de elektrolyse wordt, onder invloed van elektrische stroom, metallisch zink uit de gezuiverde zinksulfaatoplossing gewonnen. Het proces vindt plaats in elektrolyse cellen die ieder 45 loden anoden en 44 aluminium kathoden bevatten. De gezuiverde oplossing wordt continu toegevoegd.

Op de kathode slaat het metallisch zink neer. Bij een stroomdichtheid van 450 A per  $\text{m}^2$  heeft zich na 35 uur een laag zink op de kathoden afgezet die dik genoeg is. Met computergestuurde kranen worden de kathoden vervolgens uit de cellen gelicht, van het zink ontdaan en weer teruggeplaatst in de cellen.

Lood en aluminium fungeren bij deze elektrolyse als onaantastbare elektroden.

4p **18.** Bereken hoeveel kg zink maximaal kan ontstaan per  $\text{m}^2$  elektrode-oppervlak als gedurende 35 uur een stroomsterkte van 450 A per  $\text{m}^2$  elektrode-oppervlak wordt gebruikt. Maak hierbij onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van een mol elektronen gelijk is aan  $9,65 \cdot 10^4$  C (A is ampère; 1 A komt overeen met een ladingstransport van 1 C per seconde).

Bij de zuivering (zie tekstfragment 2) ontstaat dus een mengsel van twee metalen: koper en cadmium. De fabriek wil beide metalen afzonderlijk verkopen. Het mengsel van koper en cadmium moet dus worden gescheiden. De scheiding van dit mengsel verloopt in een aantal stappen. Eerst wordt het mengsel behandeld met een overmaat verdund zwavelzuur. Daarna zijn nog enkele stappen nodig om beide metalen afzonderlijk te verkrijgen.

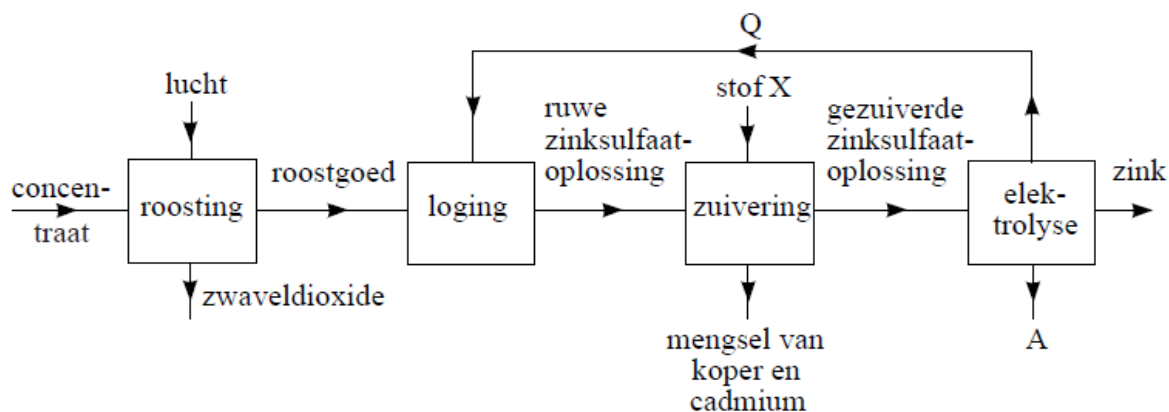
1p **19.** Geef met behulp van BINAS-tabel 48 een verklaring voor de keuze van verdund zwavelzuur.

2p **20.** Welke stappen moeten na toevoeging van het verdunde zwavelzuur worden uitgevoerd om koper en cadmium afzonderlijk van elkaar te verkrijgen?

In tekstfragment 3 worden de elektroden aangeduid met de termen 'anode' en 'kathode'. Uit het tekstfragment is op te maken dat de anode de positieve elektrode is en de kathode de negatieve.

Hieronder staat een vereenvoudigd blokschema van de zinkfabriek.

## blokschema



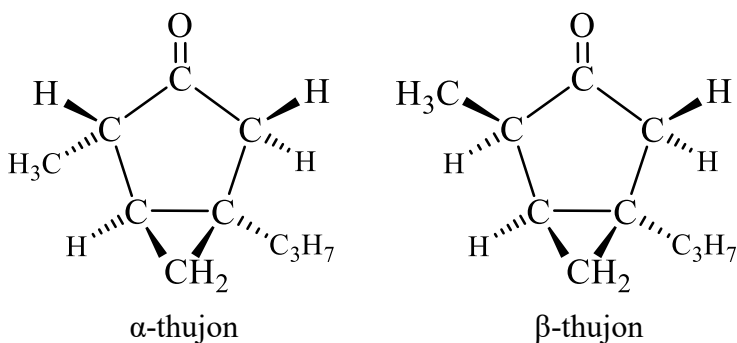
- 3p 21. Leg uit welke namen bij Q en A moeten worden ingevuld. Vermeld in je uitleg de vergelijking van de halfreactie die aan de anode optreedt.

### Absint (2009-II)

Absint is een sterk alcoholisch extract van diverse kruiden, waaronder alsme (*Artemisia absinthium*). De drank kreeg een slechte naam, doordat sommige drinkers tekenen van waanzin gingen vertonen of blind werden. Daarom is absint in veel landen lange tijd verboden geweest.

De genoemde gezondheidseffecten worden niet alleen veroorzaakt door het hoge alcoholgehalte. Rond 1900 werd ontdekt dat in absint ook de verbinding thujon voorkomt. In experimenten met proefdieren bleek deze stof schadelijke werkingen te hebben.

In de natuur komen twee soorten thujon voor:  $\alpha$ -thujon en  $\beta$ -thujon. Hieronder staan de ruimtelijke structuurformules van  $\alpha$ -thujon en  $\beta$ -thujon.



De bindingen die zijn getekend met — liggen in het vlak van tekening (dit geldt alleen voor de bindingen in de vijfkring en de C=O binding), de bindingen die zijn getekend met ► komen uit het vlak van tekening naar voren en de bindingen die zijn getekend met ..... liggen achter het vlak van tekening.

Met de groep  $C_3H_7$  wordt de isopropylgroep bedoeld:  $CH_3-CH-CH_3$ .  $\alpha$ -Thujon is een stereo-isomeer van  $\beta$ -thujon.

- 2p 22. Leg aan de hand van de structuurformules uit of een molecuul  $\alpha$ -thujon het spiegelbeeld is van een molecuul  $\beta$ -thujon.
- 2p 23. Leg aan de hand van de structuurformules uit of  $\alpha$ -thujon en  $\beta$ -thujon *cis-trans*-isomeren zijn.

Uit onderzoek is gebleken dat tijdens de stofwisseling van  $\alpha$ -thujon en  $\beta$ -thujon een zogenoemde hydroxylering plaatsvindt. Bij hydroxylering worden één of meer OH groepen in het molecuul ingebouwd. Hydroxylering van thujon kan onder andere plaatsvinden aan de isopropylgroep. Hierbij wordt de  $C_3H_7$  groep omgezet tot een  $C_3H_6OH$  groep. Deze omzetting kan worden opgevat als een redoxreactie.

- 3p **24.** Geef de vergelijking van de halfreactie voor deze hydroxylering van thujon. In deze vergelijking komen onder andere  $H_2O$  en  $H^+$  voor. Noteer in deze vergelijking thujon als  $R-C_3H_7$  en het reactieproduct als  $R-C_3H_6OH$ .

Volgens de normen van de Europese Unie mag absint maximaal 35 mg thujon ( $\alpha$  en  $\beta$  samen) per kg bevatten. De Voedsel en Waren Autoriteit controleert het gehalte thujon in absint. Tijdens de bepaling van dat gehalte wordt een mengsel eerst gescheiden, waarna de afzonderlijke stoffen langs een detector worden gevoerd. Het signaal dat de detector daarbij afgeeft, wordt als een getal op een display weergegeven.

De bepaling gaat als volgt:

- Er wordt een standaardoplossing gemaakt van  $\alpha$ -thujon,  $\beta$ -thujon en een referentiestof A. De concentraties van deze stoffen zijn bekend.
- Dit mengsel wordt in een gaschromatograaf geanalyseerd. Hierbij worden de oppervlaktes van de pieken in het chromatogram gemeten (bepaling 1).
- Vervolgens wordt een mengsel gemaakt van absint en stof A. De concentratie van stof A hierin is even groot als in de standaardoplossing.
- Dit mengsel van absint en stof A wordt ook in de gaschromatograaf geanalyseerd, en de oppervlaktes van de pieken in het chromatogram worden gemeten (bepaling 2).

Uit de gemeten piekoppervlaktes kunnen de gehalten  $\alpha$ -thujon en  $\beta$ -thujon in absint worden berekend.

In onderstaande tabel zijn de piekoppervlaktes (zonder eenheid) vermeld van  $\alpha$ -thujon en stof A die bij zo'n bepaling zijn gemeten.

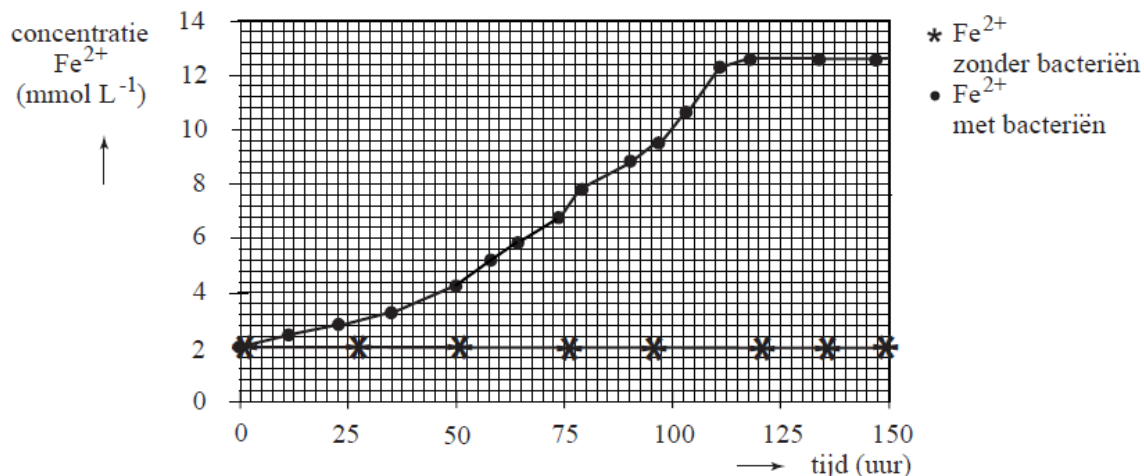
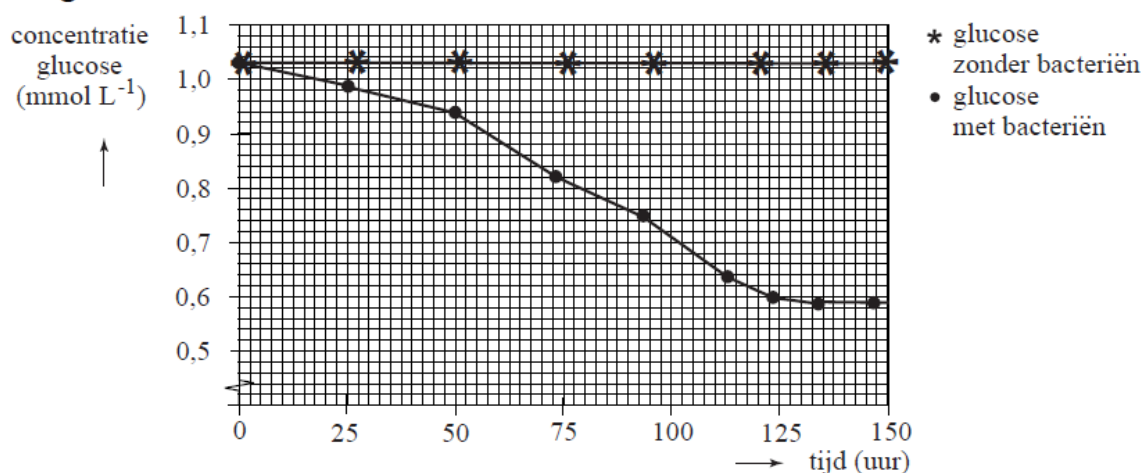
	piekoppervlakte $\alpha$ -thujon	piekoppervlakte stof A
bepaling 1 (standaardmengsel)	27025	23181
bepaling 2 (absint)	7929	3776

- 3p **25.** Bereken de concentratie, in  $\text{mol L}^{-1}$ , van  $\alpha$ -thujon in de onderzochte absint. Ga ervan uit dat door het toevoegen van stof A aan de absint het volume niet toeneemt en dat tijdens de bepaling stof A niet met andere stoffen reageert. Gebruik bovenstaande gegevens en het gegeven dat in de standaardoplossing de concentratie van  $\alpha$ -thujon gelijk is aan  $1,36 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ .
- 3p **26.** Bereken of de onderzochte absint voldoet aan de door de Europese Unie gestelde norm. Gebruik in de berekening de volgende gegevens:
- dichtheid van absint:  $0,92 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ;
  - massa van een mol thujon: 152,2 g;
  - concentratie van  $\beta$ -thujon in de onderzochte absint:  $7,38 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ .

## Biobrandstofcel (2009-I)

De bacterie *Rhodoferax ferrireducens* leeft in anaeroob milieu (zuurstofloze omstandigheden). Voor zijn energievoorziening zet deze bacterie glucose om tot onder andere koolstofdioxide. Bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide is glucose reductor. Als oxidator in het anaerobe milieu treedt  $\text{Fe}^{3+}$  op, dat wordt omgezet tot  $\text{Fe}^{2+}$ . De reactie, en de functie van de bacteriën daarbij, is onderzocht. Daartoe werden proeven uitgevoerd waarbij glucose-oplossingen en oplossingen met  $\text{Fe}^{3+}$  werden samengevoegd zowel in aanwezigheid van de bacteriën als zonder bacteriën. Zonder bacteriën treedt geen reactie op. De onderzoeksresultaten van een proef met bacteriën en een proef zonder bacteriën zijn verzameld in de onderstaande twee diagrammen.

### Diagrammen



Uit de diagrammen kan worden afgeleid dat per molecuul glucose bij de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide, 24 elektronen vrijkomen.

- 2p 27. Leg dit uit met behulp van gegevens uit de diagrammen. Ga ervan uit dat de afname van de hoeveelheid glucose alleen wordt veroorzaakt door de reactie met  $\text{Fe}^{3+}$  en dat de toename van de hoeveelheid  $\text{Fe}^{2+}$  alleen wordt veroorzaakt door de reactie met glucose.



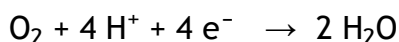
Men heeft onderzocht of de omzetting van glucose door *Rhodospirillum rubrum* kan worden gebruikt in een elektrochemische cel om stroom op te wekken.

De elektrochemische cel bestaat uit twee halfcellen. De ene halfcel van de elektrochemische cel bestaat uit een poreuze elektrode van grafiet die is geplaatst in een gebufferde glucose-oplossing. Op en rond de elektrode bevinden zich de bacteriën. Om te voorkomen dat zuurstof in de oplossing terechtkomt, wordt stikstofgas doorgeleid. De pH van de oplossing moet 6,90 zijn. Daarom is aan het stikstofgas wat koolstofdioxide toegevoegd en aan de glucose-oplossing wat  $\text{NaHCO}_3$ . De hoeveelheid koolstofdioxide die aan het stikstofgas wordt toegevoegd is zodanig dat in de oplossing de concentratie koolzuur voortdurend gelijk is aan  $0,011 \text{ mol L}^{-1}$ .

- 4p **28.** Bereken hoeveel gram  $\text{NaHCO}_3$  per liter moet worden opgelost om te bereiken dat de pH van de gebufferde glucose-oplossing gelijk is aan 6,90 (298 K).

De elektronen die bij de omzetting van glucose vrijkomen, worden overgedragen aan de elektrode.

In de andere halfcel bevindt zich de oxidator. Dat is in de elektrochemische cel niet  $\text{Fe}^{3+}$ , maar zuurstof. Deze halfcel bestaat uit een elektrode, eveneens van grafiet, die is geplaatst in een bufferoplossing (ook pH = 6,90), waar lucht doorheen wordt geleid. Als de twee elektroden worden verbonden, gaat een elektrische stroom lopen. De zuurstof uit de lucht wordt daarbij omgezet volgens:



De ontstane elektrochemische cel wordt een biobrandstofcel genoemd.

- 3p **29.** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking nog  $\text{e}^-$ ,  $\text{H}^+$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor.
- 2p **30.** Leid de vergelijking af van de totale reactie waarop de stroomlevering door de biobrandstofcel berust.
- 4p **31.** Maak een schets van zo'n biobrandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel en vermeld op de juiste plaats alle stoffen en oplossingen die worden gebruikt, evenals de bacteriën. Geef in je tekening ook aan wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

De cel heeft gedurende een proefperiode van 600 uur een stroom geleverd van  $0,20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$  (A is ampère;  $1 \text{ ampère} = 1 \text{ C s}^{-1}$ ). Van de omgezette glucose werd 83% gebruikt voor de stroomlevering.

- 5p **32.** Bereken hoeveel gram glucose gedurende de 600 uur van de stroomlevering werd omgezet. Maak bij je berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$ .

## Stikstofbepaling (2009-I)

Bleekwater wordt verkregen door chloorgas in natronloog te leiden. In bleekwater heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



De ionsoort  $\text{OCl}^-$  wordt hypochloriet genoemd.

Het Australische bedrijf Multitrator heeft een methode ontwikkeld om met behulp van bleekwater het stikstofgehalte van een kunstmest te bepalen. Bij deze bepaling wordt een oplossing van de kunstmest getitreerd met verdund bleekwater. Tijdens de titratie, die in zwak basisch milieu wordt uitgevoerd, wordt ammoniak omgezet tot stikstof.

Voorafgaand aan de titratie wordt aan de oplossing van kunstmest een oplossing toegevoegd die 0,5 M aan  $\text{KHCO}_3$  is en 0,5 M aan  $\text{KBr}$ . Doordat de oplossing van  $\text{KHCO}_3$  licht basisch is, worden de  $\text{NH}_4^+$  ionen uit de oplossing van de kunstmest omgezet tot  $\text{NH}_3$  moleculen.

Dat een oplossing van  $\text{KHCO}_3$  basisch is, kan worden verklaard met behulp van getalwaarden uit BINAS.

- 2p 33. Geef een verklaring voor het feit dat een  $\text{KHCO}_3$  oplossing basisch is. Vermeld in je verklaring getalwaarden uit BINAS.

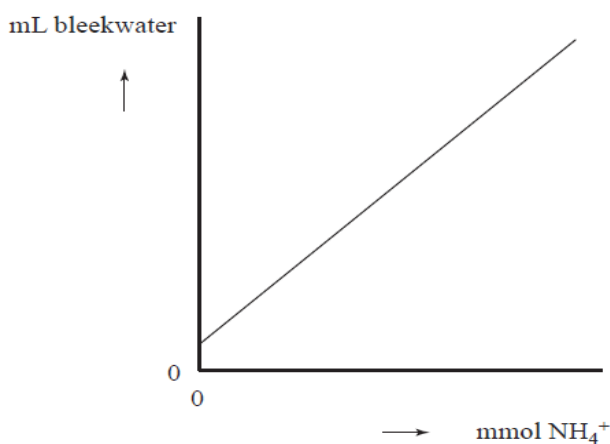
De reactie tussen bleekwater en ammoniak verloopt snel en is aflopend. Daarom kan deze reactie goed bij een titratie worden gebruikt. Dankzij het feit dat de reactie exotherm is, is het eindpunt van de titratie goed te bepalen.

- 2p 34. Leg uit hoe je, door gebruik te maken van het feit dat de reactie tussen bleekwater en ammoniak exotherm is, het eindpunt van de titratie kunt bepalen.

Het bleekwater dat bij de titratie wordt gebruikt, moet worden geijkt. Het ijken van het bleekwater gebeurt meestal voorafgaand aan de bepaling, maar er mag niet veel tijd verstrijken tussen het ijken en de bepaling.

- 2p 35. Leg uit, aan de hand van in het begin van deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot bleekwater, dat er niet veel tijd mag verstrijken tussen het ijken van het bleekwater en de bepaling.

Bij het ijken van het bleekwater wordt een ijkdiagram verkregen dat er schematisch als volgt uitziet.



- 2p 36. Beschrijf globaal een methode om experimenteel zo'n ijkdiagram te verkrijgen.

ijkdiagram

De methode is gebruikt om het stikstofgehalte te bepalen van een kunstmest, die ammoniumnitraat als stikstofbevattende stof bevat. Van deze kunstmest werd 4,561 g opgelost tot 100,0 mL oplossing. Hieruit werd 10,00 mL overgebracht in een erlenmeyer. Na toevoeging van een voldoende aantal mL van een oplossing die 0,5 M aan  $\text{KHCO}_3$  en 0,5 M aan  $\text{KBr}$  is, werd getitreerd met bleekwater. Het eindpunt van de titratie was bereikt na toevoegen van 3,928 mL bleekwater.

Bij het ijkken van het bleekwater heeft men gevonden dat:

- de ijklijn de verticale as bij 0,046 mL snijdt;
- de helling van de ijklijn 1,950 mL bleekwater per mmol  $\text{NH}_4^+$  is.

- 5p **37.** Bereken het massapercentage N in de onderzochte kunstmest. Ga ervan uit dat ammoniumnitraat de enige stikstofbevattende stof is in de onderzochte kunstmest.

### $\text{N}_2\text{O}$ (2003-II)

Eén van de stoffen die bijdragen tot het broeikas effect is distikstofmonoxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Volgens BINAS-tabel 57A is de vormingswarmte van  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$  positief:  $+0,816 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ . Dit betekent dat voor een bepaalde reactie waarbij distikstofmonoxide gevormd wordt warmte moet worden toegevoerd. Bij de omgekeerde reactie komt dan warmte vrij. Toch treedt die omgekeerde reactie niet op bij kamertemperatuur (298 K). Dit is te verklaren met behulp van een energiediagram dat het verloop van die reactie weergeeft.

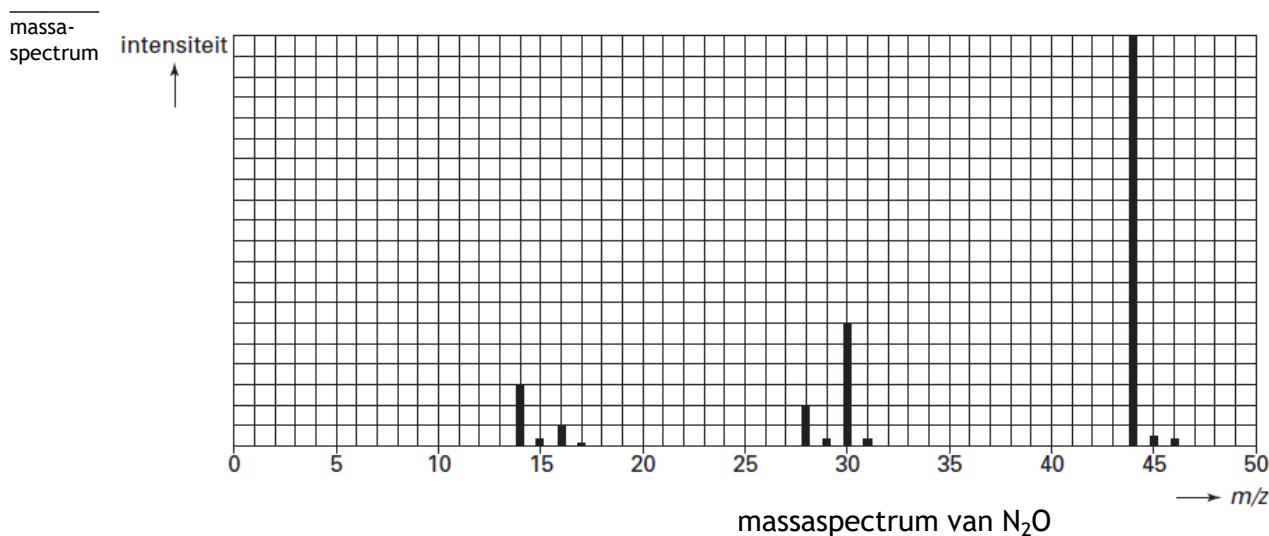
- 2p **38.** Geef de vergelijking van de bedoelde vormingsreactie van  $\text{N}_2\text{O}$ .

- 4p **39.** Teken een energiediagram dat het verloop van de *omgekeerde reactie* van vraag 38 weergeeft en leg aan de hand hiervan uit waarom deze omgekeerde reactie niet optreedt bij kamertemperatuur.

Zet in het energiediagram onder andere:

- de formules van de beginstof(fen) en de eindstof(fen) op de juiste plaats;
- de waarde van de reactiewarmte van deze omgekeerde reactie.

Het massaspectrum van distikstofmonoxide is hieronder weergegeven.



De piek bij  $m/z = 30$  en de veel kleinere piek bij  $m/z = 31$  worden beide veroorzaakt door ionen  $\text{NO}^+$ . Er bestaan verschillende soorten ionen  $\text{NO}^+$ . Dit komt doordat er zowel van zuurstof als van stikstof in de natuur meer dan één isotoop voorkomt. Met behulp van BINAS-tabel 25 kan worden nagegaan welke ionsoorten  $\text{NO}^+$  het piekje bij  $m/z = 31$  veroorzaken.

- 2p 40. Geef van alle ionsoorten  $\text{NO}^+$  die het piekje bij  $m/z = 31$  veroorzaken, aan welke combinatie van zuurstof- en stikstofisotopen erin aanwezig is.

Een molecuul distikstofmonoxide is lineair. Voor de volgorde van de drie atomen in een molecuul distikstofmonoxide kunnen twee mogelijkheden worden bedacht:  $\text{NNO}$  en  $\text{NON}$ . Met behulp van bovenstaand massaspectrum kan uitsluitend worden verkregen welke van beide mogelijkheden de juiste is.

- 3p 41. Leg aan de hand van bovenstaand massaspectrum uit dat de volgorde van de atomen in een distikstofmonoxide molecuul  $\text{NNO}$  is.

- 3p 42. Teken van  $\text{NNO}$  twee grensstructuren. Neem hierbij aan dat een formele lading op twee van de drie atomen voorkomt en *niet*  $2+$  en/of  $2-$  is.

Het gas distikstofmonoxide ontstaat onder andere bij een industrieel productieproces van hexaandizuur. In dit proces wordt hexaandizuur bereid door cyclohexanol met geconcentreerd salpeterzuur te laten reageren.

- 4p 43. Geef zowel van hexaandizuur als van cyclohexanol de structuurformule. Noteer je antwoord als volgt:

hexaandizuur: ...                      cyclohexanol: ...

Omdat distikstofmonoxide een broeikasgas is en als katalysator werkt bij de afbraak van de ozonlaag, is de productie van hexaandizuur uit cyclohexanol en salpeterzuur uitvoerig onderzocht.

Behalve bovenbedoelde reactie treden in de reactor tal van nevenreacties op, waarbij de gassen  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$  ontstaan.

Om na te gaan hoeveel mol distikstofmonoxide wordt gevormd per mol omgezet cyclohexanol liet men 0,10 mol cyclohexanol reageren met geconcentreerd salpeterzuur totdat alle cyclohexanol was omgezet. Behalve hexaandizuur ontstond daarbij een gasmengsel. Dit gasmengsel, dat dus bestaat uit de stoffen  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  en  $\text{N}_2\text{O}$ , werd onderzocht.

Eerst werd het gasmengsel afgekoeld tot 90 K. Daarbij bleven twee stoffen ( $\text{CO}$  en  $\text{N}_2$ ) in gasvorm over. Deze stoffen werden verwijderd.

De andere vier stoffen liet men weer verdampen en de volgende twee bewerkingen ondergaan:

- 1 Zuurstof wordt toegevoerd. Alle toegevoerde zuurstof reageert met alle aanwezige  $\text{NO}$  tot  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_2$  geeft een bruine kleur aan het gasmengsel. Als de kleur niet meer donkerder wordt, stopt men met de toevoer van zuurstof.
- 2 Het gasmengsel wordt afgekoeld tot een bepaalde temperatuur.

Het volume van het dan nog aanwezige gas is  $1,8 \text{ dm}^3$  (omgerekend naar omstandigheden waarbij  $V_m = 24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ).

Als bij de tweede bewerking het gasmengsel tot de juiste temperatuur wordt afgekoeld, kan berekend worden hoeveel mol distikstofmonoxide per mol omgezet cyclohexanol ontstaat. In onderstaande tabel staan gegevens die voor het onderzoek relevant zijn:

stof	N <sub>2</sub>	CO	NO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
kookpunt	77 K	82 K	121 K	185 K	195 K <sup>1)</sup>	294K

<sup>1)</sup>sublimeert

3p 44. Leg uit tussen welke grenzen de temperatuur na de tweede bewerking moet liggen.

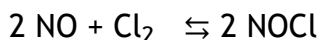
2p 45. Bereken hoeveel mol distikstofmonoxide per 1,0 mol omgezet cyclohexanol ontstaat.

Als men ook de hoeveelheid NO in het gasmengsel bepaalt, kan men tevens berekenen hoeveel mol NO per mol omgezet cyclohexanol ontstaat.

2p 46. Leg uit welke meting men tijdens de eerste bewerking moet doen om de hoeveelheid NO in het gasmengsel te bepalen.

#### Nitrosylchloride (2004-I)

Stikstofmonoxide en chloor kunnen met elkaar reageren onder vorming van nitrosylchloride, NOCl. Het volgende evenwicht stelt zich in:



De reactiewarmte voor de reactie naar rechts is  $-0,38 \cdot 10^5 \text{ J}$  per mol NOCl (298 K,  $p = p_0$ ).

3p 47. Bereken de vormingswarmte van NOCl in J per mol (298 K,  $p = p_0$ ).

Men heeft 0,200 mol NO en 0,100 mol Cl<sub>2</sub> samengevoegd in een afgesloten ruimte van  $1,0 \text{ dm}^3$ . Toen het evenwicht zich had ingesteld, bleek 85% van het Cl<sub>2</sub> te zijn omgezet. De temperatuur was 500 K. Bij deze temperatuur zijn alle bij het evenwicht betrokken stoffen gasvormig.

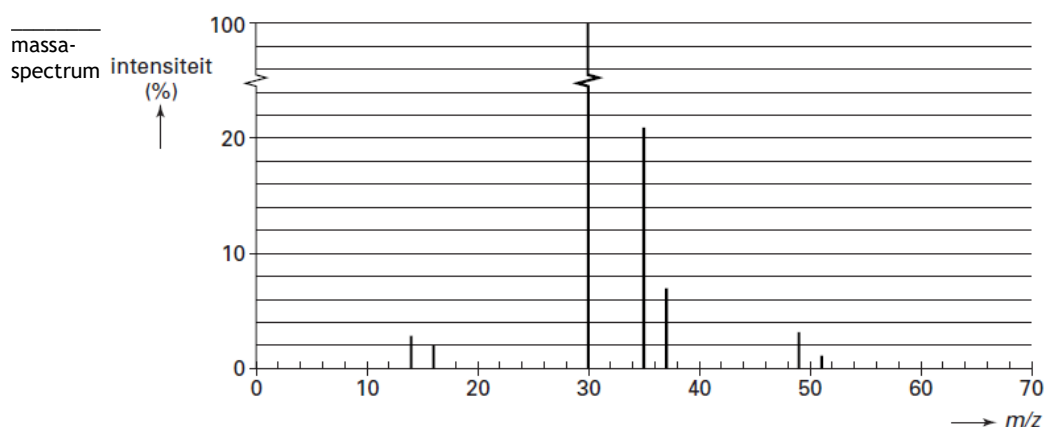
5p 48. Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van het evenwicht  $2 \text{ NO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ NOCl}$  bij 500 K.

Men herhaalt het bovenbeschreven experiment bij 750 K.

2p 49. Leg uit of dan in de evenwichtstoestand ook 85% van het Cl<sub>2</sub> zal zijn omgezet of dat er meer of minder dan 85% van het Cl<sub>2</sub> is omgezet.

De formule van nitrosylchloride wordt meestal geschreven als NOCl. Dat hoeft echter niet te betekenen dat dit daadwerkelijk de volgorde van de atomen in het molecuul weergeeft. Er van uitgaande dat een nitrosylmolecuul niet cyclisch is, zijn er in principe drie mogelijkheden voor de volgorde van de atomen in het molecuul: NOCl, ONCl of NClO. Met behulp van massaspectroscopie is na te gaan welke van deze drie mogelijkheden de juiste is.

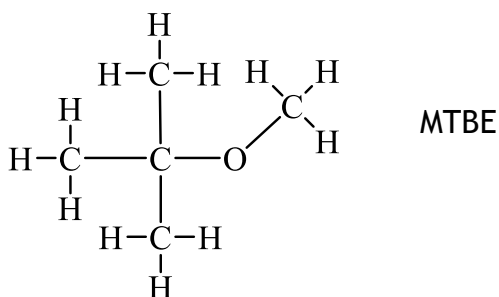
In de figuur hieronder is het massaspectrum van nitrosylchloride weergegeven. Bij het opnemen van dit spectrum was de massaspectrometer zo afgesteld dat de uiterst kleine piekjes die veroorzaakt worden door ionen waarin de isotopen N-15, O-17 en O-18 voorkomen, niet worden weergegeven. Voor de ionen die zijn ontstaan uit moleculen nitrosylchloride hoeft dus uitsluitend rekening te worden gehouden met de isotopen N-14, O-16, Cl-35 en Cl-37. De hoogste piek in het massaspectrum van nitrosylchloride is hieronder gedeeltelijk weergegeven.



- 1p **50.** Geef de formule van de ionsoort die de piek bij  $m/z = 30$  in het massaspectrum veroorzaakt.
- 3p **51.** Leid met behulp van het massaspectrum af welke van de drie genoemde mogelijkheden voor de volgorde van de atomen in een nitrosylchloridemolecuul de juiste is.
- 2p **52.** Geef de Lewisstructuur van nitrosylchloride.

### MTBE (2006-I)

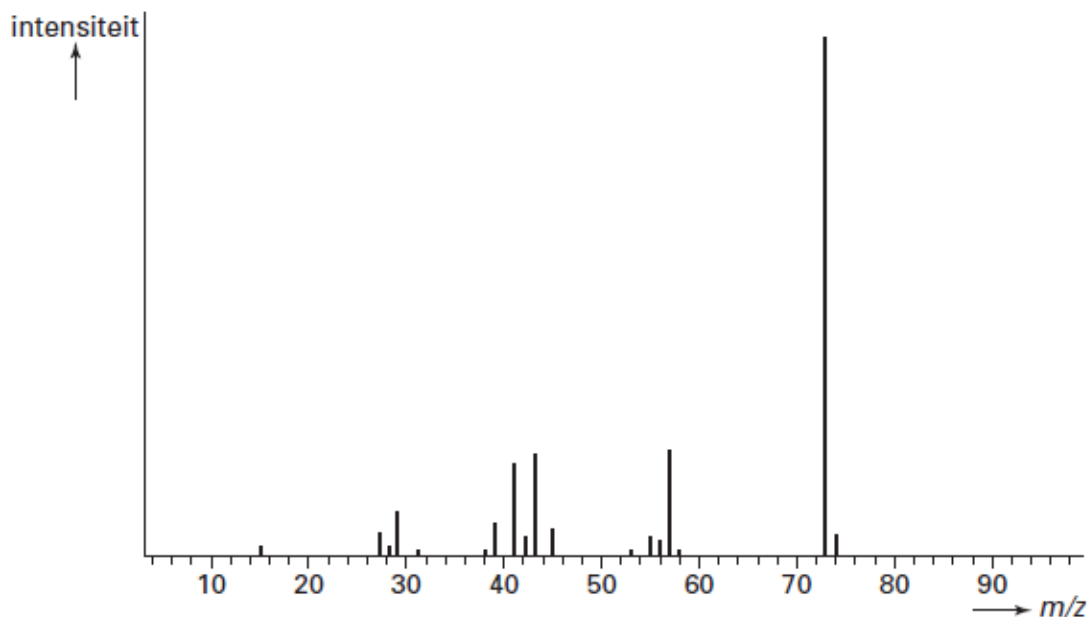
In autobenzine zijn zo'n 200 verschillende stoffen aanwezig, waaronder toluen en een stof die met MTBE wordt aangeduid. De structuurformule van MTBE is:



MTBE wordt aan benzine toegevoegd omdat deze stof zorgt voor een betere verbranding van de benzine in automotoren. In de motor verbrandt MTBE zelf ook.

- 3p **53.** Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, voor de volledige verbranding van MTBE.
- 3p **54.** Geef de systematische naam van MTBE.

Het massaspectrum van MTBE is hieronder afgebeeld.



- 2p **55.** Geef de structuurformule van een ionsoort die de piek bij  $m/z = 73$  kan veroorzaken.
- 2p **56.** Geef de structuurformule van het brokstuk dat MTBE verloren heeft en waardoor de piek bij  $m/z = 57$  is ontstaan.

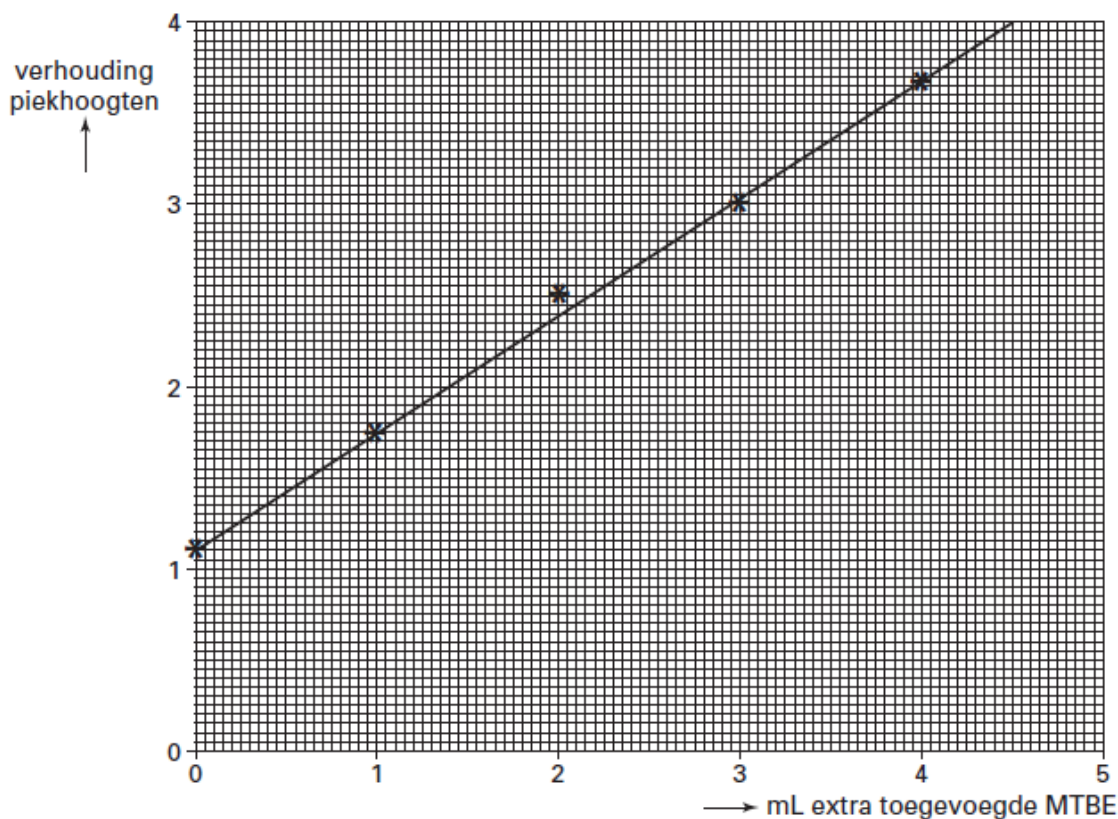
Een methode die wordt toegepast om het MTBE-gehalte van benzine te bepalen, maakt gebruik van gaschromatografie gevolgd door massaspectrometrie. Er wordt een ijkreeks van vijf oplossingen van benzine in een oplosmiddel gemaakt. Aan vier van de vijf oplossingen is een nauwkeurig afgemeten extra hoeveelheid MTBE toegevoegd. Zie de tabel hieronder.

oplossing	mL benzine	extra mL MTBE	mL oplosmiddel	$\frac{\text{hoogte piek } m/z = 73 \text{ van MTBE}}{\text{hoogte piek } m/z = 91 \text{ van toluen}}$
1	15	0	5	1,1
2	15	1	4	1,8
3	15	2	3	2,5
4	15	3	2	3,0
5	15	4	1	3,9

Elke oplossing wordt in een gaschromatograaf gescheiden. Van de MTBE-fractie en de toluenfractie uit een oplossing worden de massaspectra opgenomen en met elkaar vergeleken.

Bij massaspectrometrie geldt dat de hoogte van de gemeten pieken in een massaspectrum recht evenredig is met de hoeveelheid stof die aanwezig is. De piekhoogte van de hoogste piek in het massaspectrum van MTBE (die bij  $m/z = 73$ ) wordt gedeeld door de piekhoogte van de hoogste piek in het massaspectrum van toluen (die bij  $m/z = 91$ ). Dit wordt voor alle vijf de oplossingen gedaan. De uitkomsten van deze berekeningen staan in de laatste kolom van bovenstaande tabel.

De gegevens uit de tabel zijn verwerkt in een diagram hieronder.



Op de verticale as van het diagram zijn de verhoudingen tussen de genoemde piekhoogten uitgezet, op de horizontale as de hoeveelheid extra toegevoegde MTBE. Met behulp van het diagram kan de hoeveelheid MTBE in de onderzochte benzine worden bepaald.

- 3p **57.** Bereken met behulp van het diagram het volumepercentage MTBE in de onderzochte benzine.

De betere verbranding van benzine waaraan MTBE is toegevoegd, wordt veroorzaakt door de gebonden O-atomen die in MTBE aanwezig zijn. Deze O-atomen worden tijdens de verbranding gebruikt, samen met zuurstof uit de lucht. Daardoor ontstaat tijdens de verbranding minder koolstofmonoxide.

In delen van de VS moet in de wintermaanden minstens 2,7 massaprocent gebonden zuurstof in benzine aanwezig zijn. Door lekkages van benzinetanks, verkeersongelukken en gewoon morsen bij het tanken, komt benzine in de bodem terecht.



Omdat de oplosbaarheid van MTBE in water redelijk groot is, kan de stof zich verspreiden over het grondwater en het oppervlaktewater. Dat MTBE oplosbaar is in water moet worden toegeschreven aan de vorming van waterstofbruggen tussen MTBE moleculen en watermoleculen.

- 2p **58.** Neem de structuurformule van MTBE over en geef weer hoe twee water-moleculen aan een MTBE-molecuul zijn gebonden door middel van waterstof-bruggen. Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule;
  - de waterstofbruggen met stippellijntjes (- - -).

Omdat MTBE een kankerverwekkende stof is, wil men in de VS daarom MTBE vervangen door ethanol. De motoren van nagenoeg alle auto's lopen probleemloos op benzine met 10 volumeprocent ethanol.

- 4p **59.** Laat door berekening zien dat het massapercentage O in benzine waarin 10 volumeprocent ethanol aanwezig is, groter is dan 2,7. Neem bij de berekening aan dat de dichtheid van het benzine-ethanolmengsel  $0,73 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  is en dat ethanol de enige zuurstofhoudende verbinding in het benzine-ethanol mengsel is. Er is onder meer een gegeven uit BINAS-tabel 11 nodig.

#### Vanadiumproductie (Olympiade 2016)

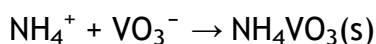
Vanadium wordt gewonnen uit het mineraal vanadinit. De formule van dit mineraal is  $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ . Dit mineraal wordt soms ook gebruikt als grondstof voor de bereiding van lood.

- 2p **60.** Leg uit, zonder een berekening, wat hoger is: het massapercentage vanadium in vanadinit of het massapercentage lood in vanadinit.

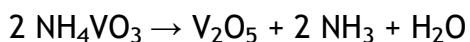
Bij de productie van vanadium uit vanadinit wordt het vanadinit eerst verhit met natriumcarbonaat. Er ontstaat dan natriumvanadaat:  $\text{NaVO}_3$ . Dit is de enige Na- en V-bevattende stof die ontstaat. Behalve natriumvanadaat ontstaan nog drie stoffen. Deze omzetting is géén redoxreactie. Er reageren geen andere stoffen dan vanadinit en natriumcarbonaat.

- 4p **61.** Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

In de tweede stap lost men het natriumvanadaat op en laat men het reageren met een oplossing van ammoniumchloride. Hierbij ontstaat een neerslag van ammoniumvanadaat volgens



Vervolgens wordt het ammoniumvanadaat afgescheiden en verhit, waarbij de stof vanadiumpentaoxide ontstaat:



- 2p **62.** Leg uit bovenstaande reactie een ontledingsreactie is.

- 2p **63.** Leg uit of bovenstaande reactie een redoxreactie is.

Tenslotte laat men het vanadiumpentaoxide reageren met een onedel metaal. Hierbij ontstaan vanadium en het oxide van het desbetreffende onedele metaal. Als te gebruiken onedel metaal komen aluminium en calcium in aanmerking. Beide onedele metalen reageren in een exotherme reactie met vanadiumpenta-oxide. Om te beoordelen welk metaal wordt gebruikt, kunnen principes uit de groene chemie worden toegepast. Eén van die principes is dat een proces energie-efficiënt wordt ontworpen. Daarvoor moet worden nagegaan in welke reactie de meeste warmte vrijkomt.

- 2p **64.** Geef de vergelijking van de reactie van vanadiumpentaoxide met aluminium.
- 2p **65.** Geef de vergelijking van de reactie van vanadiumpentaoxide met calcium.
- 3p **66.** Toon door middel van een berekening aan bij welk van de twee processen de meeste warmte vrijkomt.

**Brons (2008-II)**

1. 4p Aantal mmol  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ :  $18,3 \times 0,101 = 1,84$  mmol  
Aantal mmol Cu in slijpsel: 1,84 mmol ( $\text{Cu}^{2+} : \text{I}_2 : \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2 : 1 : 2$ )  
Aantal mg Cu in slijpsel:  $1,84 \times 63,55 = 117$  mg  
Percentage:  $\frac{117 \text{ mg}}{150 \text{ mg}} \text{ slijpsel} \times 100\% = 78,3\%$
2. 2p Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
Tin en lood staan in het periodiek systeem in dezelfde groep / onder elkaar en elementen uit dezelfde groep / die onder elkaar staan, hebben overeenkomstige (chemische) eigenschappen (dus kun je verwachten dat tin en lood op dezelfde manier met salpeterzuur reageren).
3. 2p Het koppel  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  staat in tabel 48 van BINAS rechts schuin onder  $\text{H}^+/\text{H}_2$  en onder alle combinaties van  $\text{H}^+$  met  $\text{NO}_3^-$  (dus wordt Pb omgezet in  $\text{Pb}^{2+}$ )  
Het koppel  $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$  staat links schuin boven de redoxkoppels van salpeterzuur (dus is omzetting naar  $\text{PbO}_2$  niet mogelijk).
4. 2p  $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2$
5. 2p Er wordt een overmaat jodide gebruikt, dus wordt toch alle  $\text{Cu}^{2+}$  omgezet.  
De leerling heeft geen gelijk.
6. 3p Brons laten reageren met / oplossen in (verdund) salpeterzuur en filtreren  
Aan het filtraat een oplossing van natriumsulfaat/-bromide/-chloride toevoegen  
Er ontstaat een (wit) neerslag als het brons lood bevat.

**Waterstof op aanvraag (2008-II)**

7. 3p  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_3\text{BO}_3$
8. 3p  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-(0,15)} = 1,41$  M  
Invullen in  $K_z$  levert de verhouding  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HSO}_4^-$ :  
$$\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{HSO}_4^-} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{1,41} = \frac{7,1 \cdot 10^{-3}}{1}$$
  
Percentage omgezet  $\text{HSO}_4^- = \frac{7,1 \cdot 10^{-3}}{(1 + 7,1 \cdot 10^{-3})} \times 100\% = 0,70\%$   
(ook goed is:  $\frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{(1,41 + 1,0 \cdot 10^{-2})} \times 100\% = 0,70\%$ )
9. 3p  $\text{BH}_4^- + 8 \text{OH}^- \rightarrow \text{BO}_2^- + 6 \text{H}_2\text{O} + 8 \text{e}^-$
10. 3p Aantal  $\text{m}^3 \text{H}_2$ :  $\frac{2,5 \text{ g}}{2,016 \text{ g mol}^{-1}} \times 22,4 (V_m) \times 10^{-3} = 0,028 \text{ m}^3$   
(kan ook via de dichtheid van  $\text{H}_2$  of met de algemene gaswet)  
Aantal J:  $0,028 \text{ m}^3 \times 10,8 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$  (stookwaarde) =  $3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$   
Aantal mL benzine:  $\frac{3,0 \cdot 10^5 \text{ J} \times 10^6}{33 \cdot 10^9 \text{ J m}^{-3}} = 9,1 \text{ mL}$

11. 3p    Temperatuur van de natriumboorhydride-oplossing  
 Concentratie (van de natriumboorhydride-oplossing)  
 Oppervlak/verdelingsgraad/aard/slijtage/levensduur van de katalysator
12. 5p    Aantal kg  $\text{NaBH}_4$  in 1,0 L oplossing:  $1,03 \text{ kg L}^{-1} \times 0,200 = 0,206 \text{ kg}$   
 Aantal kmol  $\text{NaBH}_4$ :  $\frac{0,206 \text{ kg}}{37,83 \text{ kg kmol}^{-1}} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ kmol}$   
 Aantal kmol  $\text{H}_2$ :  $5,4 \cdot 10^{-3} \times 4$  ( $1^e$  reactie) =  $0,022 \text{ kmol H}_2$   
 Aantal kg  $\text{H}_2$ :  $0,022 \text{ kmol} \times 2,016 \text{ kg kmol}^{-1} = 0,044 \text{ kg H}_2$   
 Aantal km:  $0,044 \text{ kg} \times 70 \text{ km kg}^{-1} = 3,1 \text{ km}$

### Zink (2009-II)

13. 3p     $2 \text{ ZnS} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ ZnO} + 2 \text{ SO}_2$       Gebruik tabel 57  
 (+ 2,06                          - 3,51                  - 2,97)  $\cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} = -4,42 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
14. 3p    Aantal gram Zn per ton concentraat:  $\frac{58}{100} \times 1,0 \cdot 10^6 \text{ g} = 0,58 \cdot 10^6 \text{ gram}$ .  
 Aantal mol Zn per ton concentraat:  $\frac{0,58 \cdot 10^6 \text{ g}}{65,38 \text{ g mol}^{-1}} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ mol}$ .  
 $\text{ZnO} : \text{Zn} = 1 : 1$ , dus ook  $8,9 \cdot 10^3 \text{ mol ZnO}$ .  
 Energie:  $8,9 \cdot 10^3 \times 4,42 \cdot 10^5 = 3,9 \cdot 10^9 \text{ J}$ .
15. 2p    Zwavelzuur is een sterk zuur, dus gesplitst in ionen  $\text{H}_3\text{O}^+$  en  $\text{SO}_4^{2-}$ .  
 $2 \text{ H}_3\text{O}^+ + \text{ZnO} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 3 \text{ H}_2\text{O}$
16. 1p    Zink
17. 2p    • Zink is als reductor sterk genoeg om zowel  $\text{Cu}^{2+}$  als  $\text{Cd}^{2+}$  om te zetten  
 • Uit het zink ontstaan zinkionen (volgens  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{ e}^-$ )
18. 4p     $450 \text{ A} \triangleq 450 \text{ C per sec}$ , dus voor 35 uur is dat:  $450 \times 35 \times 3600 = 5,67 \cdot 10^7 \text{ C}$ .  
 Aantal mol  $\text{e}^-$ :  $\frac{5,67 \cdot 10^7}{9,65 \cdot 10^4} = 588 \text{ mol}$ .  
 Aantal mol Zn:  $\frac{588}{2} = 294 \text{ mol}$  (want:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{ e}^-$ )  
 Aantal kg Zn:  $294 \times \frac{65,38}{10^3} = 19 \text{ kg}$ .
19. 1p    Volgens tabel 48 kan  $\text{H}^+$  wel reageren met Cd en niet met Cu.
20. 2p    Cu is vast en Cd is opgelost, dus eerst filtreren.  
 Daarna elektrolyse van het filtraat (Cd ontstaat aan de negatieve elektrode).
21. 3p    Bij de positieve elektrode (anode) wordt de reductor gedwongen  $\text{e}^-$  af te staan:  
 $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$ .  
 $\text{O}_2$  wordt afgevoerd (A) en  $\text{H}^+$  teruggevoerd (Q) in de vorm van verdund zwavelzuur.

## Absint (2009-II)

22. 2p Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:
- In de structuurformule van  $\alpha$ -thujon is de  $\text{CH}_3$  groep naar achteren getekend en de  $\text{CH}_2$  groep naar voren. In de structuurformule van  $\beta$ -thujon zijn beide groepen naar voren getekend. Dan is een molecuul  $\alpha$ -thujon niet het spiegelbeeld van een molecuul  $\beta$ -thujon.
  - Een juiste tekening van het spiegelbeeld van de gegeven structuurformule van  $\alpha$ -thujon, gevolgd door de vermelding dat deze structuurformule niet met de gegeven structuurformule van  $\beta$ -thujon tot dekking is te brengen / ongelijk is aan de gegeven structuurformule van  $\beta$ -thujon.
23. 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:  
In een molecuul  $\alpha$ -thujon zitten de  $\text{CH}_3$  groep en de  $\text{CH}_2$  groep aan weerskanten van de ring en in een molecuul  $\beta$ -thujon zitten de  $\text{CH}_3$  groep en de  $\text{CH}_2$  groep aan dezelfde kant van de ring. Dus zijn het *cis-trans*-isomeren.
24. 3p  $\text{R} - \text{C}_3\text{H}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R} - \text{C}_3\text{H}_6\text{OH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
25. 3p Berekening van het signaal van  $\alpha$ -thujon wanneer bij bepaling 2 dezelfde hoeveelheid van stof A zou zijn gebruikt als bij bepaling 1:  $\frac{23181}{3776} \times 7927 = 48664$
- Deze waarde (voor absint) is  $\frac{48664}{27025} = 1,80 \times$  groter dan in het standaardmengsel.
- Dan is de concentratie  $1,80 \times 1,36 \cdot 10^{-5} = 2,45 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ .
26. 3p De norm is maximaal 35 mg thujon ( $\alpha$  en  $\beta$  samen) per kg absint.  
Totale concentratie thujon =  $2,45 \cdot 10^{-5}$  ( $\alpha$ ) +  $7,38 \cdot 10^{-5}$  ( $\beta$ ) =  $9,83 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ .  
Aantal mg thujon per liter:  $9,83 \cdot 10^{-5} \times 152,2 \times 10^3 = 15,0 \text{ mg}$   
Omrekenen naar mg per kg (1 L weegt 0,92 kg):  $\frac{15,0}{0,92} = 16 \text{ mg}$   
Dit is kleiner dan 35 mg, dus is aan de norm voldaan.

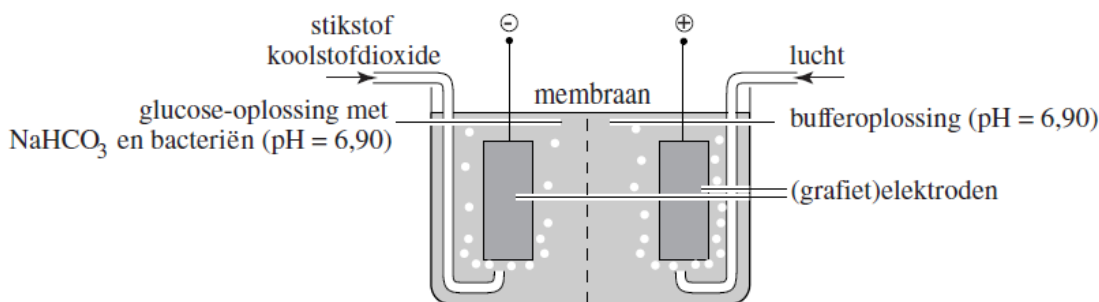
## Biobrandstofcel (2009-I)

27. 2p 1<sup>e</sup> grafiek: [glucose] daalt van 1,03 naar 0,59  $\text{mmol L}^{-1} \rightarrow \Delta[\text{glucose}] = 0,44 \text{ mmol L}^{-1}$ .  
2<sup>e</sup> grafiek:  $[\text{Fe}^{2+}]$  stijgt van 2,0 naar 12,6  $\text{mmol L}^{-1} \rightarrow \Delta[\text{Fe}^{2+}] = 10,6 \text{ mmol L}^{-1}$ .  
Van  $\text{Fe}^{3+}$  naar  $\text{Fe}^{2+}$  is een overdracht van  $1 \text{ e}^-$ . Er is  $\frac{10,6}{0,44} = 24$  keer zoveel  $\text{Fe}^{2+}$  als glucose, dus in totaal  $24 \text{ e}^-$ .
28. 4p Koolzuur =  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (=  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ). Het gaat hier om het buffersysteem  $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$ .  
 $\text{pH} = 6,90 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6,90} = 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ .  
 $K_z = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \rightarrow 4,5 \cdot 10^{-7} = 1,26 \cdot 10^{-7} \times \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,011} \rightarrow [\text{HCO}_3^-] = 0,039 \text{ M}$   
Per liter is dus 0,039 mol  $\text{NaHCO}_3$  nodig  $\cong 0,039 \times 84,007 = 3,3 \text{ g}$ .
29. 3p  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 24 \text{H}^+ + 24 \text{e}^-$
30. 2p  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} \quad (\times 6)$   
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 24 \text{H}^+ + 24 \text{e}^- \quad (\times 1)$   

---

 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

31. 4p Een voorbeeld van een juist antwoord is:



32. 5p  $0,20 \cdot 10^{-3} \text{ A} \triangleq 0,20 \cdot 10^{-3} \text{ C per s}$ ,  
 dus voor 600 uur is dat  $0,20 \cdot 10^{-3} \times 600 \times 3600 = 432 \text{ C}$ .

$$\text{Aantal mol } e^-: \frac{432}{9,65 \cdot 10^4} = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol } e^-.$$

$$\text{Aantal mol glucose: } \frac{4,48 \cdot 10^{-3}}{24} = 1,87 \cdot 10^{-4} \text{ mol glucose.}$$

Deze hoeveelheid zorgde voor stroomlevering en is 83% van de totale hoeveelheid omgezet glucose. Dus in totaal is  $\frac{1,87 \cdot 10^{-4}}{0,83} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol glucose omgezet}$ .

$$\text{Aantal gram glucose: } 2,25 \cdot 10^{-4} \times 180,16 = 0,040 \text{ g.}$$

### Stikstofbepaling (2009-I)

33. 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$\text{HCO}_3^-$  is een amfolyt. De  $K_2$  van  $\text{HCO}_3^-$  is  $4,7 \cdot 10^{-11}$  en de  $K_b$  is  $2,2 \cdot 10^{-8}$ . Dus  $\text{HCO}_3^-$  is als base sterker dan als zuur.

34. 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Omdat de reactie exotherm is, stijgt de temperatuur van de oplossing. Wanneer de temperatuur niet meer stijgt, (heeft alle ammoniak gereageerd en) is het eindpunt van de titratie bereikt. (Je moet dus tijdens de titratie de temperatuur volgen.)

35. 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Doordat het chloor uit de oplossing ontwijkt, wordt het gehalte van het bleekwater in de loop van de tijd minder / verandert de samenstelling van het bleekwater.

36. 2p Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Je maakt een aantal oplossingen met bekende hoeveelheden  $\text{NH}_4^+$ . (Voeg daaraan de oplossing van  $\text{KHCO}_3$  en  $\text{KBr}$  toe.) Titreer deze oplossingen met het bleekwater dat ook bij de eigenlijke bepaling wordt gebruikt. (Zet vervolgens in een diagram het aantal mL gebruikt bleekwater uit tegen het aantal mmol  $\text{NH}_4^+$ .)

37. 5p Aantal mmol N in  $\text{NH}_4^+$ :  $\frac{(3,928 - 0,046)}{1,950} = 1,99 \text{ mmol N}$ .

$$\text{Aantal mg N in } \text{NH}_4^+: 1,99 \times 14,01 = 27,9 \text{ mg N.}$$

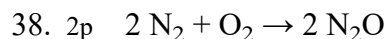
$$\text{Totale aantal mg N (in } \text{NH}_4^+ \text{ en } \text{NO}_3^- \text{ samen): } 27,9 \times 2 = 55,8 \text{ mg N}$$

Aantal mg kunstmest in de 10,00 mL oplossing die werd getitreerd:

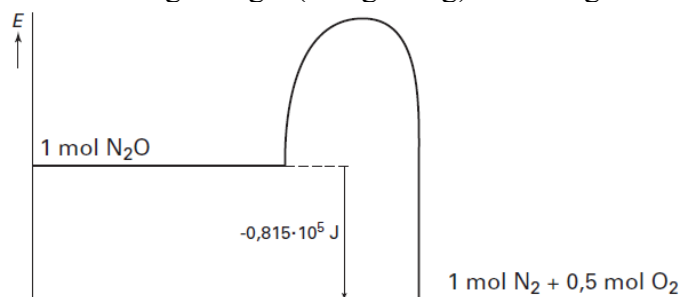
$$\frac{4,561 \times 10^3}{10} = 456,1 \text{ mg}$$

$$\text{Percentage N hierin: } \frac{55,8 \text{ mg N}}{456,1 \text{ mg kunstmest}} \times 100\% = 12,23\%.$$

## N<sub>2</sub>O (2003-II)



39. 4p De activeringsenergie (energieberg) is te hoog om de reactie te laten plaatsvinden.

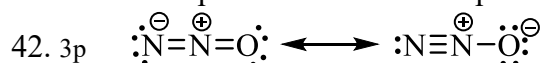


40. 2p De combinatie met N-14 en O-17

De combinatie met N-15 en O-16

41. 3p Alleen bij NNO kan een brokstuk  $\text{NN}^+$  ontstaan met  $m/z = 28$ .

Deze piek is te zien in het spectrum.



Toelichting met octetregel:

Er zijn  $3 \times 8 = 24 \text{ e}^-$  nodig.

Er zijn  $5 + 5 + 6 = 16$  valentie  $\text{e}^-$  beschikbaar.

Er zijn  $24 - 16 = 8$  bindende elektronen, dus 4 bindende paren.

Tel voor het bepalen van de formele lading op een atoom de niet bindende elektronen en het aantal bindende paren bij elkaar op (ieder bindend paar levert  $1 \text{ e}^-$  per atoom). Vergelijk dit met het aantal valentie-elektronen ( $\text{N} = 5$  en  $\text{O} = 6$ ).

Linker structuur

Linker N: 4 niet bindende  $\text{e}^-$  + 2 bindende paren =  $6 \text{ e}^-$ . Is 1 meer dan 5, dus lading -1.

Middelste N: 4 bindende paren =  $4 \text{ e}^-$ . Is 1 minder dan 5, dus lading +1.

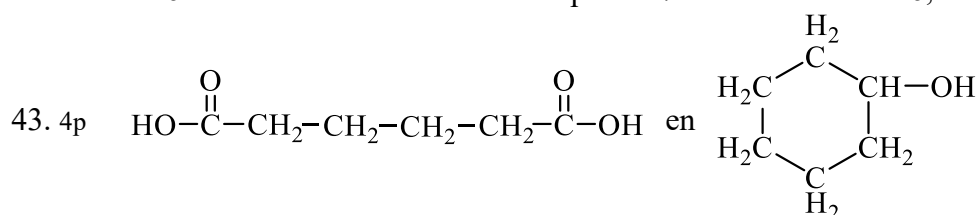
O: 4 niet-bindende  $\text{e}^-$  + 2 bindende paren =  $6 \text{ e}^-$ . Is gelijk aan valentie  $\text{e}^-$ , dus lading 0.

Rechter structuur

Linker N: 2 niet bindende  $\text{e}^-$  + 3 bindende paren =  $5 \text{ e}^-$ . Is gelijk aan valentie  $\text{e}^-$ .

Middelste N: 4 bindende paren =  $4 \text{ e}^-$ . Is 1 minder dan 5, dus lading +1.

O: 6 niet-bindende  $\text{e}^-$  + 1 bindend paar =  $7 \text{ e}^-$ . Is 1 meer dan 6, dus lading -1.



44. 3p Bij de eerste bewerking is door een reactie met zuurstof  $\text{NO}_2$  ontstaan.

Daarnaast is nog  $\text{CO}_2$  en  $\text{N}_2\text{O}$  aanwezig. Door afkoelen (tweede bewerking) moet  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$  overblijven.

De temperatuur moet dus liggen tussen 185 K en 195 K.

45. 2p Aantal mol  $\text{N}_2\text{O}$  na tweede bewerking:  $\frac{1,8 \text{ dm}^3}{24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 0,075 \text{ mol}$ .

Dit is per 0,10 mol cyclohexanol, dus per 1,0 mol cyclohexanol ontstaat 0,75 mol  $\text{N}_2\text{O}$ .

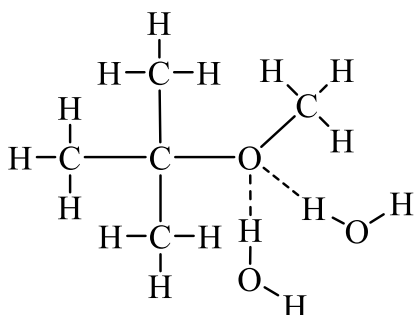
46. 2p De hoeveelheid zuurstof voor en na de reactie meten.

Uit de afname van de hoeveelheid zuurstof kan berekend worden hoeveel mol  $\text{NO}$  er gereageerd heeft.





58. 2p



59. 4p LET OP: De berekening kan op verschillende manieren worden uitgevoerd.

$1,0 \text{ m}^3$  van het benzine-ethanolmengsel bevat 10% ethanol, dus  $0,10 \text{ m}^3$ .

Uit tabel 11 van BINAS:  $1,0 \text{ m}^3$  ethanol weegt  $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg} = 800 \text{ gram}$ .

De massa van ethanol in  $1,0 \text{ m}^3$  mengsel is dus  $0,10 \times 800 \text{ g} = 80 \text{ gram}$ .

$$\text{Aantal mol O} = \text{aantal mol ethanol} = \frac{80 \text{ g}}{46,069 \text{ g mol}^{-1}} = 1,7 \text{ mol O.}$$

$$\text{Aantal g O} = 1,7 \times 16,00 = 28 \text{ g.}$$

Dit zit in  $0,73 \cdot 10^3 \text{ g} = 730 \text{ g}$  van het benzine-ethanolmengsel.

$$\text{Massa-\% O in mengsel} = \frac{28 \text{ g O}}{730 \text{ g mengsel}} \times 100\% = 3,8\%.$$

Dit is inderdaad groter dan 2,7%.

### Vanadiumproductie (Olympiade 2016)

60. 2p Massapercentage lood is hoger dan van vanadium.

$M(\text{Pb}) > M(\text{V})$  en bovendien is de index van Pb groter dan van V in vanadinit.

61. 4p  $2 \text{ Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl} + 3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 6 \text{ NaVO}_3 + 9 \text{ PbO} + \text{PbCl}_2 + 3 \text{ CO}_2$

62. 2p Er is één beginstof en meerdere producten, dus is het een ontleding.

63. 2p Er is geen verandering van oxidatiegetallen, dus geen redoxreactie.

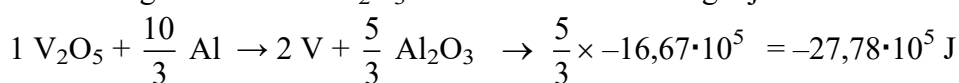
( $\text{V}^{5+}$  in  $\text{VO}_3^-$  en in  $\text{V}_2\text{O}_5$ ;  $\text{N}^{3-}$  in  $\text{NH}_4^+$  en in  $\text{NH}_3$ )

64. 2p  $3 \text{ V}_2\text{O}_5 + 10 \text{ Al} \rightarrow 6 \text{ V} + 5 \text{ Al}_2\text{O}_3$

65. 2p  $\text{V}_2\text{O}_5 + 5 \text{ Ca} \rightarrow 2 \text{ V} + 5 \text{ CaO}$

66. 3p De vormingswarmte van  $\text{V}_2\text{O}_5$  is niet bekend.  $\Delta E$  is dan niet te berekenen.

Je kunt wel de reacties omschrijven met een coëfficiënt 1 voor  $\text{V}_2\text{O}_5$  en dan de waarden voor de vormingswarmte van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en  $\text{CaO}$  met elkaar vergelijken.



Bij de reactie met calcium komt dus de meeste warmte vrij.

N.B. De elementen kun je buiten beschouwing laten. Hiervoor geldt  $\Delta E_{\text{vorming}} = 0$ .